

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y OCURRENCIA DE SEQUÍAS EN
LA CUENCA DEL RÍO CAJAMARQUINO DURANTE EL
PERÍODO 1998 - 2018**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentada por:

Bachiller: WALTER IVÁN VENEROS TERÁN

Asesor:

Dr. GILBERTO CRUZADO VASQUEZ

Cajamarca – Perú

2021

COPYRIGHT © 2021 by
WALTER IVAN VENEROS TERAN
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y OCURRENCIA DE SEQUÍAS EN
LA CUENCA DEL RÍO CAJAMARQUINO DURANTE EL
PERÍODO 1998 - 2018**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentada por:

Bachiller: WALTER IVÁN VENEROS TERÁN

JURADO EVALUADOR

Dr. Gilberto Cruzado Vásquez
Asesor

Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

Dr. Wilfredo Poma Rojas
Jurado Evaluador

Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2021



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCION DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL PÚBLICA DE TESIS

Siendo las 17.30 horas del día 10 de noviembre de dos mil veintiuno, reunidos a través de [Gmeet](https://meet.google.com/jga-hoxz-fzz) meet.google.com/jga-hoxz-fzz, creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, los integrantes del Jurado Evaluador presidido por el **Dr. EDÍN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, **Dr. WILFREDO POMA ROJAS**, **Dr. ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ**, y en calidad de Asesor el **Dr. GILBERTO CRUZADO VÁSQUEZ**; Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la **SUSTENTACIÓN PÚBLICA** de la tesis titulada: **VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y OCURRENCIA DE SEQUÍAS EN LA CUENCA DEL RÍO CAJAMARQUINO DURANTE EL PERÍODO 1998 - 2018**, presentada por el **Bach. en Agronomía WALTER IVÁN VENEROS TERÁN**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBAR** la mencionada Tesis con la calificación de **DIECIOCHO (18)**; en tal virtud el **Bach. en Agronomía WALTER IVÁN VENEROS TERÁN**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, en la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con **Mención en GESTIÓN AMBIENTAL**.

Siendo las 19.00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Gilberto Cruzado Vásquez
Asesor

.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

.....
Dr. Wilfredo Poma Rojas
Jurado Evaluador

.....
Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
Jurado Evaluador

A:

Dios por darme la vida.

A mis hijos Carlos, Alejandro y Carmen que son mi motivo y razón para superarme
cada día.

A la memoria de mis padres Juvenal y Nilda, por haber sido siempre mi ejemplo, a ellos
mi eterna gratitud y que Dios los bendiga en la eternidad.

A mis hermanas Karina y Claudia por sus apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su bendición y por otorgarme la fortaleza sobre todo en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Al Dr. Gilberto Cruzado Vásquez por su invaluable apoyo y por su aporte en la realización de esta investigación.

Al Ing. M. Sc. Felipe Huamán Solís, Director Zonal 3 de SENAMHI por su apoyo en la identificación de la metodología de esta investigación.

Un camino de mil millas comienza con un paso

Benjamín Franklin

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	vi
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE ABREVIACIONES	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.2. Componentes del sistema climático.....	11
2.3. Definición de términos básicos	61
CAPÍTULO III	68
MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
3.1. Ubicación geográfica del estudio.....	68
3.2. Materiales y equipos	71
3.3. Tipo y descripción del diseño de investigación	73
3.4. Métodos	74
CAPÍTULO IV	85
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85
4.1. Variabilidad climática estacional e interanual de la temperatura y las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino	85
4.2. Ocurrencia de sequías en la cuenca del río Cajamarquino	99
4.3. Relación entre la variabilidad climática interanual y la ocurrencia de sequías en la cuenca del río Cajamarquino	106
4.4. Efecto de la ocurrencia de sequias en la producción agrícola	108

CAPÍTULO V	122
CONCLUSIONES.....	122
CAPÍTULO VI.....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
CAPÍTULO VII.....	135
ANEXOS Y APENDICES	135
Anexo 1 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-La Encañada en base a sus anomalías.</i>	136
Anexo 2 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación MAP-Augusto Weberbauer en base a sus anomalías</i>	137
Anexo 3 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-Namora en base a sus anomalías</i>	138
Anexo 4 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-Sondor en base a sus anomalías</i>	139
Anexo 5 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-Jesús en base a sus anomalías</i>	140
Anexo 6 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-San Marcos en base a sus anomalías</i>	141
Anexo 7 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación PE-Cachachi en base a sus anomalías</i>	142
Anexo 8 <i>Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-La Encañada</i>	143
Anexo 9 <i>Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-La Encañada desde 1998-2018</i>	144
Anexo 10 <i>Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación MAP-Weberbauer</i>	145
Anexo 11 <i>Eventos de sequía según el IP-3 en la estación MAP-Weberbauer desde 1998-2018</i>	146
Anexo 12 <i>Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-Namora</i>	147
Anexo 13 <i>Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-Namora desde 1998-2018</i>	148
Anexo 14 <i>Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-Sondor</i>	149
Anexo 15 <i>Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-Sondor desde 1998-2018</i>	150
Anexo 16 <i>Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-Jesús</i>	151

Anexo 17 <i>Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-Jesús desde 1998 hasta 2018</i>	152
Anexo 18 <i>Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-San Marcos</i>	153
Anexo 19 <i>Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-San Marcos desde 1998 hasta 2018</i>	154
Anexo 20 <i>Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación PE-Cachachi</i>	155
Anexo 21 <i>Eventos de sequía según el IP-3 en la estación PE-Cachachi desde 1998 hasta 2018</i>	156
Anexo 22 <i>Consistencia de los datos de precipitación: análisis visual de saltos de los datos de precipitación de las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino</i>	157
Anexo 23 <i>Análisis de doble masa de los datos de precipitación en las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino</i>	158
Anexo 24 <i>Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-La Encañada</i>	159
Anexo 25 <i>Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación MAP- Augusto Weberbauer</i>	160
Anexo 26 <i>Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-Namora</i>	161
Anexo 27 <i>Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-Sondor</i>	162
Anexo 28 <i>Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-Jesús</i>	163
Anexo 29 <i>Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-San Marcos</i>	164
Anexo 30 <i>Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación PE-Cachachi</i>	165
Anexo 31 <i>Panel fotográfico de las estaciones meteorológicas</i>	166

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Perfil térmico de la atmósfera</i>	14
Figura 2 <i>Clasificación de las precipitaciones de acuerdo a su origen</i>	20
Figura 3 <i>Convergencia de aire y precipitaciones asociadas a este mecanismo</i>	21
Figura 4 <i>Pluviómetro tipo Hellmann</i>	23
Figura 5 <i>Pluviómetro tipo sifón</i>	24
Figura 6 <i>Pluviómetro automático</i>	25
Figura 7 <i>Relación de la altitud con la precipitación anual y la temperatura promedio anual en la cuenca del río Cajamarquino</i>	28
Figura 8 <i>Variabilidad estacional de las precipitaciones durante el año en el valle de Cajamarca (período 1981-2010)</i>	30
Figura 9 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en el valle de Cajamarca (1973-2017)</i>	32
Figura 10 <i>Ejemplo de anomalías estandarizadas de precipitación para una zona de Perú</i>	36
Figura 11 <i>Comparación de la variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación MAP-Weberbauer y el Índice Costero El Niño (ICEN) para el período 1973-2018</i>	38
Figura 12 <i>Las cuatro regiones del océano Pacífico utilizadas para monitorear El Niño Oscilación Sur</i>	41
Figura 13 <i>El Niño Oscilación Sur en sus dos fases y condiciones océano atmosféricas normales en el Pacífico tropical</i>	43
Figura 14 <i>Anomalías de precipitación y viento promedio de alta atmósfera</i>	46
Figura 15 <i>Anomalías de la temperatura superficial del mar y viento promedio de baja atmósfera</i>	46
Figura 16 <i>Desfase temporal en la propagación de anomalías pluviométricas hacia los diversos niveles del ciclo hidrológico</i>	49
Figura 17 <i>Ejemplo de un índice de sequía (SPI) para distintas escalas temporales</i>	56
Figura 18 <i>Serie del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para una escala temporal de 6 meses</i>	57
Figura 19 <i>Representación esquemática de la circulación de la atmósfera para una Tierra homogénea sin y con rotación</i>	63
Figura 20 <i>Representación esquemática de los flujos de aire verticales (convección u subsidencia) y horizontales (convergencia y divergencia)</i>	64
Figura 21 <i>Cuenca del río Cajamarquino y ubicación de estaciones meteorológicas</i>	69
Figura 22 <i>Esquema metodológico de la investigación y sus etapas</i>	76
Figura 23 <i>Ejemplo de cálculo de las series anuales de precipitación a partir de las series mensuales de precipitación</i>	78
Figura 24 <i>Ejemplo del resultado del análisis de la variabilidad interanual empleando las normales climatológicas y el rango de intensidad de las anomalías de precipitación (AP)</i>	80

Figura 25 <i>Ejemplo de representación de la variabilidad interanual de las precipitaciones</i>	81
Figura 26 <i>Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en San Marcos (Promedio 1981-2010)</i>	86
Figura 27 <i>Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en Cajamarca (Promedio 1981-2010)</i>	87
Figura 28 <i>Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en La Encañada (Promedio 2003-2010)</i>	89
Figura 29 <i>Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en Cachachi (Promedio 1981-2010)</i>	90
Figura 30 <i>Anomalías anuales de las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino</i>	97
Figura 31 <i>Series del índice de precipitación trimestral (IP-3) en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino</i>	104
Figura 32 <i>Correlación lineal entre la variabilidad climática y las sequías en la cuenca del río Cajamarquino</i>	106
Figura 33 <i>Producción anual de maíz choclo en la cuenca del río Cajamarquino</i>	110
Figura 34 <i>Variación anual de la producción de maíz choclo en relación a su promedio y años con sequía extrema e intensa durante el ciclo de vida del cultivo en la cuenca del río Cajamarquino</i>	111
Figura 35 <i>Producción anual de maíz amiláceo en la cuenca del río Cajamarquino</i>	114
Figura 36 <i>Variación anual de la producción de maíz amiláceo en relación a su promedio y años con sequía extrema e intensa durante el ciclo de vida del cultivo en la cuenca del río Cajamarquino</i>	115
Figura 37 <i>Producción anual de papa en la cuenca del río Cajamarquino</i>	117
Figura 38 <i>Variación anual de la producción de papa en relación a su promedio y años con sequía extrema e intensa durante el ciclo de vida del cultivo en la cuenca del río Cajamarquino</i>	119
Figura 39 <i>Relación entre la producción anual de los principales cultivos y las sequías en la cuenca del río Cajamarquino durante el período 1998-2018</i>	120
Figura 40 <i>Estación CO-La Encañada</i>	167
Figura 41 <i>Estación MAP-Augusto Weberbauer</i>	168
Figura 42 <i>Estación CO-Namora</i>	169
Figura 43 <i>Estación CO-Sondor</i>	170
Figura 44 <i>Estación CO-Jesús</i>	171
Figura 45 <i>Estación CO-San Marcos</i>	172
Figura 46 <i>Estación PE-Cachachi</i>	173

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición de la atmósfera</i>	12
Tabla 2 <i>Categorías de las anomalías de la TSM de acuerdo al ICEN</i>	42
Tabla 3 <i>Categorías de sequía y excesos de precipitación</i>	61
Tabla 4 <i>Coordenadas UTM de la cuenca del río Cajamarquino. Sistema WGS 84. Zona 17 S</i>	68
Tabla 5 <i>Ubicación de estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino</i>	72
Tabla 6 <i>Ubicación de estaciones representativas de la cuenca del río Cajamarquino</i>	73
Tabla 7 <i>Rango de anomalías de precipitación (AP) elaborado a partir del índice de precipitación (IP) en porcentaje</i>	80
Tabla 8 <i>Clasificación del Índice de Precipitación Trimestral</i>	82
Tabla 9 <i>Grado de correlación lineal simple</i>	83
Tabla 10 <i>Precipitación total mensual multianual. Serie entre el período 1981-2010</i>	90
Tabla 11 <i>Porcentaje de la precipitación mensual multianual con respecto a la precipitación anual. Entre el período 1981 – 2010</i>	91
Tabla 12 <i>Variabilidad interanual de las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino en base a sus anomalías en porcentaje (%) de la precipitación normal (PPN)</i>	92
Tabla 13 <i>Clasificación de la variabilidad interanual de las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino en base a sus anomalías</i>	95
Tabla 14 <i>Características estadísticas de las sequías en la cuenca del río Cajamarquino según el índice de precipitación trimestral (IP-3)</i>	99
Tabla 15 <i>Relación de las sequías extremas y de mayor duración en la cuenca del río Cajamarquino de acuerdo al índice de precipitación trimestral (IP-3)</i>	100
Tabla 16 <i>Cantidad de sequías en la cuenca del río Cajamarquino según el índice de precipitación IP-3</i>	101
Tabla 17 <i>Períodos de sequía extrema en la cuenca del río Cajamarquino según el índice de precipitación IP-3</i>	102
Tabla 18 <i>Producción anual en toneladas (t) de maíz choclo en los distritos de la cuenca del río Cajamarquino</i>	108
Tabla 19 <i>Producción anual en toneladas (t) de maíz amiláceo en los distritos de la cuenca del río Cajamarquino</i>	112
Tabla 20 <i>Producción anual en toneladas (t) de papa en los distritos de la cuenca del río Cajamarquino</i>	116

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 <i>Porcentaje de precipitación normal</i>	58
Fórmula 2 <i>Porcentaje de precipitación normal modificado</i>	59
Fórmula 3 <i>Índice de precipitación</i>	59
Fórmula 4 <i>Anomalía anual de precipitación</i>	79
Fórmula 5 <i>Índice de precipitación trimestral</i>	82
Fórmula 6 <i>Correlación lineal simple</i>	83

LISTA DE ABREVIACIONES

DRAC:	Dirección Regional Agraria Cajamarca
ENFEN:	Estudio Nacional del Fenómeno El Niño
ENOS:	El Niño Oscilación Sur
ICEN:	Índice Costero El Niño
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-Colombia
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
NOAA:	National Oceanic and Atmospheric Administration USA
OMM:	Organización Meteorológica Mundial
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPN:	Porcentaje de Precipitación Normal
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
TSM:	Temperatura Superficial del Mar
ZCIT:	Zona de Convergencia Inter Tropical

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo general de determinar la relación existente entre la variabilidad climática y la ocurrencia de sequías en la cuenca del río Cajamarquino durante el período 1998 - 2018. Para lo cual se evaluó una serie histórica de datos de precipitación de siete estaciones meteorológicas, se encontró la variabilidad interanual en función de sus anomalías en Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN), además se identificó los períodos de sequía en función de un índice de precipitación trimestral (IP-3). Los resultados mostraron la presencia de variabilidad interanual de las precipitaciones por la existencia de importantes fluctuaciones de precipitación anual en relación a la precipitación normal, como consecuencia de anomalías en la circulación general de la atmósfera y al calentamiento de la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico tropical y ecuatorial. Con exceso de precipitaciones destacaron los años 1999, 2001 y 2009; con déficit de precipitaciones sobresalieron los años 2003, 2004 y 2016. Además se identificó entre 20 y 33 eventos de sequías, la mayoría de intensidad moderada; no obstante destacaron las sequías ocurridas en el 2001 y 2015 por ser las más extremas; también la sequía del 2016 por ser la de mayor duración. El estudio igualmente determinó una alta correlación lineal ($r = 0,6$) entre la ocurrencia de sequías y la variabilidad climática en la cuenca del río Cajamarquino, lo cual señala que cuando las sequías son más extremas y tienen mayor severidad, la variabilidad climática interanual negativa se acentúa, como consecuencia del déficit de precipitaciones. Al correlacionar el índice de precipitación trimestral (IP-3) con los valores de producción anual de los principales cultivos sembrados en la Cuenca, los resultados demostraron que los menores valores de producción se asociaron a menores valores del índice de precipitación trimestral (IP-3), además se encontró una mayor correlación lineal positiva ($r = 0,36$) en el cultivo de papa,

Palabras claves: Variabilidad climática, sequía, índice de precipitación.

ABSTRACT

This research was carried out with the general objective of determining the relationship between climatic variability and the occurrence of droughts in the Cajamarquino river basin during the period 1998 - 2018. For which a historical series of precipitation data from seven stations was evaluated meteorological conditions, the interannual variability was found in function of its anomalies in Percentage of Normal Precipitation (PPN), in addition drought periods were identified based on a quarterly precipitation index (IP-3). The results showed the presence of interannual variability of rainfall due to the existence of significant fluctuations in annual rainfall in relation to normal rainfall, as a consequence of anomalies in the general circulation of the atmosphere and warming of the sea surface temperature in the Ocean. Tropical and equatorial Pacific. With excess rainfall, the years 1999, 2001 and 2009 stood out; With rainfall deficits, the years 2003, 2004 and 2016 stood out. In addition, between 20 and 33 drought events were identified, most of them of moderate intensity; However, the droughts that occurred in 2001 and 2015 stood out as the most extreme; and the drought of 2016 for being the longest. The study also determined a high linear correlation ($r = 0.6$) between the occurrence of droughts and the climatic variability in the Cajamarquino river basin, which indicates that when the droughts are more intense and more severe, the interannual climatic variability negative is accentuated, as a consequence of the rainfall deficit. By correlating the quarterly precipitation index (IP-3) with the annual production values of the main crops planted in the Basin, the results showed that the lower production values were associated with lower values of the quarterly precipitation index (IP-3), in addition, a higher positive linear correlation ($r = 0.36$) was found in the potato crop,

Keywords: Climatic variability, drought, precipitation index.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Cada día la variabilidad climática y el cambio climático afectan de forma más evidente el clima actual y futuro, Serrano et al. (2012, p. 1), en el mismo sentido Riebeeck (2005, p.1) reporta que el cambio climático puede provocar un aumento en la frecuencia y/o intensidad de eventos climáticos extremos como son las sequías severas y precipitaciones intensas.

El Panel de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) tiene en cuenta que la variabilidad climática son las variaciones en las condiciones climáticas medias o estadísticas del clima, causadas principalmente por fenómenos extremos, tanto en las escalas temporales como en las espaciales, que superan la escala de un fenómeno meteorológico en particular (p. 89). Asimismo la sequía se define como una época con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente extendido de tal manera que la deficiencia de precipitaciones cause un grave desequilibrio hidrológico (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 1992, p. 85).

La sequía impacta negativamente diversas regiones del mundo y es el fenómeno climático adverso que más daño produce a nivel mundial; así tenemos que entre el 2005 y 2015 provocó pérdidas por 29000 millones de dólares americanos a nivel mundial. En África, América Latina y el Caribe, la sequía es el tipo de desastre más costoso, causando pérdidas en los cultivos y el ganado de 10700 y 13000 millones de dólares americanos entre 2005 y 2015 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018, p. 1).

El Perú es un país donde gran parte de su territorio está expuesto a periódicas sequías, cuyos efectos se sienten principalmente en la agricultura, provocando graves pérdidas económicas principalmente en la sierra, porque en esta región aproximadamente el 95 % de la agricultura se desarrolla al secano. La sierra sur siempre es la más afectada porque la escasez de lluvia afecta directamente los cultivos; sin embargo otras regiones como la costa también se ven afectadas porque reduce la disponibilidad de agua para riego, obligando a reducir la superficie de siembra. Como ejemplo entre 2000 y 2010 se presentaron a nivel nacional 163 eventos de sequías, principalmente en la vertiente del Pacífico (127 eventos), seguidos por la vertiente del Titicaca (25 eventos) y la vertiente del Atlántico (11 eventos). La mayor cantidad de eventos ocurridos corresponden a los presentados entre el año 2000 al 2008 y el año 2010 con 73 y 62 eventos (Soto, 2013, pp. 1 - 2).

En la región de Cajamarca el 42,3 % del territorio está dedicado a actividades agropecuarias, además el 76,6 % del área agrícola es al secano, es decir que depende de las lluvias estacionales, además el 67,3 % de la población vive en el campo y se dedica a actividades agropecuarias (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2013, p. 1); según esto, la actividad agropecuaria es vulnerable a los efectos adversos del clima. El Gobierno Regional de Cajamarca (GORECAJ, 2016, pp. 38 - 40) a través de la Estrategia Regional frente al Cambio Climático, muestra que las sequías y las heladas presentan un nivel de peligro potencial calificado como alto, según la escala del Equipo Técnico Regional Zonificación Ecológica y Económica - Ordenamiento Territorial elaborada en el 2011, con un 30,34 % y 34,87 % del territorio departamental respectivamente; asimismo la sequía afecta principalmente a la agricultura y a la ganadería, no solo por la ausencia de lluvias, sino también porque generalmente está

asociada a fuertes descensos de temperatura mínima con ocurrencia de heladas meteorológicas.

En el año 2016, en la región de Cajamarca ocurrió una sequía en noviembre que provocó 79358 ha de cultivos perdidos y afectados, produciendo una pérdida económica de aproximadamente 269,23 millones de soles; en consecuencia la sequía produjo afectaciones y pérdidas en cultivos y crianzas generando un desbalance patrimonial y económico de los productores agropecuarios (Dirección Regional de Agricultura Cajamarca [DRAC], 2016, p. 19).

Frente a esta situación descrita, se planteó el siguiente problema de investigación: ¿Qué relación existente entre la variabilidad climática y la ocurrencia de sequías, en la cuenca del río Cajamarquino durante el período 1998-2018?, lo que llevó a proponer la siguiente hipótesis: la ocurrencia de sequías influye negativamente en la variabilidad climática en la cuenca del río Cajamarquino. Por lo tanto el objetivo general de la investigación fue determinar la relación existente entre la variabilidad climática y la ocurrencia de sequías, en la cuenca del río Cajamarquino durante el período 1998 - 2018.

Esta investigación se localiza en la cuenca del río Cajamarquino que forma parte del sistema hidrográfico del río Amazonas y está ubicada en la sierra norte del Perú, en la región de Cajamarca. Además el estudio fue descriptivo, correlacional y documental, con un diseño no experimental. Se analizó los datos meteorológicos de precipitaciones de siete estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Las técnicas de procesamiento y análisis de datos incluyeron análisis de variabilidad climática interanual, análisis para determinación de sequías meteorológicas y análisis de correlación entre la variabilidad climática y la ocurrencia

de sequías. Además con la finalidad de incluir una aplicación de la investigación a la realidad local, se evaluó el efecto de la ocurrencia de sequías en la producción anual del maíz choclo, maíz amiláceo y papa en la cuenca del río Cajamarquino.

La investigación considera los siguientes capítulos: el capítulo I corresponde a la introducción, donde se plantea la problemática y la importancia del estudio. El capítulo II presenta el marco teórico, donde se describe los antecedentes, la información teórica sobre las variables y la definición de términos básicos. En el capítulo III se presentan los materiales y métodos, donde se describe el área de estudio, además se mencionan los materiales empleados y se describe las técnicas de procesamiento y análisis de datos. En el capítulo IV se presentan los resultados y la discusión, donde se muestran los resultados de los análisis. En el capítulo V se muestran las conclusiones en función de los objetivos propuestos. En el capítulo VI se presentan las referencias bibliográficas y finalmente en el capítulo VII se presentan los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Internacionales

Paredes, Guevara y Barbosa (2016) al analizar la “Influencia del fenómeno El Niño sobre las sequías de gran cobertura en la cuenca del río Caroni para el período 1901 – 2013” en Venezuela, determinaron que las sequías de larga duración y gran cobertura acentúan la variabilidad climática, porque reducen drásticamente los acumulados de precipitación anual, además concluyeron que la ocurrencia de sequías está vinculada con la presencia del evento El Niño Oscilación Sur (ENOS), por lo tanto este evento es uno de los que causan mayor variabilidad climática (p. 1).

Ramírez (2015) al investigar la “Variabilidad climática local y su relación con eventos del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en la vertiente del Pacífico” en Guatemala, entre 1982-2012, concluyó que el comportamiento y la variabilidad de la temperatura, así como de la precipitación, está mayormente influenciado por el ENOS, provocando incrementos o disminuciones según sea la fase de este fenómeno, lo cual incrementa la variabilidad climática. El estudio demostró que la fase cálida o también llamado “El Niño”, afecta la precipitación, produciendo anomalías negativas para precipitación en un 20 % menos en el total de lluvia; por el contrario, en su fase fría, o también llamada “La Niña”, la precipitación aumenta, lo cual se nota con una anomalía promedio de 23 % más en la lluvia regional (p. 63).

Montealegre y Pabón (2000) al analizar “La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña–Oscilación del Sur (ENOS) y su influencia en el

patrón pluviométrico en Colombia”, demostraron que este fenómeno afecta directamente la temperatura del aire y la precipitación, además el análisis de la precipitación del período 1938 – 1998, evidenció que en algunas regiones de Colombia se presentaron oscilaciones sobre o debajo de lo normal en el comportamiento de las precipitaciones, las cuales aumentan la variabilidad climática interanual, concluyendo que las fluctuaciones más importantes de la variabilidad interanual de las precipitaciones están vinculadas al ciclo El Niño La Niña–Oscilación del Sur (p. 16).

Hurtado (1996) al analizar el comportamiento de las sequías y los excesos de lluvia en Colombia durante el período 1961-1993, en su estudio “Estadísticas de sequías y heladas meteorológicas en Colombia”, demostró que las sequías son un evento que ocurre aleatoriamente en el tiempo, además presentaron una ligera tendencia a incrementarse, considerando que durante este período ocurrieron 20 sequías importantes, 4 en la década del 60; 5 en la década del 70; 8 en la década del 80 y 3 hasta el año 1993. Asimismo probó que existe asociación entre el evento El Niño y las sequías en la región Andina, Caribe y el Pacífico, considerando a este fenómeno como principal causante de variabilidad climática en Colombia; sin embargo, a pesar que en casi todo evento El Niño está presente una sequía, la mitad ocurrieron sin la presencia de este fenómeno (p. 4).

Nacionales

Endara et al. (2019) en su estudio “Caracterización espacio temporal de la sequía en los departamentos altoandinos del Perú” identificaron 10 episodios de sequías meteorológicas más severas en los años 1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992, 2004, 2005 y 2016, además concluyen que se presentaron sequías durante los años 1983, 1987, 1988, 1992, 2005 y 2016 asociados a episodios de Fenómeno El Niño

(Oscilación del sur – El Niño). No obstante las sequías meteorológicas, no necesariamente ocurrieron durante la presencia de un Fenómeno El Niño. Sin embargo, el calentamiento anómalo del Pacífico explica las sequías más intensa por forzamientos remotos vinculados principalmente a la dinámica tropical de los flujos zonales anómalos del oeste sobre los Andes del Perú, En el departamento de Cajamarca destacaron las sequías severas de 1985 y 2004, así como las sequías moderadas de 1990 y 1992, así como también un período seco durante el otoño e invierno del 2016 que afectó principalmente a la actividad agropecuaria en la zona (p. 27).

Vega (2018) en su investigación sobre “Variabilidad espacio-temporal de las sequías en el Perú y el peligro asociado al fenómeno El Niño”, identificó cuatro eventos de sequía importantes que afectaron varias de las regiones del Perú desde 1970 hasta el 2015: la sequía de 1992, que afectó las regiones del centro al sur del país; seguida de la sequía de 1990, que afectó a las regiones del sur del país; la sequía de 1983, que afectó a las regiones del sur y la de 1977, que afectó a las regiones localizadas mayoritariamente al norte del país. También encontró que las sequías poseen mayor duración en la selva y menor duración en la sierra sur, asimismo halló que las sequías son más intensas y frecuentes en la sierra sur y en la sierra norte son menos intensas y frecuentes (p. 70).

Febre (2017) al analizar las “Causas de sequías severas en el sur del Perú”, determinó que el cálculo de las anomalías estandarizadas de precipitación estacional, en porcentajes, permite identificar cuantitativamente la intensidad de las sequías severas a escala interanual, así como la variabilidad de las precipitaciones, con esta metodología identificó 4 eventos de sequía severa en el sur del Perú desde 1951 hasta el 2010. También demostró que las sequías que ocurrieron en la temporada de lluvias se relacionaron a una dorsal anómala ubicada sobre la ladera occidental de los Andes, lo que favoreció el transporte de aire frío y seco hacia esas regiones. Este patrón de niveles

medios se relacionó a un intenso repliegue de un domo cálido sobre el sur del país. Asimismo los eventos severos de sequías en la región andina suroriental del Perú principalmente se vincularon al fenómeno El Niño (p. 7).

Vega (2016) en su estudio titulado “Análisis del riesgo de sequía en el sur del Perú” encontró que en el sur del Perú existen 72 distritos con peligro muy alto de sequías, seguido de 299 distritos con nivel de peligro alto, los cuales se definieron considerando la duración y severidad de la serie de precipitación de 1981 al 2016. Además se identificó 48 distritos con vulnerabilidad muy alta y 363 distritos con vulnerabilidad alta, identificados en base a las características físicas y socioeconómicas de cada distrito. En conclusión existen 24 distritos considerados con un nivel de riesgo muy alto y 210 distritos con un nivel de riesgo alto, los cuales deben ser de especial interés ante la ocurrencia de eventos de sequías en la zona sur del país, si se desea realizar acciones de mitigación de posibles impactos (p. 30).

Vergara (2011) al estudiar la variabilidad climática en la sierra de Ancash y La Libertad, en su tesis titulada “Variabilidad climática, percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash”, determinó que hay una correlación positiva entre los índices de Temperatura Superficial del Mar (TSM) del Pacífico oriental adyacente a la costa peruana y la variabilidad de las precipitaciones en la vertiente occidental de los Andes de La Libertad y Ancash, durante los meses de enero a marzo, que son los más lluviosos, lo cual señala que cuando hay calentamiento del agua del mar aumentan las precipitaciones en esta zona del Perú; sin embargo, cuando el calentamiento se produce en el pacífico central y occidental, las lluvias disminuyen y la correlación es inversa, por lo tanto concluyó que existe una influencia del evento El Niño Oscilación Sur (ENOS) en la variabilidad interanual de las precipitaciones en la sierra norte de nuestro país (p. 183).

Antecedentes locales

Alva (2011) en su tesis titulada “Variaciones térmicas y pluviométricas como indicadores del cambio climático en el valle de Cajamarca”, determinó que para el valle de Cajamarca, durante los últimos 45 años (1963-2009), la precipitación total anual se incrementó en $54,75 \text{ mm año}^{-1}$, durante los últimos 22 años. Además también halló que la precipitación media diaria fue mayor durante el quinquenio 1980-1984, con un valor de $2,01 \text{ mm día}^{-1}$, y que la precipitación máxima diaria se registró en el quinquenio 1995-1999, con un valor de $44,5 \text{ mm día}^{-1}$, el primer caso como consecuencia de la presencia del evento El Niño de 1982-1983 y el segundo caso como consecuencia del evento El Niño 1997-1998, ambos considerados muy intensos. Contrariamente durante el quinquenio 1985-1989 se registró una considerable disminución de la precipitación media diaria, con un valor de $1,51 \text{ mm día}^{-1}$, esto como consecuencia de la ocurrencia de dos eventos La Niña de 1984-1985 y de 1988-1989, este último considerado de intensidad fuerte. Por lo tanto concluye que efectivamente en el valle de Cajamarca existe una variabilidad climática diaria, mensual y anual, además de un cambio climático indiscutible (pp. 93-106).

Dávila (2018) en su tesis “Efectos adversos del cambio climático en la disponibilidad del agua para uso agrario y poblacional, en la subcuenca Tres Ríos - San Lucas, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca”, afirma que el cambio climático está produciendo efectos adversos en la disponibilidad del agua para uso agrario y poblacional, asimismo utilizando información climatológica de temperatura y precipitación del período 1987-2017, de las estaciones meteorológicas Granja Porcón y Augusto Weberbauer, concluyó que la temperatura promedio se ha incrementado $0,62 \text{ }^{\circ}\text{C}$, en tanto la precipitación, en la parte alta de la Subcuenca, ha aumentado en $188,83 \text{ mm}$ en 30 años, pero en la parte baja ha disminuido en $-48,05 \text{ mm}$ en 30 años. Del

mismo modo en el año 2017, la demanda de agua para uso poblacional y agrario se ha incrementado (p.12).

Figuroa (2018) en su tesis “Cálculo del índice de vulnerabilidad climática de recursos hídricos en la región Cajamarca 2018”, encuentra que el índice de vulnerabilidad climática (IVC), que es una herramienta para medir y analizar el nivel relativo de riesgo, relacionado a fenómenos climatológicos, en la mayoría de provincias muestra un valor entre 50 y 60 dentro de una escala de cero a cien; sin embargo también demostró que los recursos hídricos en la región de Cajamarca presentan un grado de vulnerabilidad (IVC) medio, siendo la provincia de Cajamarca la de mayor vulnerabilidad frente a la ocurrencia de fenómenos climatológicos adversos (p . 6).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El clima y el sistema climático

Actualmente se considera al clima como el conjunto de condiciones meteorológicas normales de un lugar y período de tiempo determinados, interpretadas mediante descripciones estadísticas de la variabilidad y las tendencias de los elementos que lo caracterizan como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos, o mediante la unión de otros elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos característicos de una localidad, región o del mundo, durante cualquier período de tiempo (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2011, p.10).

También se puede interpretar el clima como la estadística del tiempo atmosférico, medida durante un intervalo de varios años (Lozano, 2018 p.19).

El sistema climático es una entidad formada por cinco componentes que interactúan entre sí (atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y biósfera) que conjuntamente

funcionan como un todo. El sistema climático en general se considera un sistema cerrado, porque permite la existencia de un flujo de energía con el espacio pero no un intercambio de materia (Peixoto and Oort, 1992, citado por Martin, 2016, p. 1,2).

2.2.2. Componentes del sistema climático

Atmósfera

Gómez (2019) define a la atmósfera como una mezcla gaseosa que envuelve la Tierra, y se sujeta a su superficie por acción de la gravedad. Su espesor es variable y los gases que la componen se hacen menos densos con la altura, hasta desaparecer a algunos cientos de kilómetros de la superficie. Por lo tanto los gases que la forman mayormente se concentran en la denominada homósfera, que se extiende desde el suelo hasta los 80-100 kilómetros de altura. Esta capa contiene el 99,9 % de la masa total de la atmósfera. La atmósfera es importante porque es el subsistema donde se desarrollan los fenómenos meteorológicos, por lo que constituye el componente central del sistema climático (p. 30).

Tabla 1*Composición de la atmósfera*

Componentes	Volumen (%)
Nitrógeno	78,08
Oxígeno	20,95
Argón	0,93
Dióxido de carbono	0,03
Vapor de agua	1,00

Nota. Adaptado de Gómez, 2019

Zúñiga y Crespo (2010, p. 270) afirman que la atmósfera es un sistema gaseoso compresible y sujeto a la atracción de la gravedad terrestre, por lo que su densidad disminuye con la altitud, mientras que su temperatura tiene un gradiente que puede variar de forma negativa o positiva cada determinada altitud, en consecuencia las propiedades físicas de la atmósfera varían con la altitud, lo que da origen a la presencia de cuatro capas, las cuales son:

La tropósfera que se caracteriza por que la temperatura disminuye con la altura con un gradiente de $6,5 \text{ }^\circ\text{C Km}^{-1}$, en esta capa se concentra el 80 % de toda la masa de la atmósfera y se esparce hasta aproximadamente los 10 Km de altura, en esta capa se desarrollan la mayoría de los fenómenos meteorológicos.

La estratósfera se expande desde los 11 Km hasta los 50 km, en esta capa la temperatura se incrementa con la altitud en un gradiente muy pequeño, produciéndose una inversión térmica, debido a la concentración de ozono que absorbe la radiación ultravioleta del sol, que se incrementa con la altitud, por lo que el aire frío más denso está debajo del aire caliente menos denso. En esta capa al no haber convección, no hay movimientos verticales de aire. La masa de aire incluida en esta capa representa el 19,9 % del total, por lo que es menos densa que la tropósfera, además en esta capa no hay nubosidad porque los gases trazas disminuyen al igual que el vapor de agua.

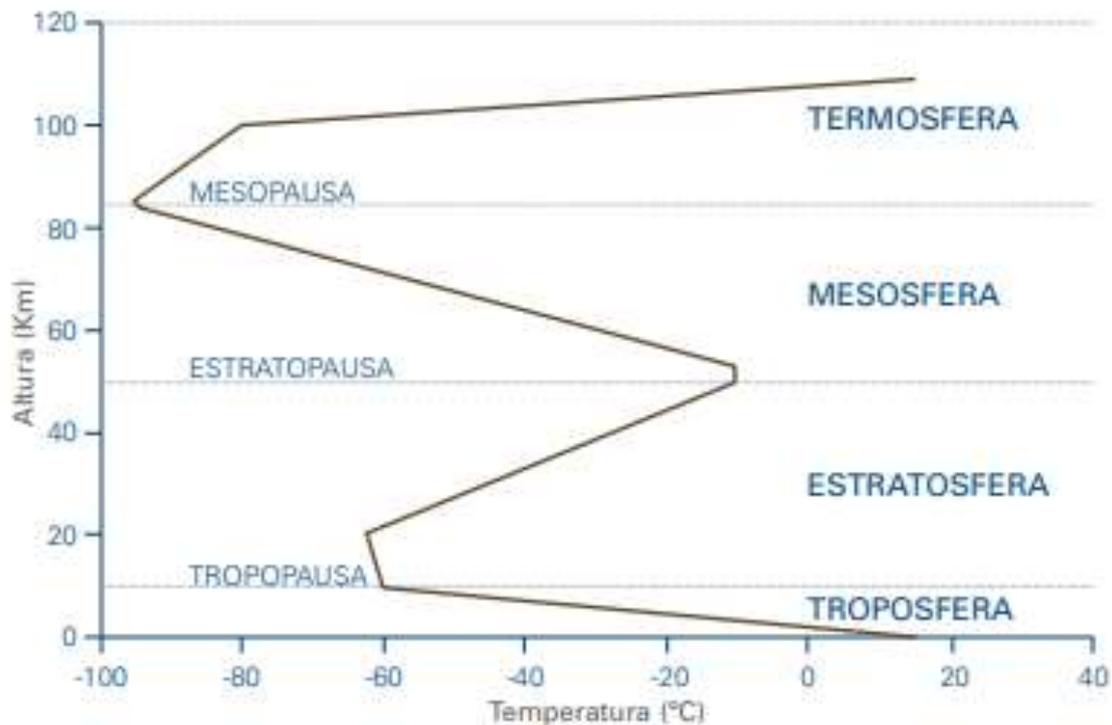
La mesósfera se extiende desde los 50 Km hasta los 85 Km, en esta capa se restituye un gradiente de temperatura negativo debido a que el contenido de ozono es menor, por lo que el calentamiento se reduce, como consecuencia la temperatura en la parte superior de esta capa, es $-73,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La termósfera es la última capa de la atmósfera donde nuevamente se produce una inversión térmica como resultado de la energía soltada en la disociación de átomos y moléculas por los rayos cósmicos y por fotones de alta energía procedentes del sol. Esta fotodisociación forma partículas cargadas que constituyen la ionósfera. En esta capa las temperaturas son muy altas entre 500 K y 2000 K, pero este calentamiento no se distribuye uniformemente por la baja densidad. Esta capa es importante porque sirve de filtro de la radiación solar más energética, además por sus propiedades eléctricas y magnéticas. Su límite superior es difícil de determinar porque está en función de la actividad solar, pero se extiende más allá de los 200 Km.

El límite superior de la atmósfera puede llegar hasta los 500 Km, sin embargo no está bien definida, más allá de la termósfera la densidad continua disminuyendo de manera tenue.

Figura 1

Perfil térmico de la atmósfera



Nota. Adaptado de *Variación de la temperatura atmosférica con la altitud* (p. 17), de Zúñiga y Crespo, 2010, google books

(<https://www.google.com.pe/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=isbn:9788436277326>)

Hidrosfera

Está formada por todas las formas de agua presentes en la superficie terrestre y lo componen los océanos, lagos, ríos, aguas subterráneas, glaciares, etc. Aproximadamente el 80 % de la hidrosfera lo forman los océanos, los cuales son el factor prevaleciente a la hora de definir la naturaleza física y química de la superficie terrestre, los océanos modifican el clima por su capacidad para absorber la radiación solar y transportarla alrededor del planeta, por su alto calor específico y porque 2/3 de la superficie del planeta están ocupadas por los océanos. Además los océanos son grandes sumideros de

CO₂. Además al ser más denso que la atmósfera los movimientos en el océano son más lentos y los tiempos de respuesta a los forzamientos son mayores (Figueruelo y Marino, 2004, p. 5).

Criósfera

Es un subsistema muy heterogéneo en sus momentos de respuesta térmica, lo forman los mantos de hielo que cubren la Antártida, Groenlandia, los glaciares montañosos, los hielos marinos, la nieve sobre las superficies sólidas y el suelo congelado o permafrost. La criósfera influye en el clima global porque el hielo y la nieve reflejan la mayor parte de la luz solar reduciendo la temperatura regional. Asimismo como en el hemisferio norte el hielo cubre gran parte de la superficie continental influye de manera importante en las variaciones anuales de la temperatura (Barros, 2006, p. 30).

Litósfera

Está formada por los continentes, donde su orografía interviene en los movimientos atmosféricos, y el fondo marino, donde su topografía influye en los movimientos oceánicos. La litósfera es importante para el balance energético, porque las características del suelo influyen en el albedo, que es el porcentaje de radiación solar reflejada con respecto a la radiación incidente. Asimismo el contenido de humedad en el suelo también afecta el balance energético en la superficie terrestre, porque un suelo seco se calienta más que un suelo húmedo. Sin considerar la capa más superficial de la litósfera, en la que la temperatura y el contenido de agua pueden variar en respuesta a fenómenos atmosféricos y oceánicos, los momentos de respuesta de la litósfera son muy largos en relación con los otros componentes del sistema climático, por lo que mayormente se considera que es invariable (Martín, 2016, p. 8).

Biósfera

Está formada por la fauna y la flora continental y oceánica; la flora continental modifica el albedo, la evaporación y la escorrentía, además de alterar la rugosidad superficial. También influye en el balance del CO₂ en la atmósfera y océanos mediante la fotosíntesis (Martín, 2016, p. 9).

2.2.3. Factores que determinan el clima

Los factores del clima son aquellos agentes que pueden alterar el comportamiento de los elementos que caracterizan el clima, estos son la latitud, la altitud, los factores geográficos, las corrientes marinas, entre otros (Navarrete, 2018, p. 8).

Asimismo los factores cósmicos como la insolación y los factores geográficos como la latitud, la distribución de los continentes y mares, las corrientes marítimas, la altitud y la vegetación, definen el clima (Del Campo et al., 2006, p. 100).

2.2.4. Elementos que caracterizan el clima

Son las magnitudes físicas que se pueden medir y al combinarse conforman los tipos de clima. Los elementos de clima son la temperatura del aire, la humedad del aire, la presión atmosférica, la precipitación, el viento entre otros (Moreno, 2009, p. 1,2).

Un elemento climático es cualquiera de las propiedades del sistema climático que al combinarse con otros elementos permiten describir el tiempo o clima en un lugar durante un determinado período de tiempo (OMM, 2011, p. 23).

2.2.5. La temperatura del aire

La temperatura del aire, es la temperatura que se mide en un termómetro expuesto al aire, protegido de la radiación solar directa por una caseta o abrigo meteorológico. Las unidades de medida son el grado Kelvin (K) y el grado Celsius (°C) (OMM, 2010, p.58).

El Instituto Hidrología, Meteorología y Estudio Ambientales de Colombia (IDEAM, 2001) dice que la temperatura del aire o también llamada temperatura ambiental, es la temperatura del aire libre a una altura ubicada entre 1,5 m y 2,0 m sobre el nivel del suelo (p. 10).

La temperatura del aire no es un valor constante en el espacio y en el tiempo, porque está influenciada por la cantidad de radiación solar recibida, pues esta cambia con la hora del día, con la estación del año y con la latitud, produciendo una variación diurna de la temperatura, también una variación estacional y finalmente una variación con la latitud (Chira y Rosas, 2004, p. 12).

2.2.6. La humedad del aire

Se define como humedad a la cantidad de vapor de agua que forma parte del aire. Se sabe que la atmósfera está formada por una mezcla de gases de proporciones definidas, el aire seco y el vapor de agua, cuya concentración cambia de una zona a otra. Existen muchas maneras de expresar la humedad del aire pero la más utilizada es la humedad relativa, que es el cociente en porcentaje, entre la masa de vapor de agua contenido en un volumen de aire y la masa de vapor de agua que contendría ese mismo volumen si estuviera saturado (Zúñiga y Crespo, 2010, p.270).

2.2.7. La presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza por unidad de área que ejerce el peso de la atmósfera que está sobre la superficie. La presión es el peso de una columna vertical de aire que se prolonga hasta el límite exterior de la atmósfera, sobre una proyección horizontal de la superficie. La unidad básica para las mediciones de presión atmosférica es el pascal (Pa). En meteorología se utiliza el hectopascal, que equivale a 100 Pa. Un hectopascal es igual a un milibar (mbar), que anteriormente era la unidad básica (OMM, 2010, p. 82).

2.2.8. La precipitación

La precipitación es el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire hasta el suelo. La precipitación puede ser la lluvia, el granizo, la nieve, el rocío, la cencellada blanca, la escarcha y la precipitación de la niebla. El acumulado total de precipitación que alcanza el suelo en un momento se expresa como la altura de la lámina de agua que cubriría una proyección horizontal de la superficie de la Tierra (OMM, 2010, p. 162).

2.2.9. Origen y clasificación de las precipitaciones

El aire contiene humedad en forma de vapor de agua, cuando el aire asciende, se enfría hasta alcanzar su punto de rocío, entonces el vapor de agua se condensa, formando nubes de distintos tipos, por lo tanto el ascenso del aire causa que el aire se enfríe y se origine precipitaciones (Viers, 1975, citado por Blanco, 2017, p. 4). Sin embargo el proceso de formación de las nubes, es un complicado mecanismo termodinámico, que se produce cuando el aire asciende y alcanza su saturación de equilibrio, las gotitas de agua que forman las nubes, se han formado por un proceso llamado nucleación heterogénea, que es un proceso por medio del cual las gotitas de

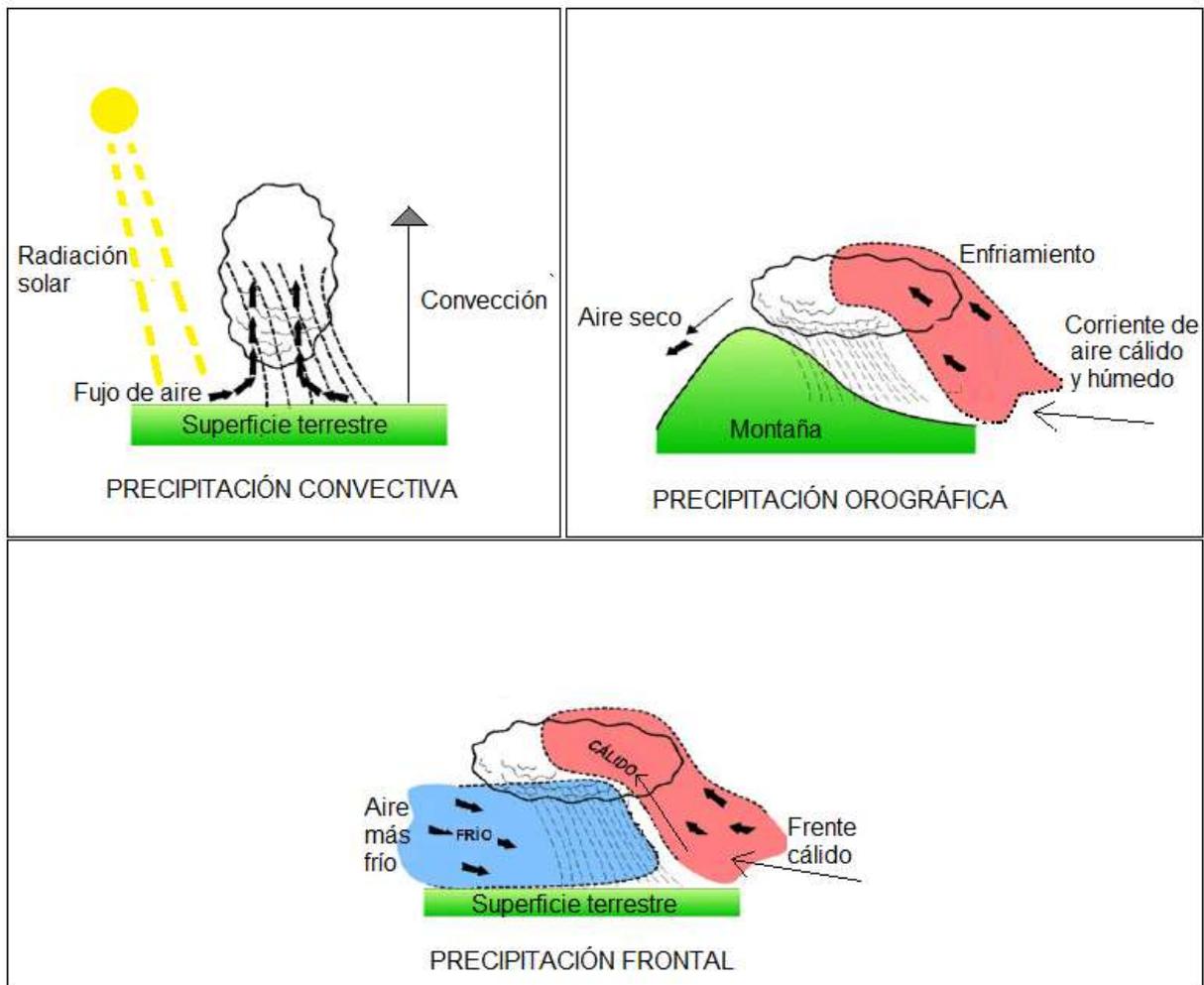
agua se forman sobre las partículas sólidas muy pequeñas que están presentes en el aire, que se conocen como núcleos de condensación (Rogers, 2003, p. 59).

Blanco (2017, p. 4) dice que los mecanismos que permiten el ascenso del aire se agrupan en tres categorías, las cuales originan diversos tipos de nubes y son el principio de los tipos de precipitación en función de su origen. Estos mecanismos son:

- Ascenso convectivo, que origina las precipitaciones de origen convectivo y se produce cuando el aire se calienta, se vuelve menos denso y asciende formando nubes, lo que produce lluvias intensas o tormentas sobre todo en horas de la tarde y mayormente en las zonas ecuatoriales o en el interior de los continentes.
- Ascenso frontal, que origina las precipitaciones ciclónicas o frontales y se produce cuando dos masas de aire con diferente temperatura y densidad chocan entre sí provocando que el aire menos denso y cálido ascienda por encima del aire más denso y frío conformándose la superficie frontal donde se forma nubosidad que produce precipitaciones generalmente en las zonas templadas del planeta entre los 30° y 60° de latitud norte y sur.
- Ascenso orográfico, que origina las precipitaciones orográficas y se produce cuando las masas de aire húmedo se elevan y se enfrían cuando se encuentran con una cadena montañosa, en este caso el ascenso depende del volumen orográfico, de su orientación y rugosidad, este tipo de precipitaciones ocurren en la cordillera de los Andes.
- Ascenso por convergencia, este es un tipo especial de ascenso que se produce cuando dos masa de aire con igual temperatura y densidad convergen entre si generando una acumulación de aire y obligando a ambas masas a ascender, produciendo enfriamiento, condensación y precipitación. Esta forma de acenso es poco frecuente y generalmente ocurre en la zona de convergencia intertropical.

Figura 2

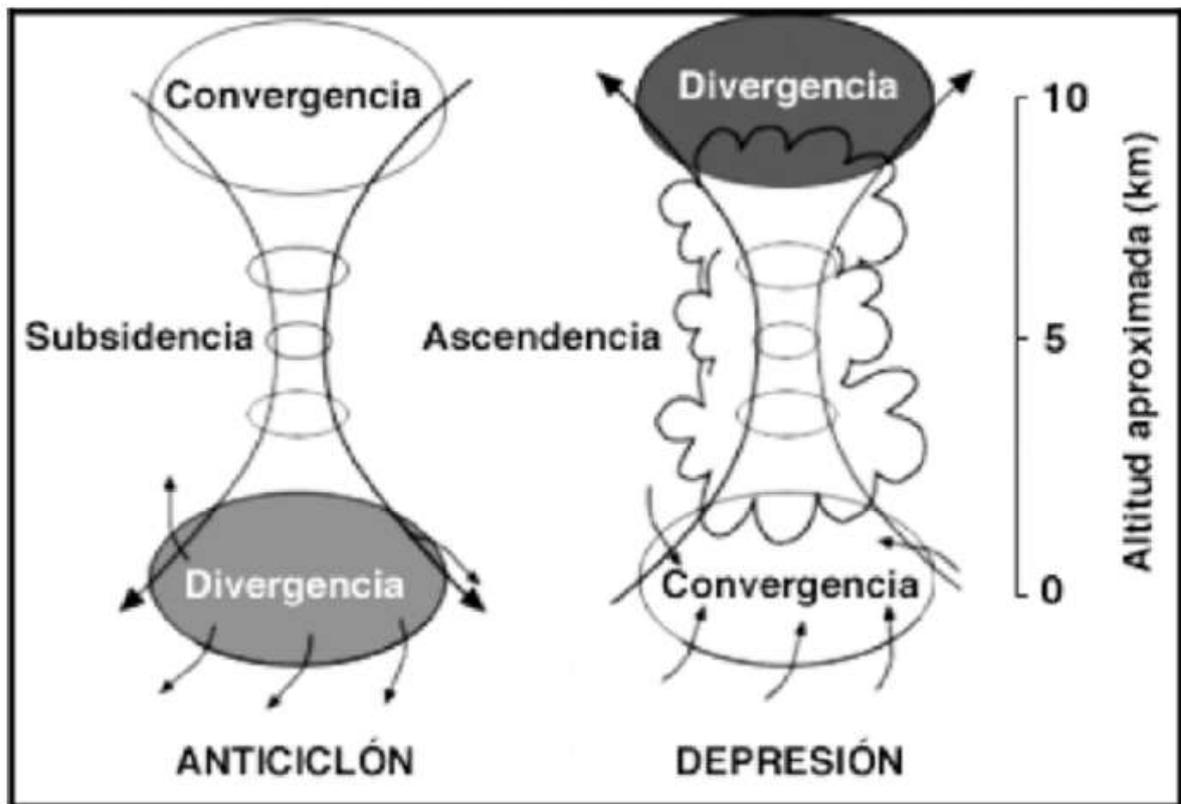
Clasificación de las precipitaciones de acuerdo a su origen



Nota. Tomado de *Principales tipos de precipitación: convectiva, orográficas y frontales* (p. 10), por Ordoñez, 2011, gwp.org (https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balace_hidrico.pdf)

Figura 3

Convergencia de aire y precipitaciones asociadas a este mecanismo



Nota. Tomado de *Convergencia y divergencia* (p. 252), por Cuadrat y Pita, 1997, Cátedra.

2.2.10. Variación de la precipitación

La precipitación es un elemento del clima que varía geográficamente, temporalmente y estacionalmente. Estas variaciones son muy importantes para análisis hidrológicos y en planes del uso del agua (Elías & Castellvi, 2001, p. 147).

La variación espacial de las precipitaciones, determina que existan algunas zonas más lluviosas que otras. La variación temporal de las precipitaciones provoca que existan épocas del año donde las precipitaciones son mayores, en consecuencia hay meses del año con mayor cantidad de precipitaciones y meses con menor cantidad de precipitaciones (Melo, 2018, p. 108).

2.2.11. Medición y unidades de medida de la precipitación

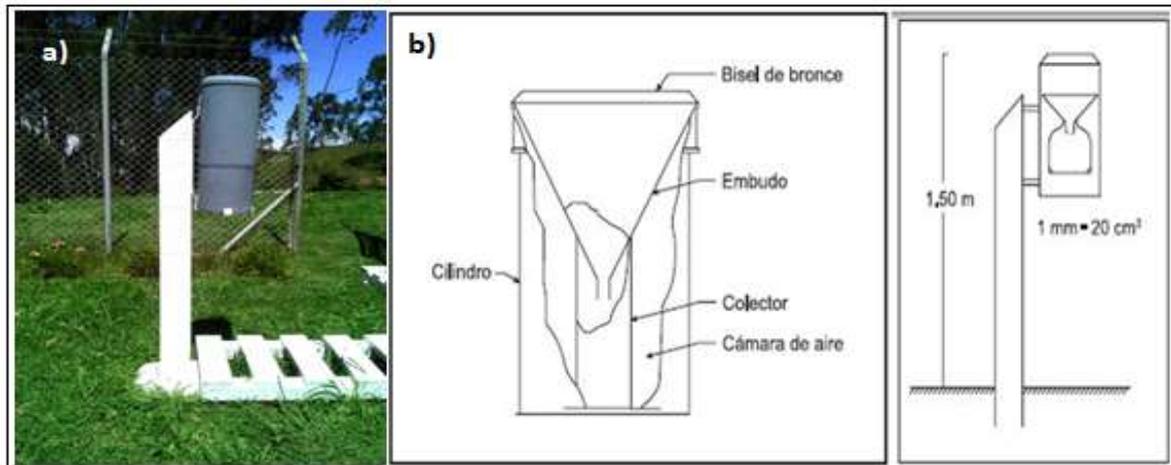
Cuadrat y Pita (2004) afirman que la precipitación se manifiesta como la altura de agua recogida a nivel del suelo o cerca de él, señalada en milímetros (mm) o litros por metro cuadrado (p.155).

Ordoñez (2011) menciona que se han construido una gran cantidad de instrumentos y mecanismos para medir la precipitación, los instrumentos más utilizados son aquellos que obtienen la cantidad y la intensidad de la precipitación. Entre los instrumentos que sirven para medir la precipitación tenemos a los de lectura directa, los registradores, los acumuladores y los automáticos (p. 15).

- Pluviómetro. Es un recipiente abierto de paredes verticales, está formado por un cilindro abierto en el extremo superior, en donde se coloca un embudo, este descarga en un colector que está en el interior del cilindro. La lluvia colectada se mide en una probeta.

Figura 4

Pluviómetro tipo Hellmann



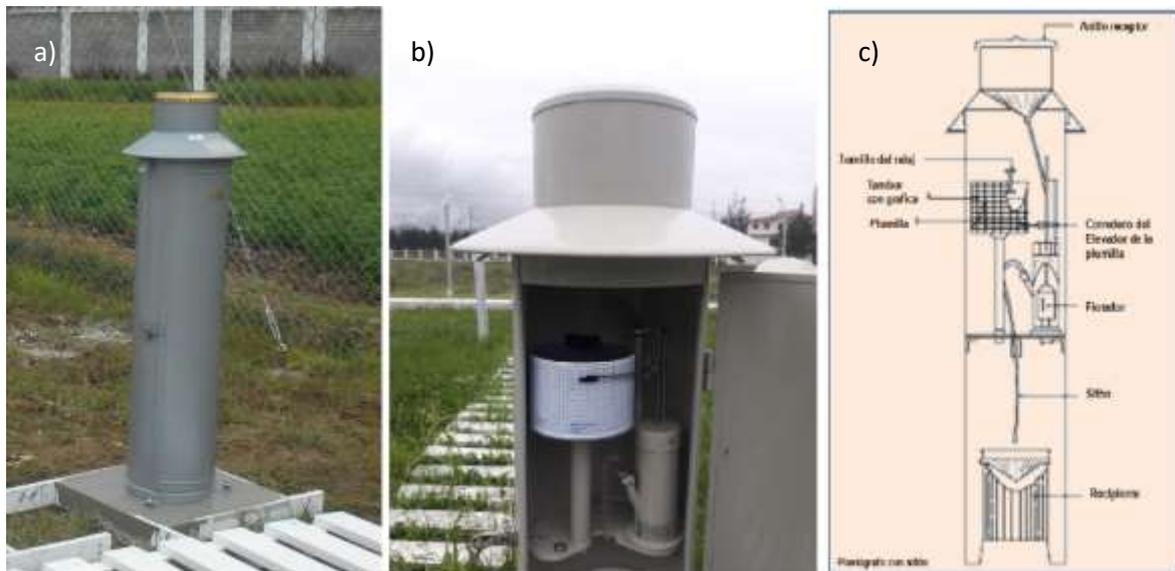
Nota. b) Adaptado de *Pluviómetro* (p. 15), por Ordoñez, 2011, gwp.org

(https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf)

- Pluviógrafo. Son instrumentos destinados a medir la distribución de la lluvia en el tiempo de un determinado lugar, lo que permite determinar la intensidad de las lluvias, es decir la cantidad de lluvia por una unidad de tiempo.

Figura 5

Pluviómetro tipo sifón



Nota. c) Tomado de *Tipos pluviógrafos* (p. 17), por Ordoñez, 2011, gwp.org

(https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf)

- Pluviómetro automático. Es un instrumento que mide la cantidad de lluvia mediante un sistema electrónico, el cual está constituido por un embudo que colecta la lluvia y la pasa a unas cubetas basculantes o “balancín” que al coleccionar 0,1 mm de lluvia, hace que el balancín se de vuelta, vertiendo el contenido; por su parte la otra cubeta toma la posición respectiva para llenarse y repetir el proceso, Cuando la cubeta se voltea, actúa un circuito eléctrico que marca en un contador y luego este es recogido en una computadora.

Figura 6

Pluviómetro automático



Nota. a) Tomado de *Tipos pluviógrafos* (p. 17), por Ordoñez (2011), gwp

(https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf)

El SENAMHI utiliza el pluviómetro tipo Hellmann para medir la precipitación, este es un envase metálico de forma cilíndrica instalado al aire libre en un poste de madera, de tal manera que la boca del pluviómetro está nivelada paralelamente con la horizontal y se ubica a 1,20 m del suelo. La medición se realiza a las 7 horas y a las 19 horas, porque de esta forma la OMM pretende uniformizar las distintas redes pluviométricas en el mundo (SENAMHI, 2005, p. 220).

2.2.12. El clima del Perú

El Perú es considerado el vigésimo país más extenso de la Tierra y el tercero en América del Sur, geográficamente, se ubica en la costa central y occidental de América meridional, entre la línea ecuatorial y el Trópico de Capricornio, posee un área total de 1 285 215,6 km². Según el SENAMHI posee 27 de los 32 climas existentes en el

mundo, de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite, por lo que es reconocido por el Programa de las Naciones Unidas, como uno de los doce países mega diversos en el mundo. Todo esto demuestran que el Perú, tiene una compleja geografía en la cual se pueden destacar las elevaciones de la cordillera de los Andes y las corrientes del Pacífico, las cuales determinan la conformación de climas y paisajes generosamente diversos que se reflejan a lo largo de la costa desértica, la puna o la selva tropical de la cuenca amazónica, confluyendo en un territorio de gran variedad de recursos naturales. De acuerdo a esto tenemos que las mayores temperaturas se presentan en la costa norte y selva baja, y las menores temperaturas se registran en las zonas altoandinas, principalmente en el altiplano. En cuanto a las precipitaciones, en la costa central y sur se presentan escasas a nulas precipitaciones; en la sierra se registran lluvias moderadas; y en la selva norte y sur se producen precipitaciones muy intensas. En síntesis las lluvias en promedio multianual varían entre 1 a 50 mm en la costa, con excepción de la región norte que presenta entre 50 a 200 mm, en la sierra entre 50 a 1000 mm, mientras en la selva entre 1000 a 3000 mm (SENAMHI, 2009, p. 4, 5).

El Perú por estar localizado en la zona tropical del hemisferio sur debería tener un clima tropical en todo su territorio, con una estación muy lluviosa en verano y una época seca en invierno. Sin embargo, por efecto de factores geográficos como la cordillera de los Andes, la corriente peruana, el anticiclón del Pacífico sur, el ciclón amazónico y el anticiclón del Atlántico sur, hacen que el Perú posea varios climas, característicos tanto de latitudes tropicales como de latitudes medias y altas. Entre los diversos climas del Perú están el tropical húmedo, con precipitaciones anuales superiores a los 1000 mm y temperaturas medias anuales mayores a los 25 °C; el subtropical cálido y húmedo de la costa norte, con un periodo de eventuales lluvias invernales y un verano con mayores precipitaciones que se incrementan con el

fenómeno El Niño; el glaciario, frío y seco de las punas y altas cordilleras andinas; el árido de la costa central y sur de los pisos inferiores andinos de las vertientes occidentales que además tiene una atmósfera húmeda; y el templado de los pisos intermedios y los valles interandinos (MIDAGRI, 2015, p. 1).

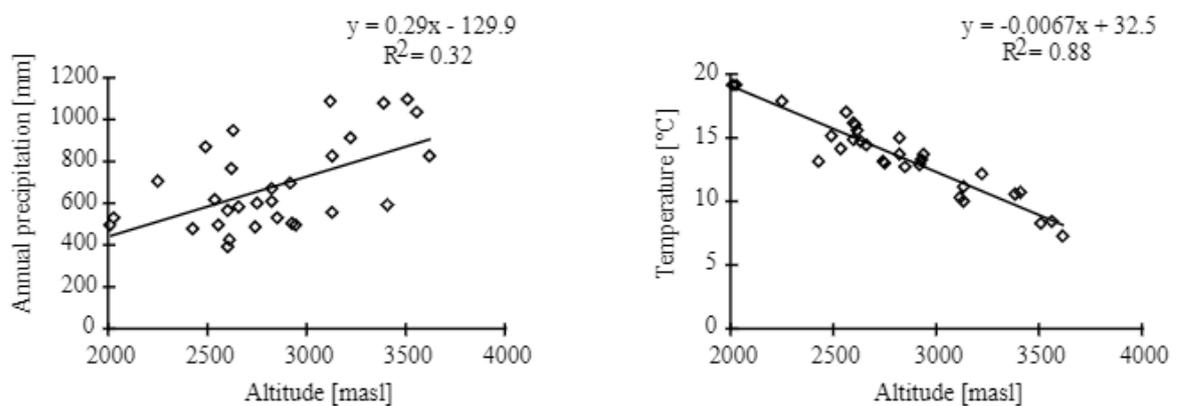
2.2.13. El clima de la cuenca del río Cajamarquino.

Los Andes de Cajamarca son semiáridos, esta región es el punto inicial entre los Andes secos del sur y centro del Perú y los Andes húmedos de Ecuador y Colombia. La cuenca del río Cajamarquino se ubica en la sierra norte del Perú, forma parte de la cuenca hidrográfica del río Amazonas, se caracteriza por presentar diferentes altitudes lo cual origina una fisiografía compleja y por lo tanto un clima variado. De forma general en esta Cuenca se puede determinar dos épocas bien marcadas, una época lluviosa que va desde octubre hasta abril y una época seca que va desde mayo hasta setiembre. Asimismo las precipitaciones se incrementan conforme se asciende en altitud a razón de 29 mm por cada 100 m, así tenemos que desde los 2000 m y hasta los 2500 m de altitud la precipitación total anual es menor a los 600 mm, desde los 2500 m hasta los 3000 m la precipitación anual se sitúa entre los 600 mm y 1000 mm y sobre los 3000 m de altitud la precipitación anual supera los 1000 mm. Sin embargo el paisaje (orientación y pendiente) influyen en la distribución espacial de las precipitaciones. Contrariamente la temperatura se reduce con la altitud a razón de 0,67 °C por cada 100 m de altitud, de acuerdo a esto las mayores temperaturas ocurren entre los 2000 m y 2200 m de altitud, donde las temperaturas mínimas pueden oscilar desde 12,1 °C hasta 15,0 °C y la temperatura máxima puede ser mayor a 27 °C; por el contrario las temperaturas más bajas se presentan en altitudes mayores a 3500 m, donde las temperaturas mínimas son menores a 3,0 °C y las temperaturas máximas son menores a 9,0 °C. Además es importante indicar que a lo largo del año en toda la Cuenca la

oscilación térmica (diferencia entre la temperatura máxima y mínima) es bastante significativa, sobre todo durante los meses de estiaje, donde las temperaturas mínimas descienden considerablemente y en zonas con altitudes mayores a 3000 m se presentan heladas meteorológicas, es decir temperaturas mínimas menores a 0 °C, como consecuencia de la pérdida de calor terrestre por irradiación durante la noche sobre todo cuando se tiene cielo despejado (Hijmans, De La Cruz y Zorogastúa, 1999, p. 7,8).

Figura 7

Relación de la altitud con la precipitación anual y la temperatura promedio anual en la cuenca del río Cajamarquino



Nota. Promedio de 30 estaciones. Adaptado de *Relación entre la altitud y la precipitación anual y la temperatura promedio anual en Cajamarca* (p. 8), por

Hijmans, De La Cruz y Zorogastúa, 1999, Academia

(https://www.academia.edu/6217286/Atlas_Digital_de_los_Recursos_Naturales_de_Cajamarca)

2.2.14. Variabilidad climática

Adger, et al. (2007, p. 720) menciona que la variabilidad climática son las modificaciones en los patrones de las variables climáticas como lluvia, temperatura o

viento, en todas las escalas temporales y espaciales. Se produce como consecuencia de procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a alteraciones provocadas por acciones antropogénicas (variabilidad externa).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2018) considera que el clima presenta ciclos o fluctuaciones de diferente duración a través del tiempo, así tenemos que en diferentes años los valores de las variables climatológicas, como la temperatura y la precipitación, fluctúan por encima o por debajo de un valor normal, que es el promedio de una variable climatológica en un período de tiempo no menor de 30 años; esta secuencia de oscilaciones se conoce como variabilidad climática y se determina mediante la diferencia resultante entre el valor de la variable climatológica y su valor promedio o normal climatológica. Tales fluctuaciones se originan por procesos que actúan en los diferentes componentes del sistema climático (p .14).

También se entiende como variabilidad climática, a los cambios sobre el clima que son consecuencia de fenómenos extremos, que hacen que los elementos que caracterizan el clima excedan significativamente a los promedios normales. Estos fenómenos extremos pueden ser: frentes fríos muy organizados, células estacionarias secas, células muy húmedas, huracanes, el fenómeno El Niño y La Niña (Serrano et al, 2012, p. 25).

2.2.15. Escalas de variabilidad climática

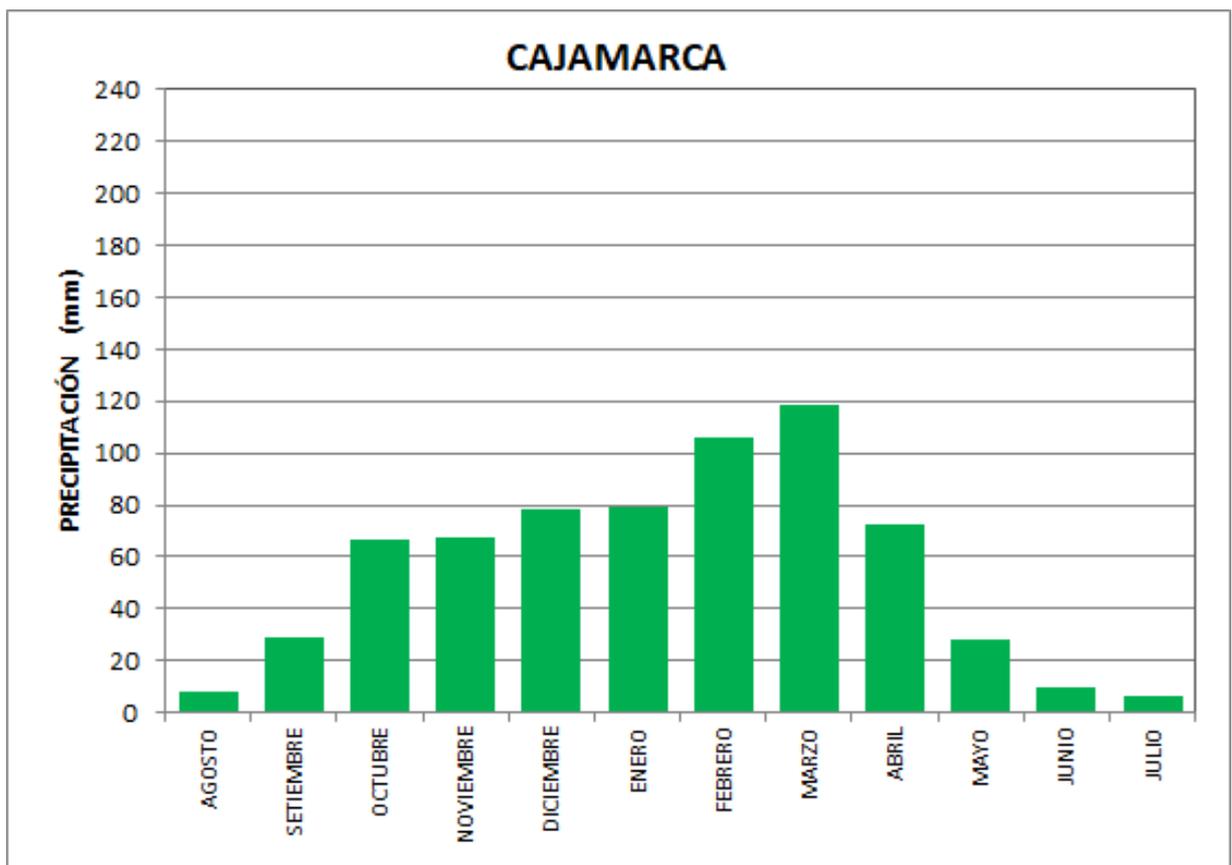
Montealegre (2004, p. 3) dice que el clima varía de manera natural en diferentes escalas de tiempo y espacio. Sin embargo por su influencia en los procesos atmosféricos, las fluctuaciones temporales más importantes son las siguientes:

- Variabilidad estacional. En esta escala están las fluctuaciones del clima a nivel mensual, debido a que los elementos climáticos presentan un ciclo anual, así tenemos

que en latitudes medias el clima cambia notoriamente con las estaciones de verano, invierno, otoño y primavera; no obstante en las zonas tropicales es notoria la presencia de una temporada lluviosa y otra seca. En esta escala de variabilidad el movimiento de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) es considerada como una de las más importantes fluctuaciones climáticas, porque sus movimientos explican un buen porcentaje de la variabilidad de las precipitaciones en Sudamérica tropical.

Figura 8

Variabilidad estacional de las precipitaciones durante el año en el valle de Cajamarca (período 1981-2010)



Nota. Adaptado a partir de las Normales decadales de temperatura y precipitación.

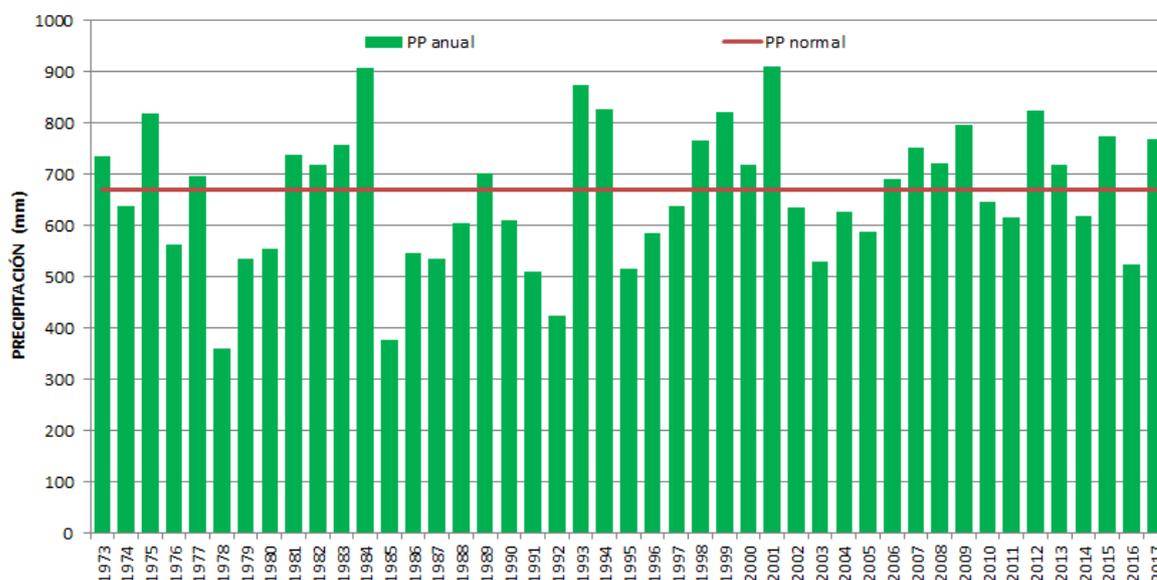
Calendario de siembras y cosechas Cajamarca

- Variabilidad intraestacional. Es una escala menor que la estacional pero mayor que la sinóptica (corresponde desde horas a pocos días), se produce porque dentro de las estaciones astronómicas ocurren fenómenos que alteran el comportamiento del clima, produciendo oscilaciones durante semanas o hasta dos meses. Este tipo de variabilidad es poco conocida, debido a que su amplitud es reducida en comparación con el ciclo anual. Uno de los tipos de variabilidad intraestacional son las oscilaciones denominadas 30-60 días, esta se ha detectado en la actividad convectiva en el Pacífico tropical oriental y en la precipitación de esta región y de la América tropical. Esta oscilación se asocia con las ondas de Madden-Julian, descubiertas en 1971 en el campo de la presión tropical.

- Variabilidad interanual. En esta escala se incluyen las oscilaciones que se presentan en las variables climatológicas durante cada año. Se puede notar cuando nos damos cuenta que las precipitaciones durante la estación lluviosa no es la misma todos los años, sino que oscila por encima o por debajo de lo normal. Generalmente la variabilidad climática incluida en esta escala está asociada a alteraciones en el balance global de radiación. Como ejemplo típico de variabilidad climática interanual tenemos a los fenómenos que ocurren dentro del ciclo El Niño Oscilación Sur (ENOS).

Figura 9

Variabilidad interanual de las precipitaciones en el valle de Cajamarca (1973-2017)



Nota. El gráfico representa la variabilidad interanual de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica Augusto Weberbauer. Adaptado de *cambio climático en la región Cajamarca*, 2017, SENAMHI

- Variabilidad interdecadal. En esta escala las fluctuaciones del clima se notan a nivel de décadas. Sin embargo la amplitud de estas oscilaciones son menores en comparación con la variabilidad interanual. Por este motivo este tipo de variabilidad no es percibida con facilidad por la población. Sin embargo, estas fluctuaciones de largo plazo influyen en la determinación de posibles tendencias en las variables climáticas a largo plazo.

2.2.16. Métodos para determinar variabilidad climática interanual.

Para determinar la variabilidad climática, los científicos emplean los promedios de aproximadamente 30 años de la variable a estudiar, los resultados se conocen como condiciones climáticas medias, climatología o normales climatológicas. En consecuencia, para saber la variación de un evento extremo o de un momento en

particular, se compara la normal climatológica con la media de un período de tiempo de la variable analizada (León, 2014, p 21).

Con este procedimiento se calcula la anomalía climática, que es la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio o normal, lo cual muestra que en diferentes años, los valores de las variables climatológicas (temperatura, precipitación, etc.) oscilan por encima o por debajo de lo normal. Por lo tanto la secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales, se conoce como variabilidad climática y su valoración se obtiene al calcular la anomalía (Montealegre, 2004, p. 6).

2.2.17. Normal climatológica

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI y MINAGRI 2013, p. 10) define a las normales climáticas como los valores promedios de las variables meteorológicas como la temperatura, humedad relativa, precipitación, viento, horas de sol, etc., calculados con los datos registrados durante un periodo largo y uniforme, generalmente mayor de 30 años. Estas normales pueden ser:

- Normales Decadales. Cuando se calculan medias para cada 10 días del mes, siendo las dos primeras décadas de 10 días y la tercera década del mes puede variar entre 8, 9, 10 u 11 días, según el número de días del mes.
- Normales Mensuales. Cuando se calculan medias para cada uno de los meses del año.

Asimismo la Organización Meteorológica Mundial en su reglamento técnico OMM-Nº 49, recomienda que el período de cálculo de una normal climatológica reglamentaria debe ser 30 años, que comprende desde un año que termina en 1 hasta un año que termina 0, además deben ser actualizadas cada diez años. Por lo tanto las normales reglamentarias de períodos consecutivos de 30 años deben considerar del 1 de enero de

1901 al 31 de diciembre de 1930, del 1 de enero de 1931 al 31 de diciembre de 2060 y así sucesivamente, para poder realizar comparaciones; sin embargo la OMM también señala que se pueden calcular normales climatológicas provisionales cuando las estaciones climatológicas no cuentan con datos de un período de 30 años; en ese caso se pueden calcular medias para períodos menores a 30 años, pero mayores a 10 años; de esta manera se pueden obtener normales de un mayor número de estaciones climatológicas. Además la OMM menciona que existen investigaciones que demuestran que ciertos parámetros climatológicos como la temperatura del aire, requieren de menos años para calcular una normal climatológica, no obstante la precipitación suele requerir más de 30 años de datos (OMM, 2011, p. 1).

En el año 2015, la OMM aprobó diversos cambios en la definición de normales climatológicas, los cuales han quedado indicados en el reglamento técnico OMM 2016, siendo el más importante el cambio de la definición de normal climatológica estándar, que ahora corresponde al período de 30 años más reciente que concluye en un año acabado en cero “0”, de acuerdo a esto las normales climatológicas estándar más recientes corresponderían al período 1981-2010; asimismo, a partir del 2021, las nuevas normales se calcularían para el período 1991-2020 (OMM, 2017, p. 1).

La finalidad de emplear las normales climáticas es por un lado servir de referencia para comparar observaciones recientes o actuales y permitir analizar varios grupos de datos climáticos en base a anomalías. Por otro lado, también se utilizan ampliamente para pronosticar las condiciones climáticas que ocurrirán en un lugar determinado siempre y cuando el clima no cambie significativamente de un año a otro (OMM, 2017, pp. 1 - 2).

2.2.18. Cálculo de una normal climatológica

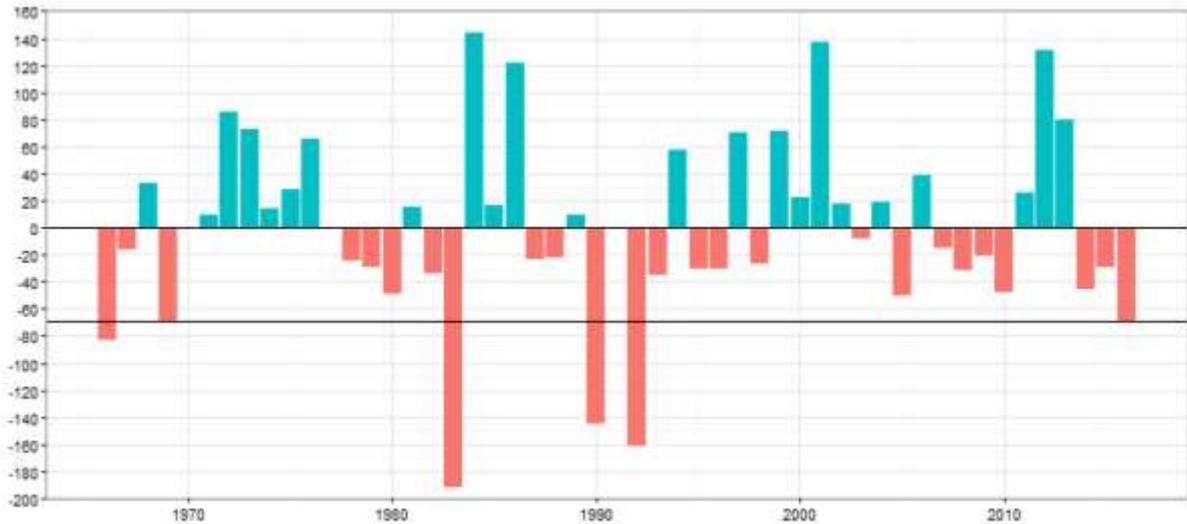
Para calcular una normal climatológica hay que considerar el tipo de parámetro climático, en el caso de las precipitaciones, el parámetro climático es una sumatoria porque se calcula los acumulados de los valores diarios registrados durante el mes; mientras que en el caso de las temperaturas, el parámetro climático es de promedio porque se calculan los promedios de los valores diarios registrados durante el mes. Por lo tanto las normales de precipitación se pueden calcular de forma mensual y anual. Las normales mensuales de precipitación se calculan promediando todos los valores no faltantes registrados durante el período del mes elegido. Las normales anuales de precipitación, o para períodos mayores a un mes, se calculan sumando las normales mensuales de los meses en cuestión (OMM, 2017, pp. 3 - 4).

2.2.19. Anomalía climática

Una anomalía climática es la desviación del valor de un elemento del clima con relación a su valor normal. Es decir es la diferencia entre el valor de un elemento climático en un lugar determinado y el valor medio de dicho elemento (Agencia Estatal de Meteorología de España-AEMET, 2018, p. 1).

Figura 10

Ejemplo de anomalías estandarizadas de precipitación para una zona de Perú



Nota. Tomado de *Evolución temporal de la anomalía estandarizada de precipitación promediada en Ene – Feb– Mar (EFM) sobre [74°W/18°S – 69°W/13°S]* (p. 6), por Febre, 2017, SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-56.pdf>)

2.2.20. Influencia del Niño Oscilación Sur (ENOS) y otros patrones climáticos en la variabilidad climática interanual.

Cunha et al. (2001) afirma que el fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS) es actualmente la principal fuente conocida de variabilidad climática a escala estacional e interanual, cuyos impactos se ven reflejados a escala mundial (p.137).

Según esto se sabe que la variabilidad climática en el noroeste de América del Sur está fuertemente influenciada por El Niño Oscilación de Sur (ENOS), caracterizado por un aumento de las temperaturas superficiales del Pacífico tropical que provoca alteraciones significativas en los patrones de circulación de vientos, presiones atmosféricas superficiales, precipitación y nubosidad sobre el océano Pacífico; de acuerdo con esto el ENOS presenta dos fases, la fase fría del ENOS se conoce como La

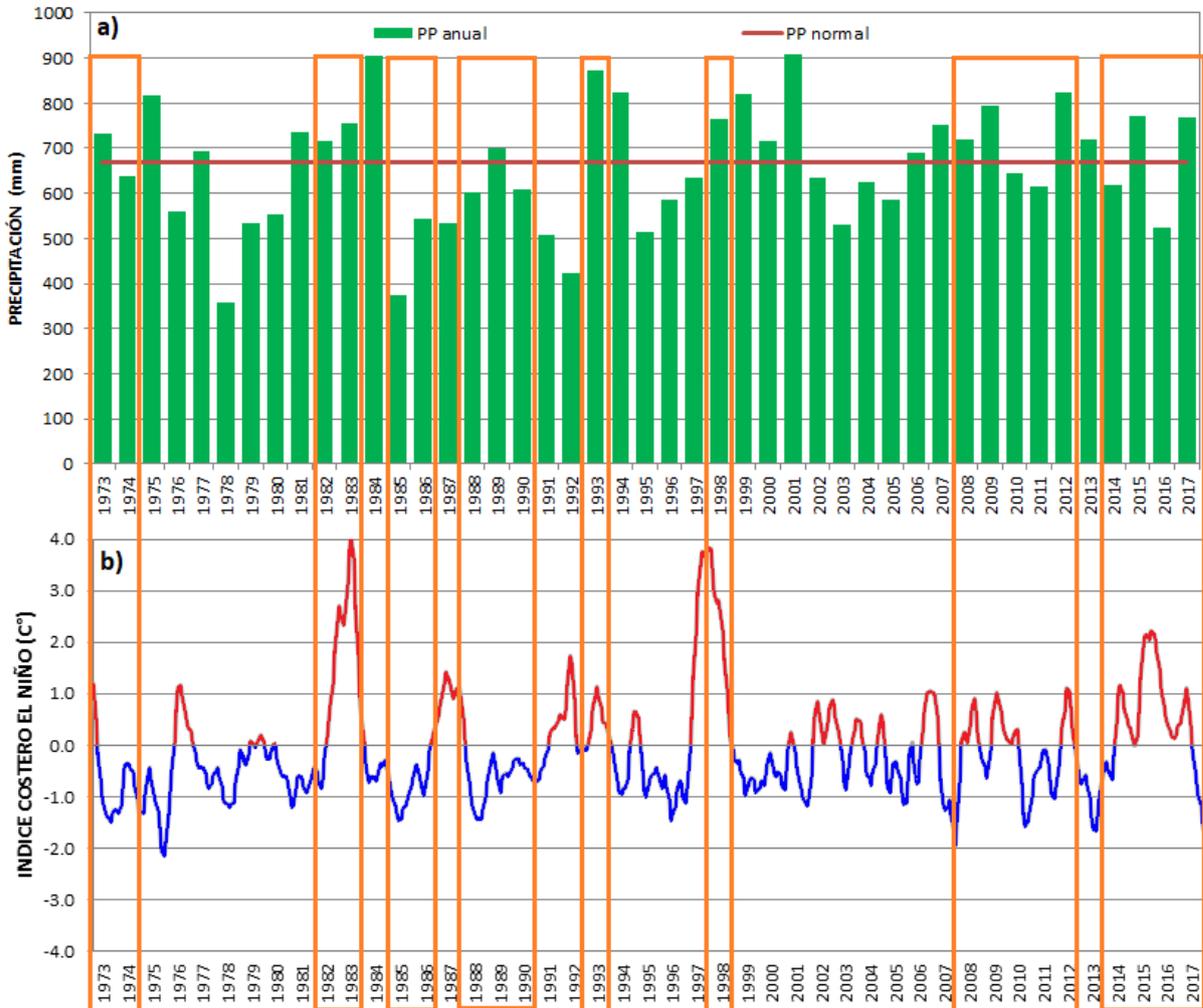
Niña y la fase cálida como EL Niño (Rojo & Carvajal, 2010, citado por Loaiza, Carvajal y Baquero, 2015, p. 560).

Takahashi et al (2011) señala que las anomalías de la Temperaturas Superficial del Mar (TSM), calculadas para el Pacífico centro y el Pacífico este, se pueden representar por el índice C y el índice E respectivamente, porque estos representan la variabilidad asociada a El Niño y La Niña, al evidenciar el calentamiento o enfriamiento del mar en estas zonas del océano Pacífico, también indica que el Índice E tiene mayor efecto en el clima de la costa peruana, pero el Índice C puede ser importante para el clima en la zona andina o amazónica del Perú, porque existen "teleconexiones" atmosféricas (p. 1).

Sin embargo el Comité Multisectorial para el Estudio del Fenómeno El Niño (ENFEN) utiliza el Índice Costero El Niño (ICEN), que se fundamenta en las anomalías de la TSM situado frente a la costa del Perú y Ecuador (región "Niño 1+2": 90°-80°W, 10°S-0°), para determinar la variabilidad ligada a El Niño y La Niña, especificando que este índice al igual que otros utilizados internacionalmente guardan relación con la variabilidad climática de la costa, la región andina y la selva del Perú (IGP, 2014, p. 8).

Figura 11

Comparación de la variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación MAP-Weberbauer y el Índice Costero El Niño (ICEN) para el período 1973-2018



Nota. Los valores mayores a +0,4 o menores a -1,0 indican ocurrencia del ENOS. Los recuadros naranjas muestran los años donde las precipitaciones anuales se relacionan con el ICEN.

a) Adaptado de *cambio climático en la región Cajamarca*, 2017, SENAMHI.

b) Adaptado de *información del Instituto Geofísico del Perú* [IGP], 2019, IGP

(<http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

Si bien es cierto que el ENOS es el evento que más influye en la variabilidad a escala global dentro de las escalas de tiempo interanuales, existen otros patrones climáticos de

macro escala que pueden ser una de las causas más relevantes de variabilidad espacial y temporal principalmente en las dinámicas costeras, estos patrones climáticos son representados por índices como la Oscilación del Ártico (AO), la Oscilación Anular del Sur (SAM), el fenómeno ENOS, el Southern Oscillation Index (SOI), el patrón Pacific North American Index (PNA), el Western Pacific Index (WP), el Eastern Pacific Oscillation (EP/NP), la North Atlantic Oscillation (NAO), el East Atlantic Index (EA), Caribbean SST Index (CAR), el patrón East Atlantic/Western Russia (EA/WR), el patrón escandinavo SCA, el Dipole Mode Index (DMI), la Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO), la Quasi-Biennial Oscillation (QBO), el Northeast Brazil rainfall (NBR), el North Tropical Atlantic SST Index (NTA), el Tropical North Atlantic Index (TNA), y el Tropical Southern Atlantic Index (TSA). Sin embargo, el ENOS es el más fuerte y predecible de los principales sistemas que influyen en la variabilidad climática, porque está vinculado con inundaciones, sequías y otros cambios en el clima en distintas regiones del mundo, especialmente en Sudamérica, Indonesia y Australia (CEPAL, 2015, p .150).

2.2.21. El Niño Oscilación Sur

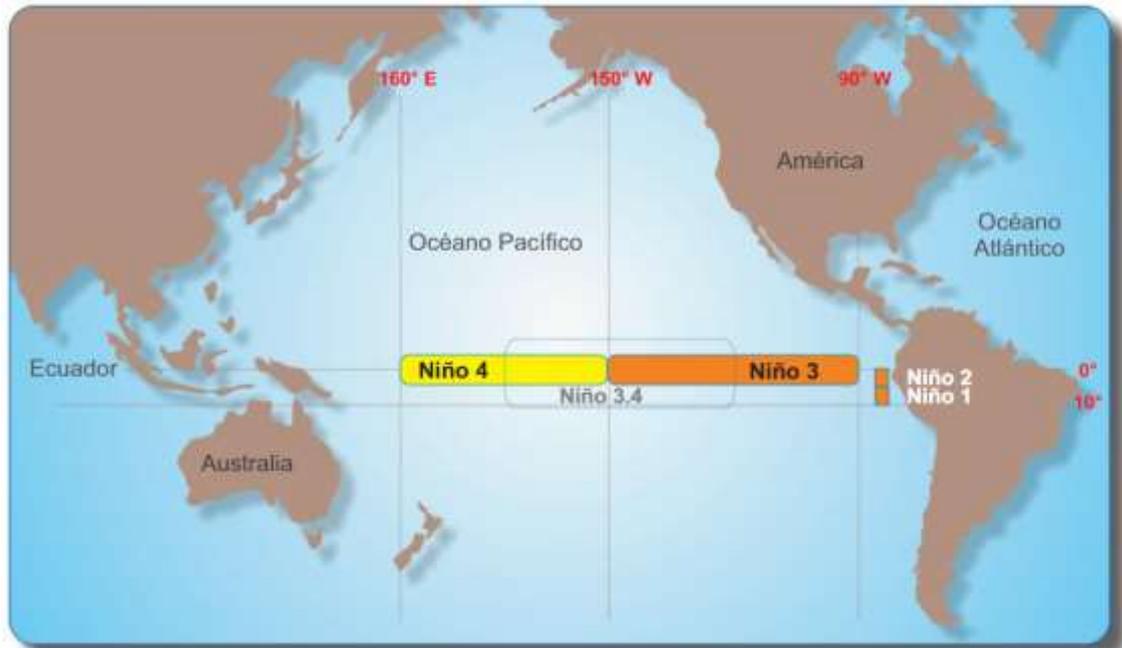
El Niño Oscilación Sur (ENOS) es un fenómeno natural de interacción entre el océano y la atmósfera que se produce en el océano Pacífico tropical, pero no de forma continua, sino en intervalos de 2 a 7 años aproximadamente, al ser un sistema, “El Niño” viene a ser la componente oceánica y la “Oscilación del Sur” es la componente atmosférica. Este fenómeno tiene dos fases, la fase cálida es conocida como “El Niño” y se produce cuando la TSM a lo largo del Pacífico tropical presenta anomalías positivas, es decir un calentamiento; la fase fría, conocida como “La Niña”, ocurre cuando la TSM en el Pacífico tropical presenta anomalías negativas, es decir un enfriamiento (Icochea y Olivera, 2003, p .1).

En SENAMHI (2014, p .18) se señala que con el objetivo de estudiar la manera como se desenvuelven los eventos El Niño y La Niña del ciclo ENOS a lo largo del océano Pacífico ecuatorial, se han considerado cuatro regiones de estudio. Así tenemos que de oeste a este estas regiones son: Regiones Niño 4, Niño 3, Niño 3.4 y Región Niño 1+2.

- Las regiones Niño 4 y 3 se ubican en el lado occidental del Pacífico y se caracterizan por presentar las máximas anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM).
- La región Niño 3.4 es una subregión comprendida entre las regiones Niño 4 y 3, en esta región se establece un buen indicador de la correlación entre la TSM y el Índice de Oscilación del Sur (IOS).
- La región Niño 1+2 se ubica en las costas de Perú y Ecuador, además de las islas Galápagos, los cambios en la TSM inducidos por El Niño intervienen directamente en los patrones de variabilidad de la costa del Pacífico de América del sur.

Figura 12

Las cuatro regiones del océano Pacífico utilizadas para monitorear El Niño Oscilación Sur



Nota. El mapa se ha adaptado de National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA).

Tomado de *El fenómeno El Niño* (p. 9), por SENAMHI, 2014

Para monitorear el ENOS, el Comité Multisectorial para el Estudio del Fenómeno El Niño (ENFEN) utiliza el Índice Costero El Niño (ICEN), el cual se calcula como la media corrida de tres meses de la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región "Niño 1+2" (90°-80°W, 10°S-0°) obtenida de los datos de TSM absoluta en tiempo real proporcionada por NOAA ERSST 3b, menos la media del periodo 1981-2010. Los valores del ICEN mayores a +0,4 o menores a -1,0 durante tres meses consecutivos indican la presencia del ENOS en el litoral adyacente a la costa peruana (IGP, 2014, p .9).

Tabla 2*Categorías de las anomalías de la TSM de acuerdo al ICEN*

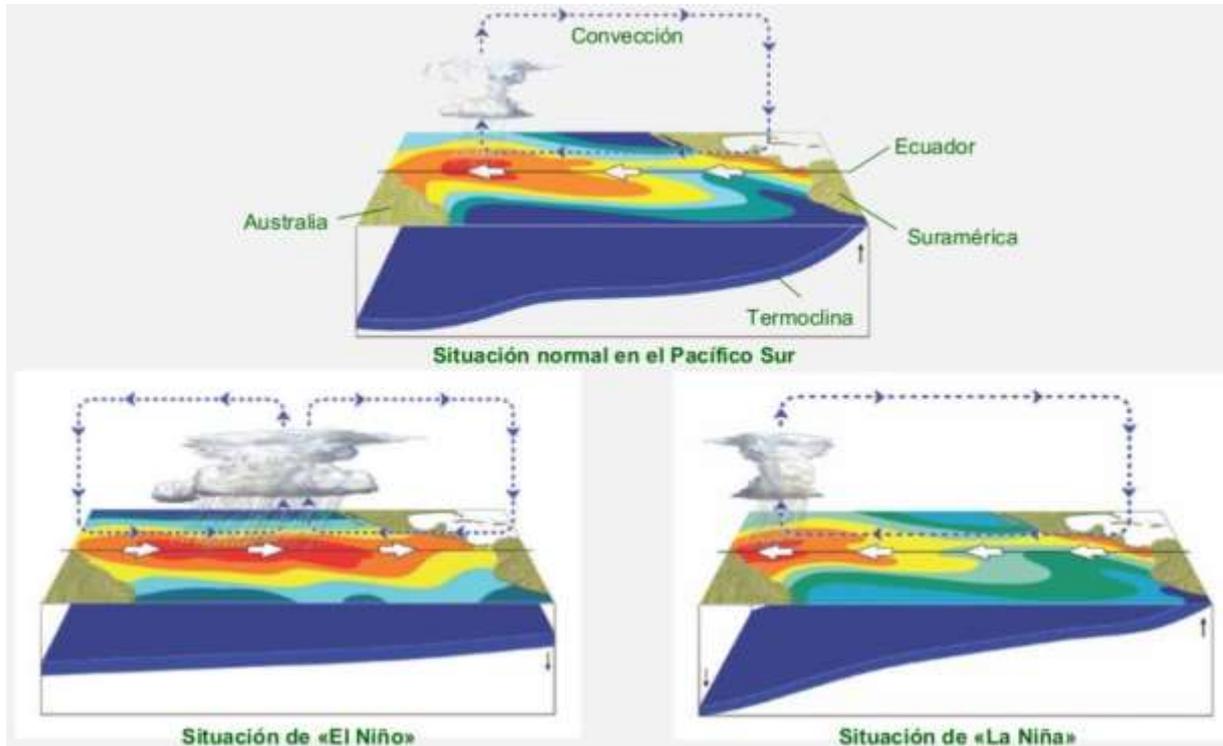
Categoría	Anomalías
Fría fuerte	Menor que -1,4
Fría moderada	Mayor o igual que -1,4 y menor que -1,2
Fría débil	Mayor o igual que -1,2 y menor que -1,0
Normal	Mayor o igual que -1,0 y menor que +0,4
Cálida débil	Mayor que +0,4 y menor o igual que +1,0
Cálida moderada	Mayor que +1,0 y menor o igual que +1,7
Cálida fuerte	Mayor que +1,7 y menor o igual que +3,0
Cálida extraordinaria	Mayor que +3,0

Nota. Adaptado de ENFEN, 2012, citado en IGP, 2014

Aunque el significado del fenómeno El Niño ha ido cambiando a lo largo de los años, en algunos países de Sudamérica como Perú y Ecuador, se denomina “El Niño” al incremento de la TSM en el litoral de la costa oeste de Sudamérica, lo que provoca lluvias intensas en la costa norte del Perú y sur de Ecuador, hasta hace unos años se consideraba como un fenómeno local; sin embargo, hoy se considera un fenómeno de escala global y el principal modulador de la variabilidad climática interanual en el mundo (SENAMHI, 2014, p .18).

Figura 13

El Niño Oscilación Sur en sus dos fases y condiciones océano atmosféricas normales en el Pacífico tropical



Nota. Adaptado de *El niño y la niña* (p .35), por Ruíz, 2015, Slideshare

(<https://es.slideshare.net/belenruiz14/36-recursos-hidricos>)

2.2.22. Sequía

López (s.f.) citado por Henríquez y Navarro (2011, p .27) consideran que el déficit hídrico es considerado como una sequía, no obstante, el déficit significa que existe una cantidad de precipitaciones inferior a la normal, también señala que la sequía se refiere a una disponibilidad de agua menor al 80% del promedio de los 20 años previos.

Lapinel y Baez (2006, p. 30) afirman que las sequías son un tiempo de condiciones meteorológicas secas y prolongadas, a tal punto que la falta de precipitaciones provoque un considerable desequilibrio hidrológico.

Gómez (2003) subraya que la sequía es una amenaza hidrometeorológica, que puede empeorar por acciones antropogénicas, hasta convertirse en una amenaza socio natural. La sequía se manifiesta como una carencia de precipitaciones en relación con las que normalmente ocurren, cuando se prolonga por mucho tiempo, es insuficiente para satisfacer las necesidades de agua, en consecuencia puede ocasionar impactos económicos, sociales y medioambientales negativos (p. 6).

González (2002) menciona que las sequías son en realidad el resultado de la unión de factores meteorológicos, humanos y físicos. Empieza con la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica), lo que provoca una carencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para suministrar la demanda existente, que desde el punto de vista de la agricultura (sequía agrícola), es una insuficiencia permanente y considerable de agua en una localidad donde existen cultivos o bosques, afectando el desarrollo normal de las plantas (p. 15).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2000) afirma que la sequía es una condición en la cual la disponibilidad de agua es escasa para completar las demandas de las poblaciones de plantas, animales y seres humanos que se encuentran condicionados por su modo de vida, distribución y aprovechamiento de la tierra (p. 118).

Marcos (2001) menciona que no hay una sola definición de sequía, porque la cuantificación de la deficiencia y el tiempo varían notablemente y además porque afectan diferentes tipos de sistemas, por eso las definiciones se agrupan en dos tipos: conceptuales, cuando no establecen umbrales de referencia y no toman en cuenta la realidad climática; operacionales, cuando precisan el momento de inicio, finalización e intensidad (p. 60).

2.2.23. Causas de las sequías.

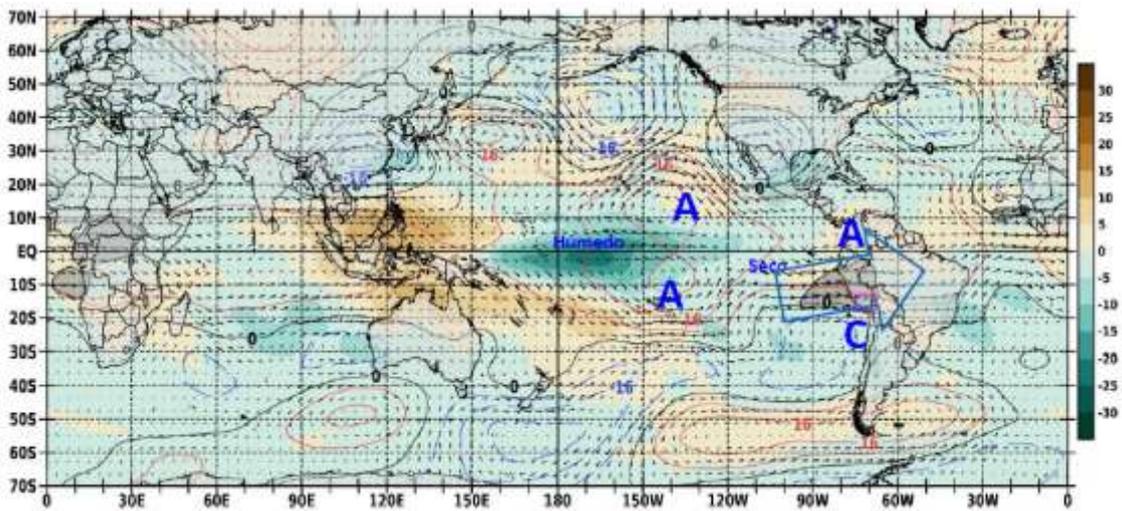
Las causas de las de la sequía se desconocen con precisión, pero se considera que en general se debe a modificaciones en los patrones de circulación atmosférica, ocasionada por el calentamiento desigual de la corteza terrestre y de las masas de agua; pero también se puede deber a la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el cambio de uso del suelo y en general a cualquier actividad humana que contribuye a la modificación de la atmósfera, y con ello de los patrones de precipitación (Velasco, Ochoa y Gutiérrez, 2005, p. 1,2)

En el Perú, Febre (2017), comprobó que en la sierra suroriental las sequías durante la temporada lluviosa están asociadas a una dorsal anómala posicionada sobre la ladera occidental de los Andes. Asimismo, este patrón de niveles medios se vinculó a un intenso repliegue de un domo cálido sobre el sur del país. Además también encontró que los eventos más importantes de sequías en esta región de la sierra, generalmente se asociaron a una condición “El Niño” (p. 12).

Endara et al. (2019) afirman que las sequías más intensas ocurridas en el Perú se han podido explicar por el calentamiento anómalo del océano Pacífico, debido al forzamiento remoto asociados principalmente a la dinámica tropical de los flujos zonales anómalos del oeste sobre los Andes del Perú, observándose un patrón de subsidencia que impidió las lluvias en la sierra sur durante el verano. Asimismo observaron que las sequías meteorológicas no necesariamente ocurrieron simultáneamente durante un fenómeno “El Niño” (pp. 12 - 26).

Figura 14

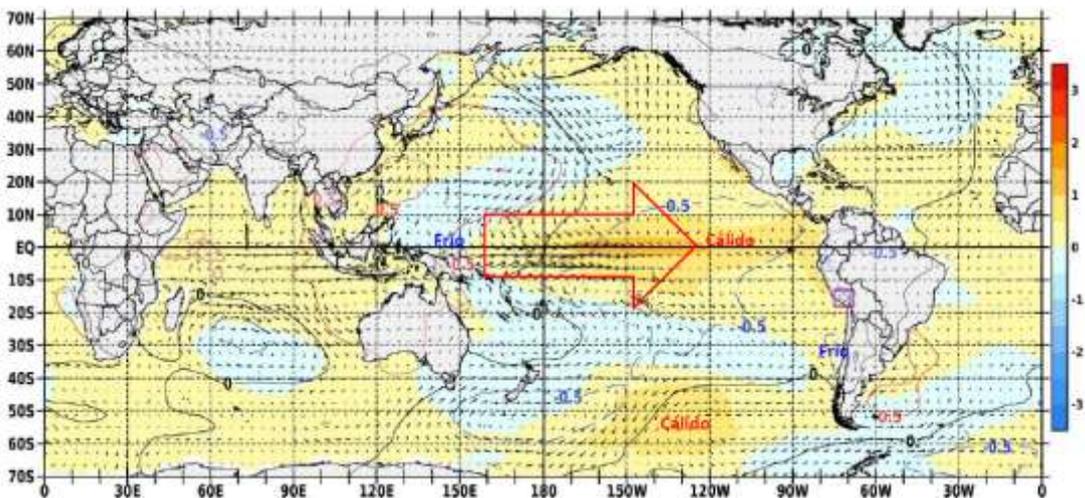
Anomalías de precipitación y viento promedio de alta atmósfera



Nota. Compuesto de anomalías para enero-febrero-marzo del agua precipitable (en mm) en matices de colores (verde-húmedo, naranja-seco) y viento promedio de alta atmósfera (aproximadamente 12 Km). La flecha de color muestra la componente zonal anómala del viento significativa (Uzonal>1 dev.std). Tomado de *Anomalías de precipitación y viento promedio de alta atmósfera* (p. 26), Endara et al., 2019, SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-78.pdf>)

Figura 15

Anomalías de la temperatura superficial del mar y viento promedio de baja atmósfera



Nota. Compuesto de anomalías para enero-febrero-marzo de la temperatura superficial del mar (°C) en matices de colores y viento promedio de baja atmósfera (aproximadamente 1 Km). La flecha de color rojo muestra la componente zonal anómala del viento significativa (Uzonal>1dev.std). Tomado de *Anomalías de temperatura superficial del mar y viento promedio de baja atmósfera* (p. 26), Endara et al., 2019, SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-78.pdf>)

2.2.24. Tipos de sequía.

Podestá et al. (2016) afirma que las sequías se identifican por sus impactos sobre distintos sistemas, como por ejemplo ecológicos, agrícolas, hídricos y económicos (p. 2).

Marcos (2001) menciona que algunos investigadores han categorizaron en cuatro grupos a las sequías, en relación con la disciplina científica desde la que se ha analizado el fenómeno y según el sistema al que han impactado: sequía meteorológica, sequía agrícola, sequía hidrológica y sequía socioeconómica (p. 60).

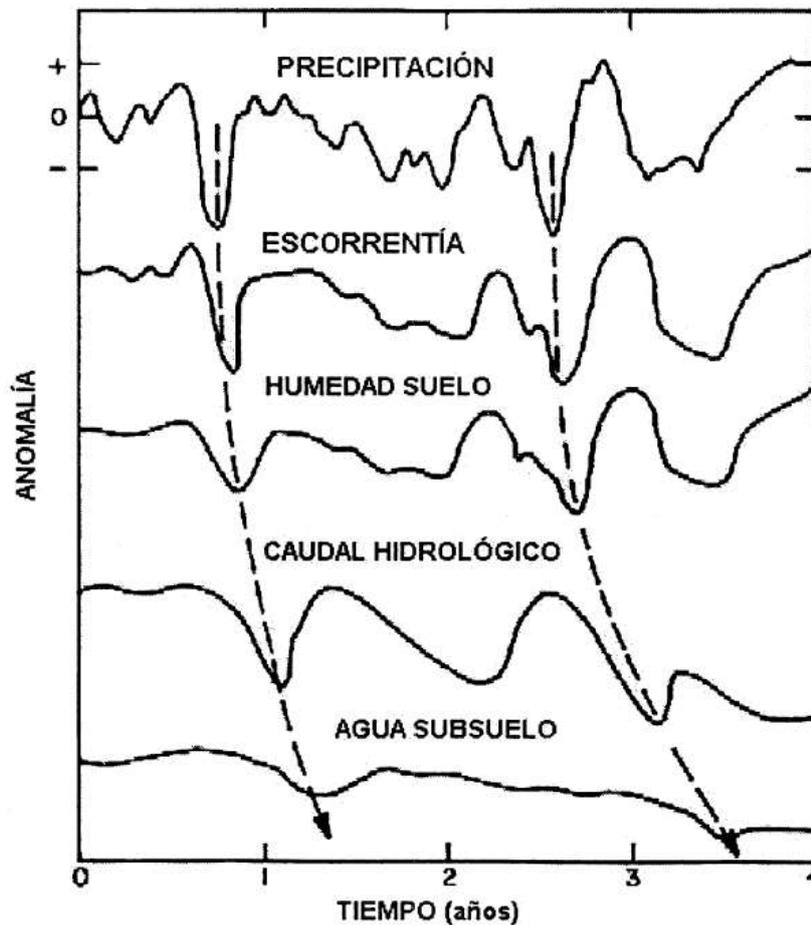
- Sequía meteorológica. Se produce por un déficit pluviométrico que se traduce como una desviación de la precipitación respecto a la media durante un período de tiempo determinado, aunque el período de tiempo es difícil de establecer debido a que este varía de acuerdo a las características del clima regional, así en algunas zonas como Indonesia, Gran Bretaña o Rusia períodos de 6 a 15 días con deficiencia de lluvias puede considerarse como una sequía, mientras que otras zonas como Libia, una sequía es definida cuando la deficiencia de lluvias se evalúa en forma anual. Existen investigadores que para definir una sequía meteorológica han utilizado además de las precipitaciones, los valores de evapotranspiración, pero este análisis ha traído confusiones cuando el déficit hídrico se produce por la estacionalidad de la zona y no tiene que ver con la ocurrencia de una sequía.
- Sequía agrícola. Se produce cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Debido a que cada cultivo necesita diferente cantidad de agua incluso puede variar a lo largo del desarrollo de una planta, es difícil establecer un umbral para definir a partir de cuándo se produce una sequía agrícola, esto porque este tipo de sequía no solo

depende del déficit de lluvias (sequía meteorológica) sino de otros factores como las características biológicas del cultivo y las propiedades físicas del suelo, porque si los niveles de humedad del suelo son suficientes como para satisfacer las necesidades de una planta durante el tiempo que se produce una sequía meteorológica, entonces no se producirá una sequía agrícola.

- Sequía hidrológica. Este tipo de sequía se refiere a una deficiencia en los caudales o volúmenes de agua superficial o subterránea; sin embargo las mediciones hidrológicas no pueden tomarse como indicadores para definir el inicio de una sequía hidrológica, pero sí de su intensidad, esto porque existe un desfase entre la escasez de lluvias o nieves y la reducción del caudal de ríos, lagos o embalses. Así pues a diferencia de la sequía agrícola que se produce luego de la sequía meteorológica, la sequía hidrológica puede producirse después de varios meses que inicia la escasez pluviométrica, inclusive si la deficiencia de lluvias no dura mucho tiempo, es difícil que ocurra una sequía hidrológica. Por lo tanto de acuerdo a la secuencia temporal las sequias se presentan de esta manera: sequía meteorológica, sequía agrícola y después sequía hidrológica.

Figura 16

Desfase temporal en la propagación de anomalías pluviométricas hacia los diversos niveles del ciclo hidrológico



Nota. Adaptado de Desfase temporal en la propagación de las anomalías pluviométricas hacia los diversos niveles del ciclo hidrológico (p. 62).

Entekhabi et al (1992), citado por Marcos, 2001, RUA

(<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/363/1/Marcos%20Valiente-Sequia.pdf>)

- Sequía socioeconómica. Se produce cuando la disminución de agua disminuye a tal punto que provoca daños económicos o personales en la población de la zona afectada por la escasez de lluvias. Actualmente debido a la fuerte presión que ejerce la población humana sobre el recurso hídrico, está originando que la sequía

socioeconómica sea mayor y afecte a mucha población, aun cuando la sequía meteorológica ha sido leve. Generalmente la sequía socioeconómica sucede a la sequía agrícola, pero en lugares donde la agricultura tiene un gran peso en la economía, por lo tanto su incidencia es más intensa e inmediata que en aquellas regiones desarrolladas donde existen otras actividades económicas importantes, por lo que en estas regiones el inicio de la sequía agrícola constituye el inicio de la sequía socioeconómica.

2.2.25. Parámetros que caracterizan la sequía

Podestá et al (2016, p. 3) considera que una sequía se puede caracterizar mediante 3 aspectos: magnitud, intensidad y duración.

- Intensidad. Promedio de valores del índice empleado para definir sequía, durante el período en el que el mismo está por debajo del umbral seleccionado.
- Magnitud. Es la sumatoria del déficit por debajo del umbral seleccionado durante el tiempo de la sequía. Se estima como el producto de la duración y la intensidad.
- Duración. Período de tiempo en el que el índice está por debajo del umbral seleccionado.

En todo caso también se puede definir como el número de días, semanas, meses o años consecutivos durante el cual la precipitación registrada es menor a la precipitación media de ese período (Marcos, 2001, p. 60).

Marcos (2001, p. 65) menciona que definir operativamente los diferentes tipos de sequía requiere precisar las características de los eventos secos, de acuerdo a esto citan a Burton et al. (1978) y dice que este define siete parámetros para caracterizar una sequía, uno independiente: magnitud; cuatro vinculados al tema temporal: duración, frecuencia,

velocidad de implantación y espaciamiento temporal; finalmente dos relacionados al tema espacial: extensión y dispersión espacial.

- Frecuencia. Es el número de eventos de deficiencia que ocurren durante un período de tiempo determinado.
- Velocidad de implantación. Es el tiempo que transcurre desde el momento que se inicia la deficiencia de precipitación y el momento en la cual el déficit alcanza su máximo valor.
- Espaciamiento temporal. Se refiere al tiempo que pasa entre sequías, lo que permite saber la regularidad o aleatoriedad del fenómeno y determinar una posible previsibilidad.
- Extensión. Se refiere al área total donde se produce la sequía o déficit hídrico.
- Dispersión espacial. Esta característica se refiere a la medida de la difusión de la anomalía de precipitaciones sobre la superficie terrestre.

2.2.26. Métodos cuantitativos de caracterización de la sequía meteorológica

Los métodos cuantitativos para caracterizar las sequías, son cálculos matemáticos que principalmente caracterizan la intensidad, la magnitud y la duración de los eventos secos, estos métodos toman en cuenta el cálculo de índices en función de indicadores, estos índices son diversos, algunos pueden ser complejos como el índice de Palmer, mientras que otros son sencillos como el porcentaje de precipitación normal (PPN), asimismo, algunos índices no pueden emplearse para caracterizar las sequías en todo el mundo, ejemplo el índice de Palmer (Marcos, 2001, p. 66).

2.2.27. Indicadores de sequía

Los indicadores son parámetros empleados para caracterizar las condiciones de las sequías, es decir de los períodos secos; en consecuencia se considera como indicadores de sequía a la precipitación, la temperatura, los caudales fluviales, los niveles de las aguas subterráneas y de los embalses, la humedad del suelo y el manto de nieve (OMM, 2016, p. 3).

2.2.28. Índices de sequía

Los índices son representaciones numéricas sistematizadas de la gravedad de las sequías, determinadas mediante datos climáticos o hidrometeorológicos. Son calculadas con el objetivo de analizar el estado cualitativo de las sequías en un tiempo determinado. Desde el punto de vista técnico, los índices también son indicadores y se utilizan para realizar un estudio cuantitativo de la gravedad, la localización, el desarrollo cronológico y la duración de los episodios de sequía. La gravedad de las sequías es la desviación de la normalidad de un índice con relación al valor normal. De acuerdo con esto, al determinar un índice de sequías es necesario establecer un umbral de gravedad a fin de determinar el momento en que una sequía ha iniciado, el momento en que ha finalizado y la zona geográfica afectada (OMM, 2016, p. 3).

Marcos (2001, p. 65) nombra hasta 13 índices para determinar y caracterizar la sequía meteorológica, aunque también menciona que todos no son aplicables para todos los lugares del mundo, estos índices son:

- Porcentaje de Precipitación Media (PPM).
- Cuantiles (quintiles, deciles y percentiles).
- Desviación Estandarizada de Precipitación (SDPI).

- Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI, Palmer Drought Severity Index).
- Índice Normalizado de Precipitación (NPI, Normalized Precipitation Index).
- Índice de Sequía Oferta Demanda (SDDI, Supply Demand Drought Index).
- Índice Nacional de Lluvia (RI, National Rainfall Index).
- Índice de Sequedad (SI)
- Coeficiente Hidrotérmico (HTC, Hydrothermal Coefficient).
- Índice de Anomalía de Precipitación (RAI, Rainfall Anomaly Index).
- Monitorización de Sequía (Drought Monitor).
- Precipitación Efectiva (EP, Effective Precipitation).
- Índice de Sequía (IS)

Sin embargo Podestá et al. (2016, p. 1) y el Centro Regional del Clima para América del Sur (CRC-SAS) recomiendan 5 índices para determinar sequías, porque cumplen con características deseables como el hecho de analizar las sequías para diferentes condiciones climáticas y para diferentes escalas temporales, entre otras. Estos 5 índices son:

- Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).
- Índice de Precipitación – Evapotranspiración Estandarizado (SPEI).
- Deciles de precipitación-
- Categorías de precipitación del INMET.
- Porcentaje de Precipitación Normal (PPN).

Es importante indicar que actualmente no existe una única definición de sequía, de igual forma no existe un índice o indicador que pueda atribuirse y ser aplicado a todos los tipos de sequía, regímenes climáticos y sectores afectados por las sequías (OMM 2016, p. 5).

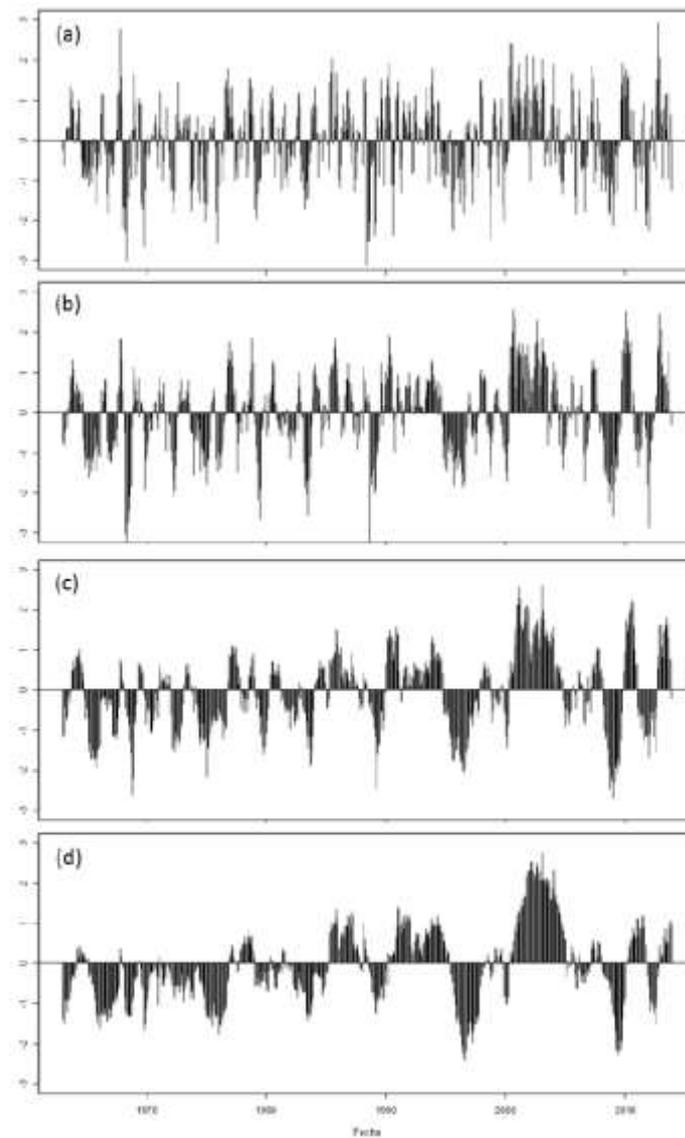
2.2.29. Características comunes de los índices de sequía

Podestá et al. (2016) considera que una de las características comunes de los índices de sequía es que la mayoría se basa en series mensuales de precipitación, es decir en el acumulado mensual de precipitación, algunos índices utilizan también datos de temperatura máxima y mínima promedio mensual, como es el caso del Índice de Precipitación-Evapotranspiración Estandarizado (SPEI). En todos los casos se recomienda que las series mensuales deben calcularse a partir de los datos diarios, los cuales deben estar preferiblemente completos, en todo caso se puede aceptar que en un mes falten como máximo 5 datos de temperatura, pero no consecutivos, y 3 datos de precipitación. También afirman que otra de las características comunes de los índices de sequía recomendados por el Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur (CRC-SAS) es que se pueden aplicar para todas las escalas temporales, es decir desde 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 y 48 meses, la escala temporal utilizada está en función del tipo de impacto y el sistema al que afectan; así tenemos que una escala corta de 2 y 3 meses, permite un mejor análisis de una sequía meteorológica y agrícola; mientras que una escala más larga como 2 y 6 meses, realiza un mejor análisis de los flujos de agua superficial; entretanto una escala de 6 a 24 meses se puede emplear para evaluar los niveles de la napa freática. En este sentido hay que tener en cuenta que en las escalas más cortas se observa mayor variabilidad del índice, mientras que las escalas más largas muestran un comportamiento más suavizado. Por ejemplo, si en un período seco se registran dos meses consecutivos con precipitaciones abundantes, los índices en las

escalas más cortas pueden tomar valores positivos, mientras que los índices en las escalas más largas continúan mostrando condiciones secas. En todo caso el análisis con escalas más largas evita cometer el error de considerar que una sequía ha finalizado, cuando realmente sólo ha ocurrido un período húmedo transitorio. Finalmente los valores de los índices de sequía están influenciados por el período de referencia, porque para calcular un índice de sequía generalmente es necesario estimar parámetros o cuantiles de la distribución empírica o teórica de precipitación correspondientes a un período de tiempo, pero la variabilidad climática es diferente en cada período, por lo que para evitar que estos parámetros o cuantiles cambien cuando se adhieren más datos a la serie es necesario trabajar con períodos fijos, porque los índices de sequía se vuelven más extremos cuando se trabaja con período de referencia más húmedos y viceversa (pp. 3 – 7).

Figura 17

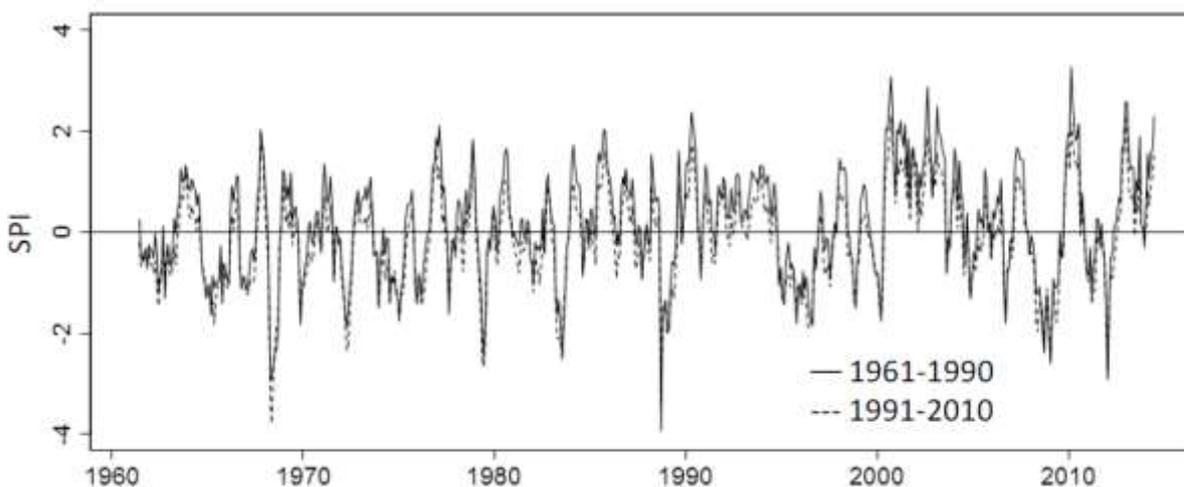
Ejemplo de un índice de sequía (SPI) para distintas escalas temporales



Nota. Adaptado de Índice de sequía (SPI) para distintas escalas temporales (a) 3, (b) 6, (c) 12 y (d) 18 meses, para la estación Buenos Aires, Argentina (p. 4), Podestá et al., 2016, CRC-SAS (https://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf)

Figura 18

Serie del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para una escala temporal de 6 meses



Nota. Adaptado de *Serie del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para una escala temporal de 6 meses en Buenos Aires, Argentina. El SPI se calcula usando dos períodos de referencia diferentes: 1) 1961-1990 (línea continua) y 2) 1991-2010 (línea punteada)* (p. 6), Podestá et al., 2016, CRC-SAS (https://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf)

2.2.30. Características deseables de los índices de sequía

Según Keyantash y Dracup (2002), citado por Podestá et al. (2016) un índice de sequía debería tener una serie de características deseables como: (1) robustez, es decir la habilidad del índice para analizar la sequía en un amplio rango de condiciones climáticas; (2) tratabilidad, es decir que el índice debe ser práctico; (3) transparencia, propiedad que representa la claridad en el objetivo y la base lógica detrás del índice; (4) sofisticación, que mide la complejidad del índice; (5) extensibilidad, es decir, la habilidad del índice para extenderse en el tiempo, de modo que posea un contexto histórico; finalmente (6) dimensionalidad, que mide la facilidad de comparar el índice espacial y temporalmente (p. 8).

2.2.31. Porcentaje de Precipitación Normal (PPN)

Podestá et al. (2016) afirma que el Porcentaje de Precipitación Normal (PPN) es uno de los índices de sequía más utilizado, porque es uno de los más sencillos de estimar y además porque su interpretación es rápida y sencilla. El PPN señala los períodos de escasez de precipitación, pero también muestra los períodos de exceso de precipitación (p. 9). El PPN es el cociente de la precipitación registrada en un período determinado (mes, trimestre, semestre o año) y la precipitación media o normal para el mismo período de tiempo determinado, a este resultado se debe multiplicar por 100 para expresar los resultados en porcentaje (Marcos, 2001, p. 66). Los valores porcentuales menores a 100 % indican déficit y los mayores a 100 % indican excesos; los valores próximos al 100 % sugieren valores cercanos al promedio histórico (Podestá et al. 2016, p. 8).

$$PPN = \frac{Pm}{Pn} \times 100$$

Fórmula 1

Donde:

PPN: Porcentaje de precipitación normal

Pm: Precipitación registrada para un período determinado

Pn: Precipitación normal para el mismo período

Pantoja, Díaz y Mendoza (2008), en su análisis sobre el “Impacto físico económico en Lambayeque asociados al intenso régimen hidrológico de la fase enero a mayo 2008” emplean el PPN para determinar anomalías de precipitación mensual; sin embargo, con la finalidad de facilitar la identificación de los períodos de exceso y déficit, consideran a la precipitación normal como el 100 %; entonces todo exceso da como resultado un porcentaje positivo y toda deficiencia resulta un porcentaje negativo (p. 37).

$$PPN = \left(\frac{Pm}{Pn} \right) - 1 \times 100 \quad \text{Fórmula 2}$$

Hurtado (1996) en su estudio sobre “Estadísticas de sequías y heladas meteorológicas en Colombia” utiliza un “Índice de Precipitación” para identificar los períodos secos y húmedos, que resulta de una modificación del PPN; en este caso el índice utilizado es el cociente de la diferencia de la precipitación registrada en el período y la precipitación normal, entre la precipitación normal (pp. 9 - 10).

$$IP = \left(\frac{Pm - Pn}{Pn} \right) - 1 \quad \text{Fórmula 3}$$

Donde:

IP: Índice de precipitación modificado a partir del PPN

Pm: Precipitación registrada para un período determinado

Pn: Precipitación normal para el mismo período

El PPN, al igual que otros índices como el SPI, se creó para calcular el déficit de precipitaciones para diferentes escalas temporales, estas reflejan el efecto de la sequía en la disponibilidad de los distintos recursos hídricos. Las condiciones de humedad del suelo responden a anomalías de precipitación en una escala temporal relativamente corta. Las aguas subterráneas, los caudales fluviales y el almacenamiento en reservorios reflejan las anomalías de precipitación a largo plazo. En la “Guía del Usuario del SPI” elaborada por la Organización Meteorológica Mundial, se hace énfasis principalmente al SPI, pero la discusión sobre escalas temporales se puede aplicar a cualquiera de los demás índices. Entonces de acuerdo con esto para estudiar la sequía meteorológica se debe emplear el PPN de 1 ó 2 meses; para estudiar la sequía agrícola se debe usar un PPN de 1 a 6 meses, y para analizar la sequía hidrológica se debe aplicar un PPN entre unos 6 y 24 meses o más (Podestá et al. 2016, pp. 3 - 4 y OMM, 2012, p. 6).

Para seleccionar la escala temporal adecuada para analizar una sequía hay que tener presente que en algunos lugares la precipitación es muy variable de un mes a otro, por eso una escala corta puede inducir a cometer interpretaciones erróneas al creer que una sequía ha finalizado, cuando realmente solo se trataba de un período húmedo transitorio que puede durar un mes o incluso hasta 3 meses, en medio de una sequía de larga duración (OMM, 2012, p. 8).

2.2.32. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI).

Este índice se desarrolló en 1992 en la Universidad del Estado de Colorado (Estados Unidos) por McKee y otros. Quienes presentaron su trabajo en la “8ª Conferencia sobre Climatología Aplicada”, celebrada en enero de 1993. La base de este índice es que se fundamenta en las relaciones de la sequía con la frecuencia, la duración y las escalas temporales (OMM, 2016, p. 14).

El SPI se sustenta en la probabilidad de precipitación para cualquier escala temporal. El cálculo del SPI para cualquier localidad requiere el registro de precipitaciones durante un largo período de tiempo. El cual se ajusta a una distribución de probabilidades y a continuación se transforma en una distribución normal de modo que el SPI medio para la localidad y el período deseado sea cero. Los valores positivos de SPI indican que la precipitación es mayor que la mediana, contrariamente los valores negativos, que es menor. La intensidad de la sequía se definió según la escala de la tabla 3, además también se definió que el evento de sequía comienza cuando los valores del SPI son continuamente negativos y alcanzan una intensidad de -1,0 o menor, finaliza cuando el SPI alcanza valores positivos (Edwards y McKee, 1997; citado en OMM, 2012, p. 4).

2.2.33. Categorías de sequía y excesos de precipitación según los índices de sequía.

Las categorías de sequía y de excesos de precipitación, según los índices: Porcentaje de Precipitación Normal (PPN), Índice de Precipitación modificado a partir del PPN (IP) e Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Categorías de sequía y excesos de precipitación

Categoría	PPN	IP	SPI
Sequía extrema	$0\% \leq \text{PPN} < 25\%$	$I < -0,6$	$\text{SPI} \leq -1,5$
Sequía severa	$25\% \leq \text{PPN} < 50\%$	$-0,6 < I < -0,4$	$-1,5 < \text{SPI} \leq -1,0$
Sequía moderada	$50\% \leq \text{PPN} < 75\%$	$-0,4 < I < -0,2$	$-1,0 < \text{SPI} \leq -0,5$
Normal	$75\% \leq \text{PPN} < 125\%$	$-0,2 < I < 0,2$	$-0,5 < \text{SPI} < 0,5$
Exceso moderado	$125\% \text{ PPN} < 150\%$	$0,2 < I < 0,4$	$0,5 \leq \text{SPI} < 1,0$
Exceso severo	$150\% \text{ PPN} < 250\%$	$0,4 < I < 0,6$	$1,0 \leq \text{SPI} < 1,5$
Exceso extremo	$\text{PPN} \geq 250\%$	$I > 0,6$	$\text{SPI} \geq 1,5$

Nota. Adaptado de Podestá et al. (2016) y Hurtado (1996).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Agua precipitable

Es un índice teórico que expresa la cantidad de agua, en altura o masa, que se obtendría y precipitaría, como resultado de la condensación de todo el vapor de agua que está en la atmósfera (Lanza, Cáceres, Adame y Hernández, 1999, p. 19).

2.3.2. Anomalía climática

Es la desviación del valor de un elemento meteorológico como temperatura, precipitación o humedad, con respecto al valor promedio de un período de tiempo mayor a 10 años (SENAMHI, 2017, p.12).

2.3.3. Cambio climático

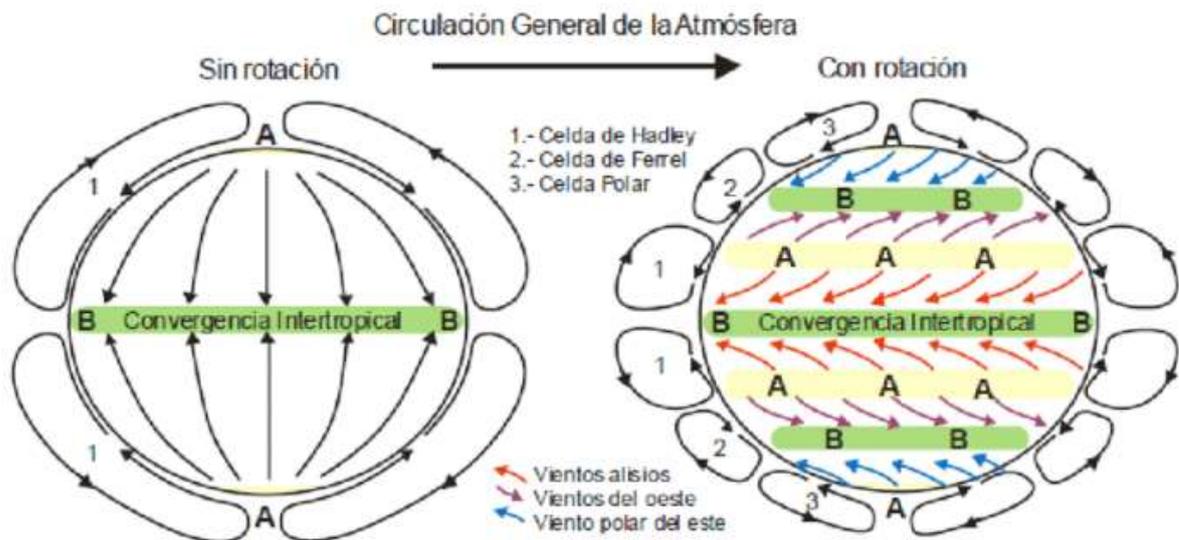
Es el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC, 1992). Desde otra perspectiva, el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) lo define como variaciones del valor medio del estado del clima, persistiendo por largos períodos de tiempo generalmente decenios o más años, y es atribuido a la variabilidad natural de la tierra o como consecuencia de las actividades humanas (IPCC, 2007, p. 89).

2.3.4. Circulación general de la atmósfera

Es el proceso que permite mantener un equilibrio térmico en el planeta al distribuir el exceso de energía que reciben las zonas tropicales hacia latitudes altas. La energía de la radiación solar produce todos los procesos meteorológicos y climatológicos que ocurren en la tierra; esta calienta la superficie terrestre y es la superficie terrestre la que calienta la atmósfera; sin embargo la radiación solar no incide de la misma forma sobre la tierra, esto produce que existan zonas que reciben más energía, como las zonas ecuatoriales, mientras otras que reciben menos, como las zonas polares. De este modo la superficie terrestre no transmite de forma uniforme el calor al aire que está sobre ella, en consecuencia se producen intercambios térmicos entre las zonas más calientes y las zonas más frías para restablecer el equilibrio, el aire caliente se desplaza hacia los polos y el aire frío hacia la zona ecuatorial, permitiendo modular y nivelar el clima de la tierra, generando la circulación general de la atmósfera (Chira, Rosas y Cabanillas, 2004, p. 38).

Figura 19

Representación esquemática de la circulación de la atmósfera para una Tierra homogénea sin y con rotación



Nota. Adatado de Representación esquemática de la circulación de la atmósfera para una Tierra homogénea sin y con rotación. A: alta presión y B: baja presión (p. 1),

Carrasco, 2017, Researchgate (https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Representacion-esquematica-de-la-circulacion-de-la-atmosfera-para-una-Tierra_fig1_314410466)

2.3.5. Clima

El clima son las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y período de tiempo determinados, las cuales se entienden a través de descripciones estadísticas de la variabilidad y las tendencias principales de elementos, como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos, o mediante combinaciones de elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos, que son característicos de un lugar, región, o de todo el mundo, durante cualquier período de tiempo (OMM 2011, p. 10).

2.3.6. Cuenca hidrográfica

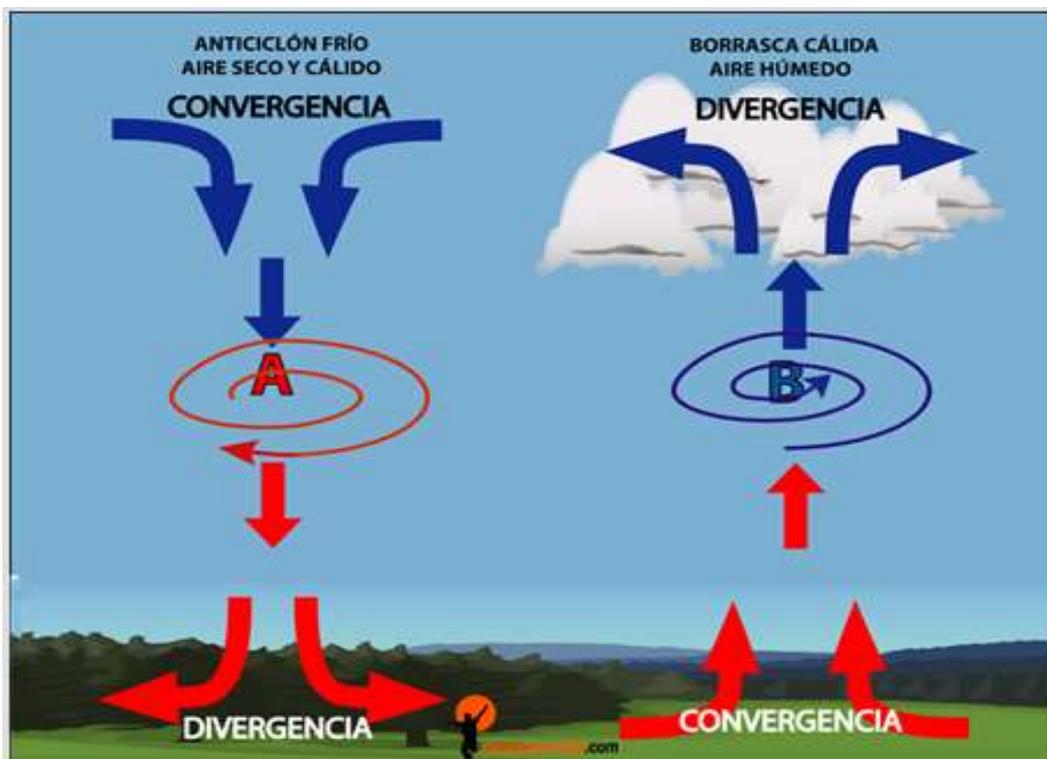
La cuenca hidrográfica es un territorio en el cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados (Sing 1989, citado en Ordoñez, 2011, p.12).

2.3.7. Divergencia.

Se produce cuando las corrientes de aire verticales, se dividen en dos sentidos diferentes (Chira, Rosas y Cabanillas, 2004, p. 38).

Figura 20

Representación esquemática de los flujos de aire verticales (convección u subsidencia) y horizontales (convergencia y divergencia).



Nota. Adaptado de *Divergencias y convergencias*, Asoc. Pasión por volar, 2015, Pasión por volar (<http://www.pasionporvolar.com/meteorologia-aeronautica-sistemas-de-presion-baja-y-alta/>)

2.3.8. Dorsal

Es la proyección central de una zona de alta presión, se caracteriza por la presencia de estados del tiempo despejados y por baja humedad en el ambiente (Chira, Rosas y Cabanillas, 2004, p. 71).

2.3.9. Estación Climatológica Ordinaria (CO).

Son ambientes donde se efectúan observaciones meteorológicas de tipo general, posee instrumental que le permite realizar observaciones de temperatura del aire y humedad relativa del aire, los cuales están instalados en el interior de una caseta o abrigo meteorológico, además también posee un pluviómetro para medir la precipitación, en algunos casos también tienen instrumental para realizar observaciones de velocidad y dirección del viento a 10 m de altura, evaporación y heliofanía, además también se realizan observaciones visuales de visibilidad y nubosidad (SENAMHI, 2005, p. 226; IDEAM, 2001, p. 10).

2.3.10. Estación Meteorológica Agrícola Principal (MAP).

Es una estación donde se realizan de manera simultánea observaciones meteorológicas y biológicas detalladas, además se efectúan investigaciones agrometeorológicas. Las observaciones biológicas realizadas permiten medir cualitativa y a veces cuantitativamente la respuesta de las plantas o animales a la variación de las condiciones meteorológicas, estas observaciones son: biométricas y fenológicas. Las observaciones meteorológicas efectuadas incluyen temperatura del aire y del suelo a diferentes niveles, humedad relativa del aire, presión atmosférica, evaporación, radiación solar, velocidad y dirección del viento a dos niveles de altura, precipitación, y observaciones visuales de visibilidad y nubosidad, entre otras (SENAMHI, 2005, pp. 204 - 227).

2.3.11. Estación de Propósitos Específicos (PE).

Son estaciones meteorológicas o meteorológicas agrícolas establecidas con carácter temporal y permanente, con el objetivo de realizar investigaciones de uno o varios elementos o de determinados fenómenos atmosféricos, en este caso las observaciones se realizan siguiendo un programa especial (SENAMHI, 2005, p. 226).

2.3.12. Helada radiativa

Son heladas que se producen en noches de cielo despejado por la pérdida de calor desde el suelo hacia la atmósfera por la ausencia de nubes y bajo contenido de vapor de agua (SENAMHI, 2010, p.12)

2.3.13 Normal climática

Las normales climatológicas son el valor medio de un elemento climático observado y registrado durante un período de tiempo mayor o igual a 30 años, utilizado para poder comparar las observaciones recientes y para calcular las anomalías que presentan un conjunto de datos (OMM, 2011, p .75).

2.3.14. Precipitación

Se considera agua meteórica que arriba hasta el suelo, por lo que la precipitación incluye básicamente a la lluvia, llovizna, nieve, granizo, rocío y escarcha (Sánchez, 2008, p .1).

2.3.15. Sequía

Es una deficiencia de precipitaciones con relación a lo normal, que cuando se extiende por un tiempo, es escaso para cubrir las demandas de las poblaciones (FAO, 2010, p. 117).

2.3.16. Series temporales

Son observaciones ordenadas según la secuencia temporal en que se efectuaron, lo que permite crear un gráfico de valores de datos trazado en función del tiempo, además es una herramienta cualitativa para calcular variaciones relacionadas con el tiempo (OMM, 2011. p. 73).

2.3.17. Subsistencia

Es el descenso de aire hacia niveles inferiores de la atmósfera, como consecuencia de aire mucho más denso que se ve obligado a moverse hacia abajo, lo que trae como consecuencia el desvanecimiento de las nubes y la presencia de cielos casi despejados con buen tiempo (Chira, Rosas y Cabanillas, 2004, p. 51).

2.3.18. Variabilidad climática

Son las oscilaciones del clima durante periodos o escalas relativamente cortas, que se calcula utilizando el registro de datos de una variable meteorológica y determinando cuanto por encima o por debajo de las normales climatológicas se encuentra un elemento que caracteriza el clima (Montealegre, 2004, p. 6; Vásquez, 2009, p. 1).

2.3.19. Variabilidad climática interanual

Son las oscilaciones que presentan los elementos del clima de año en año. La variabilidad climática, encuadrada dentro de esta escala, podría estar vinculada con modificaciones en el balance global de radiación. Un ejemplo típico corresponde a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño y La Niña - Oscilación del Sur (Montealegre, 2004, p. 3).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del estudio

La cuenca del río Cajamarquino posee una extensión de 2139 Km², forma parte del sistema hidrográfico del río Amazonas, está ubicada en la sierra norte del Perú, en la región de Cajamarca. Políticamente pertenece a las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba; en donde están incluidos 13 distritos: Cajamarca, La Encañada, Baños del Inca, Namora, Llacanora, Jesús, Matará, Pedro Gálvez, Gregorio Pita, Ichocán, Chancay, Eduardo Villanueva y Cachachi. Geográficamente se extiende del noroeste al sureste dentro de un cuadrángulo comprendido entre las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 4

Coordenadas UTM de la cuenca del río Cajamarquino. Sistema WGS 84. Zona 17 S

Coordenada	Norte	Este
1	9234047	788997
2	9211395	762427
3	9193911	826165
4	9169785	807271

La Cuenca presenta altitudes que van desde aproximadamente los 2000 m en el centro poblado La Grama, distrito Eduardo Villanueva, en la provincia de San Marcos; hasta los 4245 m, cerca al centro poblado San Nicolás de Challuagón, en el distrito de La Encañada, provincia de Cajamarca.

3.1.1. Clima

La diferencia de altitudes determina una fisiografía compleja y por lo tanto un clima variado y múltiple. De forma general en toda la Cuenca se define dos épocas bien marcadas, una época lluviosa y una época seca; sin embargo, los acumulados de precipitación son más abundantes conforme se asciende en altitud, contrariamente los promedios de temperatura descienden con la altura. Las temperaturas máximas oscilan poco durante el año, mientras que las temperaturas mínimas fluctúan más, siendo menores en los meses de estiaje y mayores en los meses lluviosos. Las precipitaciones muestran una notoria variabilidad anual, siendo febrero y marzo los meses más lluviosos, mientras que julio y agosto son los meses más secos.

Entre los 2000 m y 2500 m de altitud, se acumulan hasta 600 mm de precipitaciones en un año; entre los 2500 m hasta los 3000 m de altitud, se puede acumular entre 600 mm hasta 1000 mm de precipitaciones en un año y sobre los 3000 m de altitud, la precipitación anual supera los 1000 mm. Las temperaturas mínimas oscilan entre 12,1 °C y 15,0 °C y las temperaturas máximas pueden ser mayores a 27,0 °C, en aquellas zonas entre los 2000 m y 2500 m de altitud; por el contrario en localidades con altitudes mayores a 3500 m, las temperaturas mínimas son menores a 3,0 °C y las temperaturas máximas son menores a 9,0 °C, en estas localidades suele presentarse heladas meteorológicas en los meses de estiaje (Hijmans, de la Cruz y Zorogastúa, 1999, p. 7).

3.1.2. Hidrografía

El río Cajamarquino es un afluente del río Crisnejas que desemboca en el río Marañón y este a su vez en el río Amazonas; se forma por la unión de los ríos Mashcón y Chonta en una zona conocida como Huayrapongo, en el distrito de Los Baños del

Inca. Desde este punto hasta su desembocadura en el río Crisnejas tiene una longitud de 66,40 Km, presenta un caudal promedio de $6,55 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (SENAMHI, 2019a, p. 1).

El río Mashcón forma una micro cuenca de $270,07 \text{ Km}^2$ de área, se origina por la confluencia de los ríos Sambar y Porcón; sin embargo aguas abajo se le junta un importante tributario que es el río San Lucas, el cual cruza toda la ciudad de Cajamarca. Su cauce principal recorre una longitud aproximada de 21,05 Km con dirección noroeste-sureste, además presenta un caudal promedio de $1,84 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (SENAMHI, 2019b, p.1). El río Chonta forma una micro cuenca de $135,00 \text{ Km}^2$, nace en los cerros Carachugo y Chaquicocha, se origina por la unión de los ríos Azufre, Paccha y Quinuario, presenta un caudal promedio de $2,50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Aguas más abajo, al río Cajamarquino también se le une el río Namora que se forma por la unión del río Encañada y Tambomayo, en el distrito de La Encañada; su cauce principal hasta su desembocadura tiene una longitud de 24,70 Km y recorre en dirección norte a sur, presenta un caudal promedio de $4,63 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Otro importante tributario es el río Huayobamba, que nace en las alturas del distrito de Pedro Gálvez, al que se le junta el río Cascasén cerca de la ciudad de San Marcos; forma una microcuenca de $344,60 \text{ Km}^2$, su cauce principal también recorre de norte a sur y tiene una longitud aproximada de 33,56 Km.

3.2. Materiales y equipos

Materiales

- Registros de precipitación diaria del período 1981-2018.
- Registros de producción de maíz choclo, maíz amiláceo y papa del período 1998-2018.
- Libreta de apuntes.
- Fichas de recolección de datos.

- Lapicero, lápiz y borrador.

Equipos

- Hardware: Laptop.
- Softwares: Hoja de cálculo EXCEL, Sistema de Información Geográfica: Q Gis.
- Memoria USB.
- Impresora.

3.2.1. Unidad de análisis, población y muestra

La unidad de análisis fueron los datos de precipitación mensual de las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

La población estuvo conformada por la serie de datos de precipitación de todas las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino. En la tabla 5, se muestran las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino con su ubicación política y geográfica.

Tabla 5

Ubicación de estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino

N°	Nombre	Categoría	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM (17 M)			Récord de información
					Norte	Este	Altitud (m)	
1	La Encañada	Climatológica	Cajamarca	La Encañada	9211782	794587	2977	1997-2018
2	Ex Hospital	Met. Automática	Cajamarca	Cajamarca	9208333	774582	2720	2013-2018
3	Augusto Weberbauer	Climatológica	Cajamarca	Cajamarca	9206978	776879	2675	1973-2018
4	UNC-Cajamarca	Met. Automática	Cajamarca	Cajamarca	9206978	776879	2675	2009-2018
5	La Victoria	Climatológica	Cajamarca	Cajamarca	9204336	780574	2636	1974-2018
6	Aylambo	Climatológica	Cajamarca	Cajamarca	9204115	774978	2907	1974-2018
7	Namora	Climatológica	Cajamarca	Namora	9203204	795123	2757	1963-2018
8	Sondor	Climatológica	San Marcos	Gregorio Pita	9199122	807835	2904	1969-2018
9	Jesús	Climatológica	Cajamarca	Jesús	9198253	788400	2562	1994-2018
10	San Marcos	Climatológica	San Marcos	Pedro Gálvez	9189611	812191	2290	1965-2018
11	San Marcos	Met. Automática	San Marcos	Pedro Gálvez	9189611	812191	2290	2001-2018
12	Cachachi	Climatológica	Cajabamba	Cachachi	9175451	801503	3225	1964-2018

La muestra de este estudio estuvo constituida por los datos de precipitación del período 1981 – 2018 correspondiente a las estaciones representativas de la cuenca del río Cajamarquino; no obstante para algunas estaciones se utilizó el período de información disponible. En la tabla 6 se muestra la relación de estaciones meteorológicas representativas consideradas para el análisis de variabilidad y sequías, así como el período de la muestra.

Tabla 6

Ubicación de estaciones representativas de la cuenca del río Cajamarquino

N°	Nombre	Categoría	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM (17 M)			Período de la muestra
					Norte	Este	Altitud (m)	
1	La Encañada	Climatológica	Cajamarca	La Encañada	9211782	794587	2977	1998-2018
2	Augusto Weberbauer	Climatológica	Cajamarca	Cajamarca	9206978	776879	2675	1981-2018
3	Namora	Climatológica	Cajamarca	Namora	9203204	795123	2757	1981-2018
4	Sondor	Climatológica	San Marcos	Gregorio Pita	9199122	807835	2904	1993-2018
5	Jesús	Climatológica	Cajamarca	Jesús	9198253	788400	2562	1994-2018
6	San Marcos	Climatológica	San Marcos	Pedro Gálvez	9189611	812191	2290	1981-2018
7	Cachachi	Climatológica	Cajabamba	Cachachi	9175451	801503	3225	1981-2018

3.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

3.3.1. Tipo de investigación

El estudio fue descriptivo, correlacional y documental.

Es descriptivo porque describe las variables por medio de mediciones realizadas en su ambiente natural, justo como se presentan al momento de su observación.

Es correlacional porque el estudio muestra o examina la relación entre variables o resultados de estas variables.

Es documental porque la información analizada en el estudio, se ha obtenido de la consulta de documentos escritos a partir de los cuales se ha establecido relaciones y diferencias. Estos documentos constituyen las planillas climatológicas.

3.3.2. Diseño de investigación

La investigación tuvo un diseño no experimental, porque no se manipularon las variables debido a que estas se obtuvieron tal y como se presentaron en el ambiente.

3.4. Métodos

Los diferentes métodos empleados para lograr los objetivos de la investigación se agrupan en tres etapas:

Etapa de recolección de datos

Durante esta etapa se recolectaron datos de precipitación diaria de 7 estaciones meteorológicas pertenecientes al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI); información necesaria para realizar los análisis de variabilidad climática y cálculo de sequías.

También se recolectaron los datos de la producción anual de maíz amiláceo, maíz choclo y papa, de los distritos de la cuenca del río Cajamarquino, correspondientes al período 1998 – 2018; los cuales fueron proporcionados por la Dirección Regional de Agricultura de Cajamarca (DRAC). Con esta información se analizó el efecto de la ocurrencia de sequías en la producción agrícola.

Etapa de procesamiento de datos

En esta etapa se realizó un análisis de consistencia de los datos de precipitación para verificar su homogeneidad y detectar posibles errores; asimismo se elaboraron series temporales de datos de precipitación para proceder a realizar su análisis.

Además se calcularon las normales climatológicas empleando los datos de precipitación del período 1981 -2010; sin embargo para aquellas estaciones que no contaban con información de este período, se calculó las normales con la información disponible.

Etapa de análisis de datos

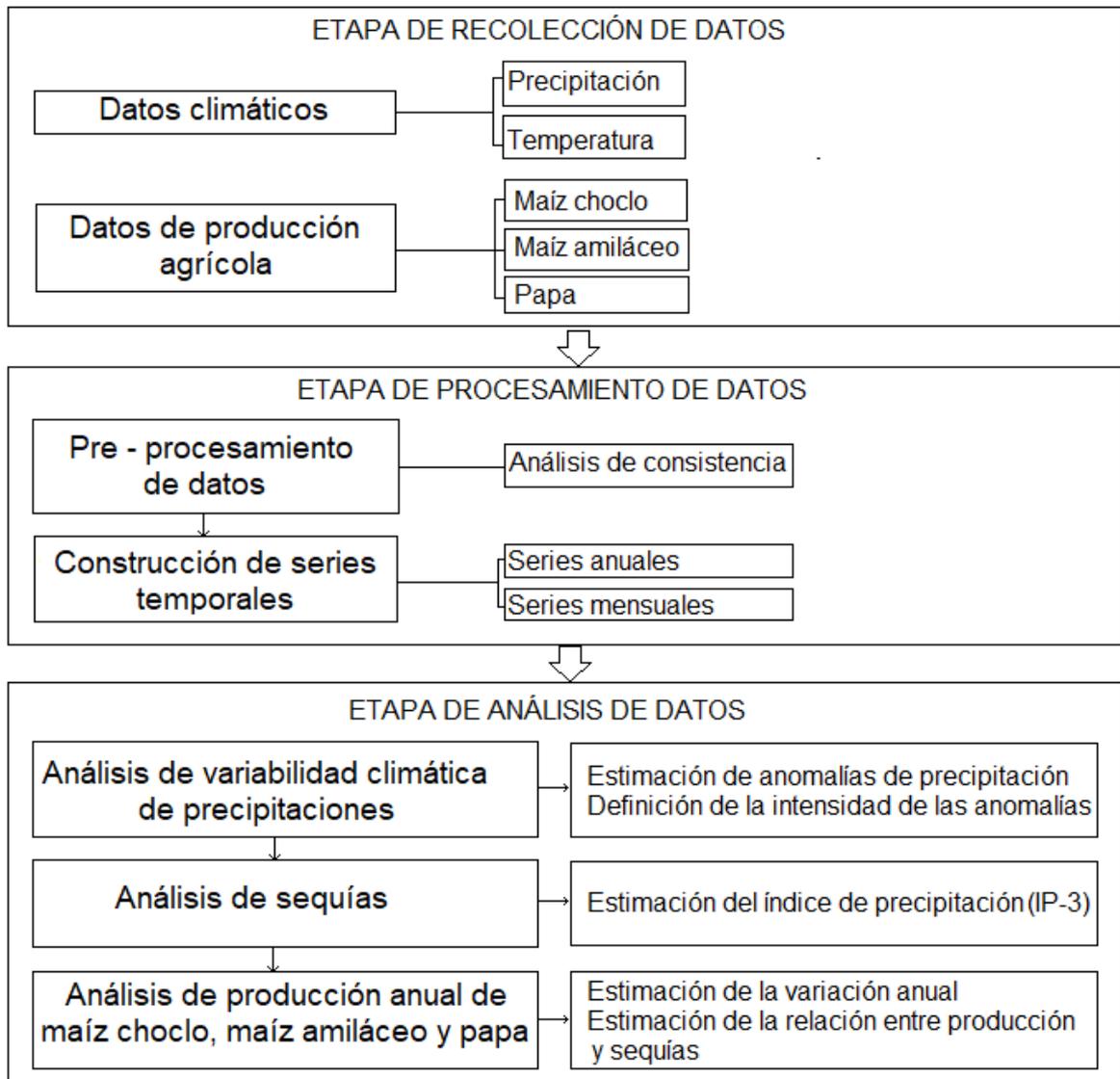
En esta etapa se realizó un análisis de variabilidad climática interanual empleando las series anuales de precipitación del período 1998 - 2018. También se efectuó un análisis de sequías utilizando las series mensuales de precipitación.

Posteriormente se calculó la correlación entre la variabilidad climática y la ocurrencia de sequías.

Finalmente se analizó la producción anual de los cultivos de maíz amiláceo, maíz choclo y papa en la cuenca del río Cajamarquino con relación a su promedio y se estimó la correlación entre la ocurrencia de sequías y la producción anual de estos cultivos, para evaluar el efecto de las sequías en la producción agrícola.

Figura 22

Esquema metodológico de la investigación y sus etapas



3.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos de precipitación utilizados en este estudio provienen de los registros climatológicos, también llamados “Planillas Climatológicas”, que forman parte de los archivos del SENAMHI; esta información climatológica se generó en la red de estaciones climatológicas de la cuenca del río Cajamarquino, a través de observaciones diarias realizadas por los observadores meteorológico de SENAMHI. Los datos de

precipitación consignados en las “Planillas Climatológicas del SENAMHI” se obtuvieron mediante mediciones diarias realizadas en dos horarios, el primer horario de medición se realizó a las 07:00 horas y el segundo horario de medición se efectuó a las 19:00 horas, empleando como instrumento de medición un pluviómetro tipo Hellman de 200 cm² de área y 16 cm de diámetro, el cual está instalado a 1,20 m del suelo.

En este estudio se utilizaron datos de precipitación mensual de 7 estaciones meteorológicas con un registro histórico que comprende el período de enero de 1981 hasta diciembre de 2018. No obstante algunas estaciones meteorológicas no contaban con información de ese período, por lo que se utilizó el período de información disponible.

3.4.2. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Para realizar los análisis de variabilidad climática se utilizaron series anuales de datos de precipitación; asimismo para determinar la ocurrencia de sequías se emplearon series mensuales de precipitación. Ambas series temporales de precipitación fueron sometidas a un control de calidad mediante un análisis de consistencia, donde no se encontró errores significativos en la información de precipitación.

Los datos de precipitación mensual, se tabularon en orden cronológico, luego se elaboraron tablas y figuras, utilizando el programa EXCEL; con estos resultados se realizó un análisis según las variables de estudio y los objetivos de la investigación.

Análisis de la variabilidad climática interanual y estacional de las precipitaciones

Se realizó un análisis de variabilidad climática estacional mediante la elaboración de climogramas, los cuales permitieron observar la oscilación estacional de las temperaturas y de la precipitación a lo largo del año, además se identificó los períodos

lluviosos y secos del año en las estaciones climatológicas, relacionando numéricamente el doble de la temperatura media mensual con el valor de las precipitaciones mensuales; estableciendo que los meses son lluviosos cuando el doble de la temperatura media mensual ($2T_{MED}$) es menor a la precipitación mensual; contrariamente los meses son secos donde el doble de la temperatura media mensual es mayor a la precipitación mensual.

También se realizó el análisis de variabilidad interanual empleando las series anuales de precipitación, para lo cual se calcularon los acumulados anuales de precipitación sumando los acumulados mensuales, tal como se observa en la figura 23.

Figura 23

Ejemplo de cálculo de las series anuales de precipitación a partir de las series mensuales de precipitación

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	$\sum X_i$
1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22	111.5	45.6	111.3	735.7
1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4	717.1
1983	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4	756.9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2017	77.5	72.3	138.9	78.6	47.2	12	2.3	20.9	21.2	65.3	63.2	168.1	767.5
2018	99	126.4	117.3	73.3	50.1	10.8	0.5	0	24.4	61.8	97.4	69.4	730.4

Posteriormente se calcularon las anomalías anuales de precipitación comparando los acumulados anuales de precipitación con las normales climatológicas anuales de precipitación, las cuales fueron calculadas para el período 1981 – 2010, siguiendo la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de normales climatológicas reglamentarias, sin embargo para las estaciones meteorológicas que no contaban con información meteorológica de este período, se obtuvieron las normales climatológicas provisionales utilizando la información disponible, es decir para períodos de tiempo menores a 30 años (OMM, 2011, p. 73).

Las anomalías anuales de precipitación se estimaron empleando el Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN), el cual fue modificado para facilitar la identificación de los períodos de exceso mediante un porcentaje positivo, así como los períodos de déficit a través de un porcentaje negativo. El PPN modificado se calculó mediante la siguiente fórmula que considera a la precipitación normal como el 100 %:

$$a = \left[\left(\frac{Pa}{Pn} \right) - 1 \right] 100 \quad \text{Fórmula 4}$$

Donde:

a: Anomalía anual de precipitación en porcentaje

Pa: Precipitación total anual en milímetros

Pn: Precipitación normal en milímetros

Seguidamente se determinó la variabilidad interanual de las precipitaciones utilizando las anomalías de precipitación, las cuales identificaron los períodos de exceso y de déficit de precipitaciones con respecto a lo normal. Para definir la intensidad de las anomalías de precipitación, se construyó una escala a partir del “Índice de Precipitación” (IP) adaptado en función del Porcentaje de Precipitación Normal (PPN) y utilizado por Gonzalo Hurtado en 1996 para estudiar las sequías meteorológicas en Colombia, la cual se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7

Rango de anomalías de precipitación (AP) elaborado a partir del índice de precipitación (IP) en porcentaje

Anomalía	Clasificación
AP > 60%	Exceso extremo
60% > AP > 40%	Exceso intenso
40% > AP > 20%	Exceso moderado
20% > AP > -20%	Situación normal
-20% > AP > -40%	Déficit moderado
-40% > AP > -60%	Déficit intenso
AP < -60%	Déficit extremo

Con los resultados del análisis de variabilidad interanual de las precipitaciones, se identificó los años con un comportamiento normal, los años con exceso de precipitaciones y los años con deficiencia de precipitaciones; caracterizando y clasificando cada año de acuerdo a su rango de anomalía, tal y como se ve en el ejemplo de la figura 24.

Figura 24

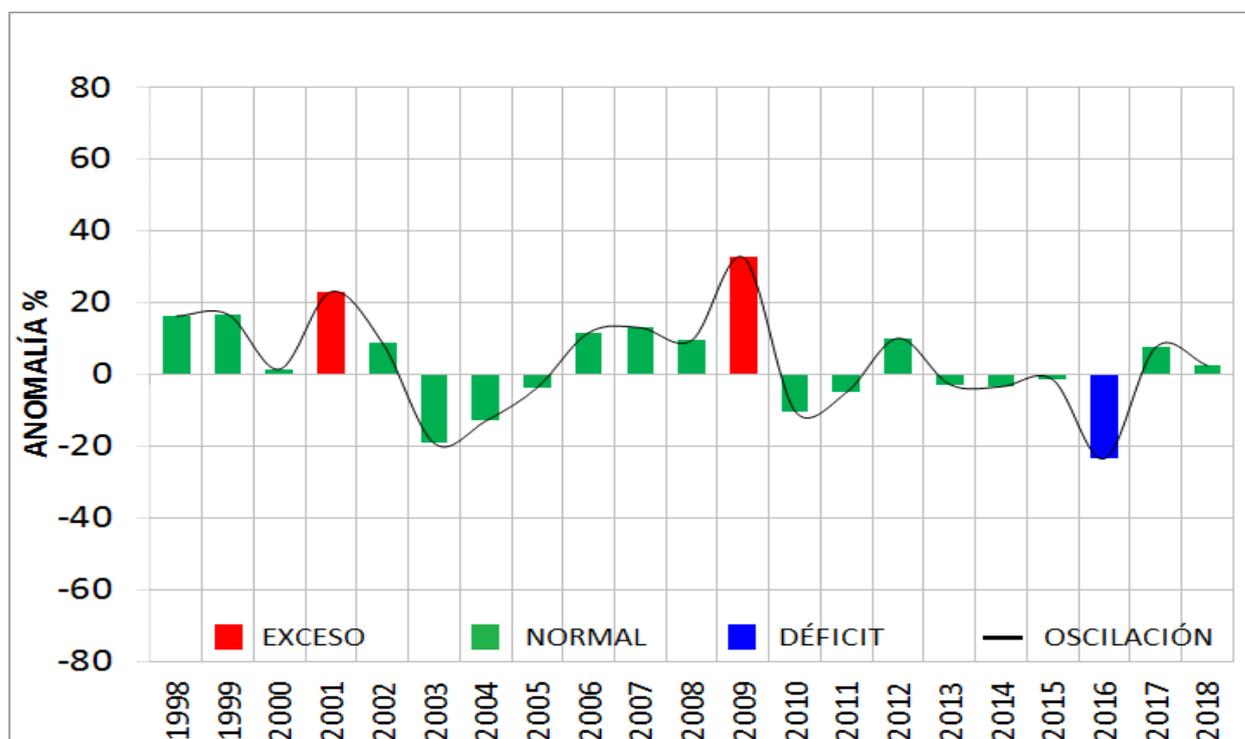
Ejemplo del resultado del análisis de la variabilidad interanual empleando las normales climatológicas y el rango de intensidad de las anomalías de precipitación (AP)

AÑO	PP anual	PP Normal	Anomalía%	Clasificación
1981	845.6	667.5	27	Exceso moderado
1982	1124.5	667.5	68	Exceso extremo
1983	756.9	667.5	13	Normal
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2017	958.7	667.5	44	Exceso intenso
2018	498.6	667.5	-25	Déficit moderado

En la figura 25 se muestra un ejemplo de la representación de la variabilidad de las precipitaciones, la cual se construyó con los resultados de las anomalías

Figura 25

Ejemplo de representación de la variabilidad interanual de las precipitaciones



Análisis de la ocurrencia de sequías

Para definir la ocurrencia de sequías se empleó un “Índice de Precipitación” modificado a partir del PPN, recomendado por el Centro Regional del Clima para América del Sur (CRC-SAS) y adaptado por Hurtado en 1996, con el objetivo de evaluar las sequías meteorológicas en Colombia; considerando que es un índice cuyas características son apropiadas para aplicarse en la zona andina de América del sur; considerando que la precipitación es el elemento climático que más se registra en las estaciones meteorológicas, además de ser el mayor factor que afecta la disponibilidad de agua debido a sus grandes variaciones en tiempo y espacio.

Para evitar que períodos húmedos temporales en medio de períodos secos, puedan dar un resultado erróneo al calcular el índice de sequía, se eligió una escala temporal de

3 meses, siguiendo la recomendación de la OMM para estudiar la sequía meteorológica (OMM, 2012, pp. 7 - 8).

Para utilizar el Índice de Precipitación Trimestral (IP-3) se calculó normales trimestrales de precipitación, las cuales fueron calculadas para el período 1981 – 2010, siguiendo la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de normales climatológicas reglamentarias.

El “Índice de Precipitación Trimestral” (IP-3) se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$IP3 = \left(\frac{Pm - Pn}{Pn} \right) \quad \text{Fórmula 5}$$

Donde:

IP3: Índice de precipitación trimestral

Pm: Precipitación total trimestral

Pn: Precipitación normal

La clasificación del “Índice de Precipitación Trimestral” (IP-3) se realizó empleando la escala de la tabla 8.

Tabla 8

Clasificación del Índice de Precipitación Trimestral

Índice de precipitación Trimestral (IP-3)	Clasificación
$I > 0,6$	Exceso extremo
$0,6 > I > 0,4$	Exceso intenso
$0,4 > I > 0,2$	Exceso moderado
$0,2 > I > -0,2$	Situación normal
$-0,2 > I > -0,4$	Sequía moderada
$-0,4 > I > -0,6$	Sequía intensa
$I < -0,6$	Sequía extrema

Nota. Hurtado (1996)

Determinación de la correlación existente entre la variabilidad climática y la ocurrencia de sequías.

El análisis de la correlación entre la variabilidad climática interanual y la ocurrencia de sequías se realizó utilizando el programa EXCEL, mediante una correlación lineal simple entre las anomalías anuales de precipitación y la sumatoria de las anomalías de los meses con sequía. Para este análisis se empleó la fórmula de correlación lineal simple.

$$r = \frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}\sqrt{\Sigma(y-\bar{y})^2}} \quad \text{Fórmula 6}$$

Donde:

r: correlación lineal

x: sumatoria de anomalías negativas en %

y: anomalía anual en %

\bar{x} : promedio de la sumatoria de anomalías negativas en %

\bar{y} : promedio de la anomalía anual en %

Posteriormente con los resultados del análisis de correlación se encontró el grado de correlación lineal utilizando la escala de la tabla 9.

Tabla 9

Grado de correlación lineal simple

R	Grado de correlación
0,2 a 0,3	Muy bajo
0,4 a 0,5	Bajo
0,6 a 0,7	Alto
0,8 a 1,0	Muy alto

La correlación a nivel de cuenca se determinó promediando la correlación lineal hallada en cada estación meteorológica.

Cálculo del efecto de la ocurrencia de sequías en la producción agrícola

La investigación también contempló evaluar el efecto de la ocurrencia de sequías en la producción anual de maíz amiláceo, maíz choclo y papa en la cuenca del río Cajamarquino durante el período 1998 – 2018, por ser los cultivos más sembrados en la zona. Para este análisis se utilizó los datos de producción anual de los distritos ubicados dentro del área de estudio, los cuales fueron proporcionados por la Dirección Regional Agraria de Cajamarca (DRAC).

Con esta información se calculó la producción total anual del maíz amiláceo, maíz choclo y papa, en los distritos de la cuenca del río Cajamarquino, durante el período 1998 – 2018; además se calculó un promedio de la serie histórica, luego se halló las variaciones o desviaciones anuales con respecto al promedio, también se representó mediante figuras la serie histórica de la producción anual y de las desviaciones. Finalmente se determinó la correlación lineal entre la producción anual de los cultivos y las sequías.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

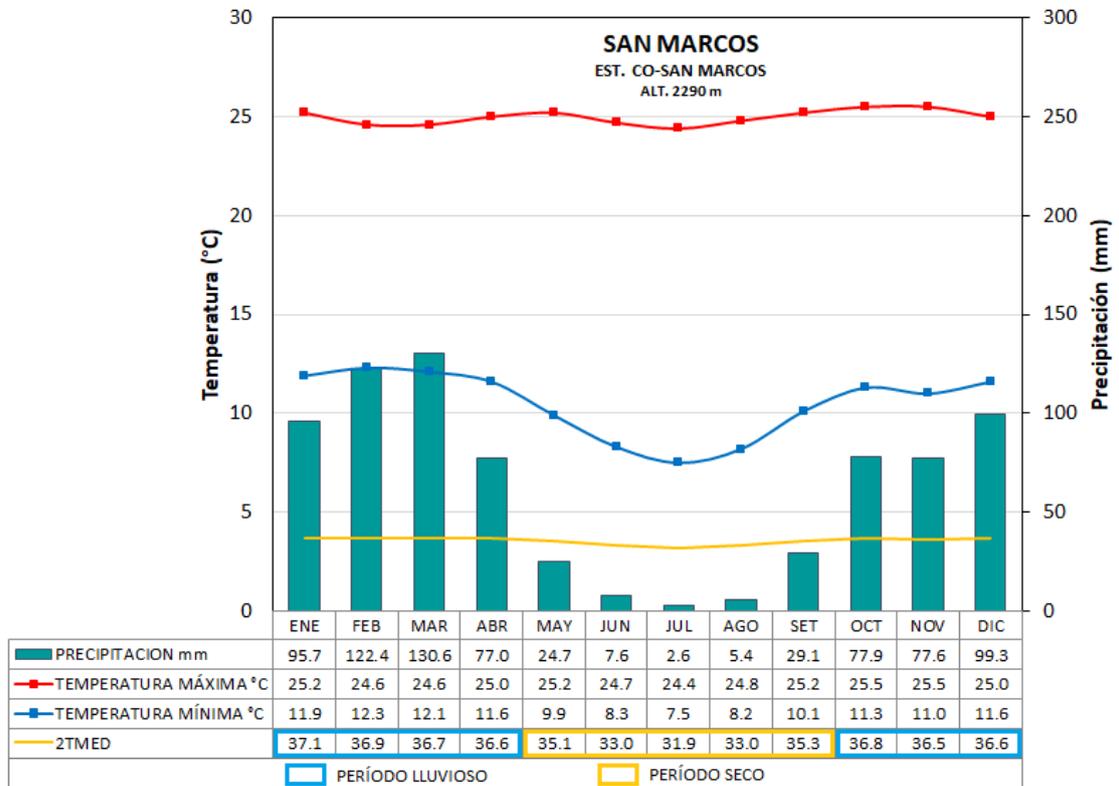
4.1. Variabilidad climática estacional e interanual de la temperatura y las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino

La figura 26 es un climograma que muestra el análisis de la variabilidad estacional en aquellas zonas entre los 2000 m y 2400 m de altitud, como por ejemplo en San Marcos, donde la temperatura máxima promedio oscila desde 24,4 °C en julio hasta 25,5 °C en octubre y noviembre, la temperatura mínima promedio fluctúa desde 7,5 °C en julio hasta 12,3 °C en febrero. Asimismo las precipitaciones acumulan valores que varían desde 2,6 mm en julio hasta 130,6 mm en marzo. Además el análisis de este climograma indica que en San Marcos el período lluvioso se inicia en octubre y se extiende hasta abril, donde el valor de la precipitación mensual es superior al doble de la temperatura media (2TMED); asimismo el período seco comienza en mayo y se extiende hasta setiembre, donde el valor de la precipitación mensual es inferior al doble de la temperatura media (2TMED). En consecuencia en esta zona el período lluvioso o húmedo se extiende durante 7 meses, por el contrario el período seco se presenta durante 5 meses.

Figura 26

Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en San Marcos

(Promedio 1981-2010).

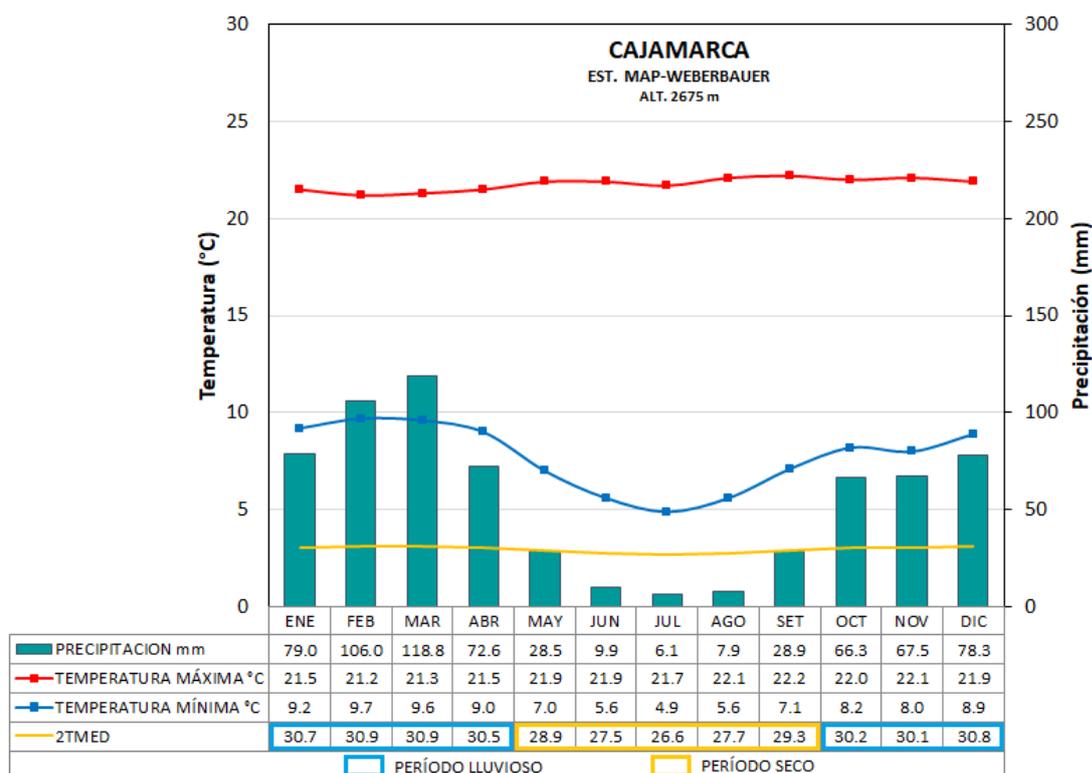


En el climograma de la figura 27 se observa que en aquellas zonas entre los 2400 m y 2800 m de altitud, como por ejemplo en Cajamarca, la temperatura máxima promedio oscila desde 21,2 °C en febrero hasta 22,2 °C en setiembre, la temperatura mínima promedio fluctúa desde 4,9 °C en julio hasta 9,7 °C en febrero. Asimismo las precipitaciones acumulan valores que varían desde 6,1 mm en julio hasta 118,8 mm en marzo. Asimismo el análisis de este climograma muestra que en Cajamarca el período lluvioso se inicia en octubre y se extiende hasta abril, donde la precipitación mensual es superior al doble de la temperatura media (2TMED); asimismo el período seco comienza en mayo y se extiende hasta setiembre, donde la precipitación mensual es inferior al doble de la temperatura media (2TMED). Este resultado muestra que en esta zona el período lluvioso también abarca 7 meses y el período seco tan solo 5 meses.

Figura 27

Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en Cajamarca

(Promedio 1981-2010)



En los climogramas de las figuras 28 y 29 se evidencia que en aquellas zonas con altitudes superiores a los 2800 m de altitud, como por ejemplo en La Encañada y Cachachi, la temperatura máxima promedio oscila desde 17,6 °C en julio hasta 19,7 °C en noviembre, la temperatura mínima promedio fluctúa desde 4,4 °C en julio hasta 9,0 °C en marzo. Asimismo las precipitaciones acumulan valores que varían desde 3,6 mm en julio hasta 196,2 mm en marzo. Además los análisis de estos climogramas indican que en La Encañada y Cachachi el período lluvioso es más largo, porque se inicia en setiembre y se extiende hasta mayo, donde la precipitación mensual es superior al doble de la temperatura media (2TMED); asimismo el período seco es más corto, porque comienza en mayo y se extiende hasta setiembre, donde la precipitación mensual es inferior al doble de la temperatura media (2TMED).

Figura 28

Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en La Encañada

(Promedio 2003-2010)

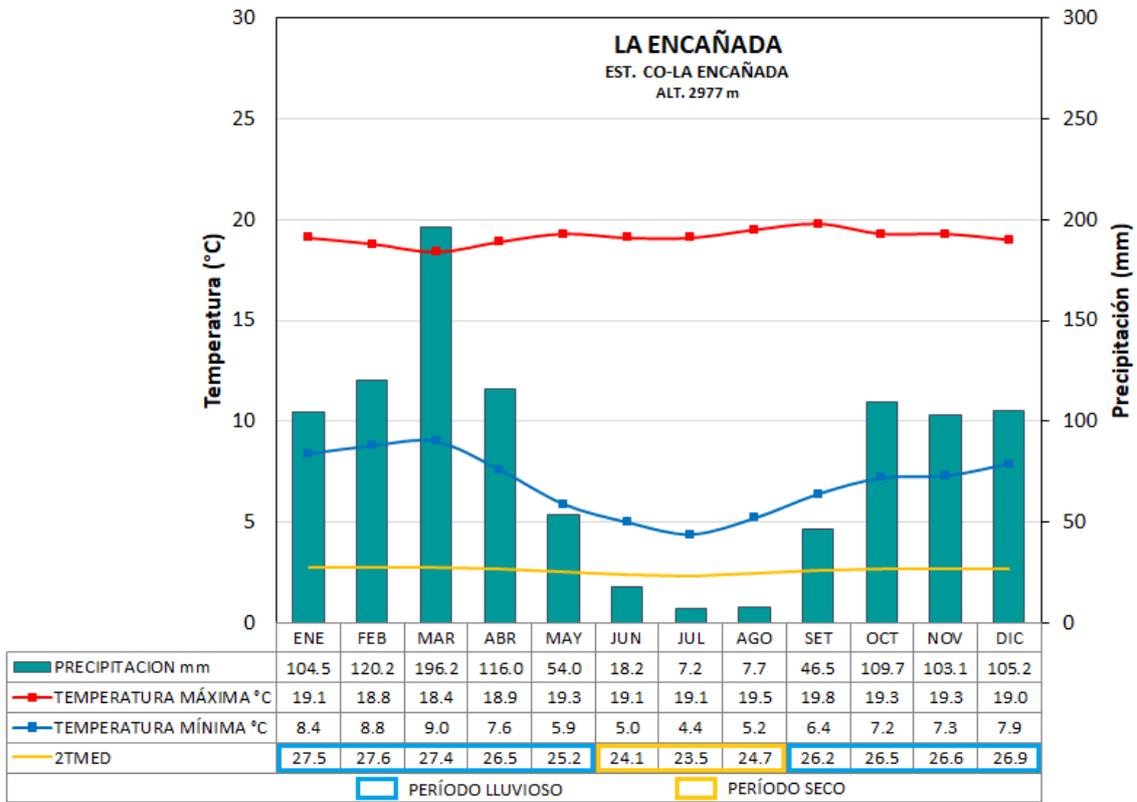


Figura 29

Régimen anual de temperatura promedio y precipitación mensual en Cachachi

(Promedio 1981-2010)

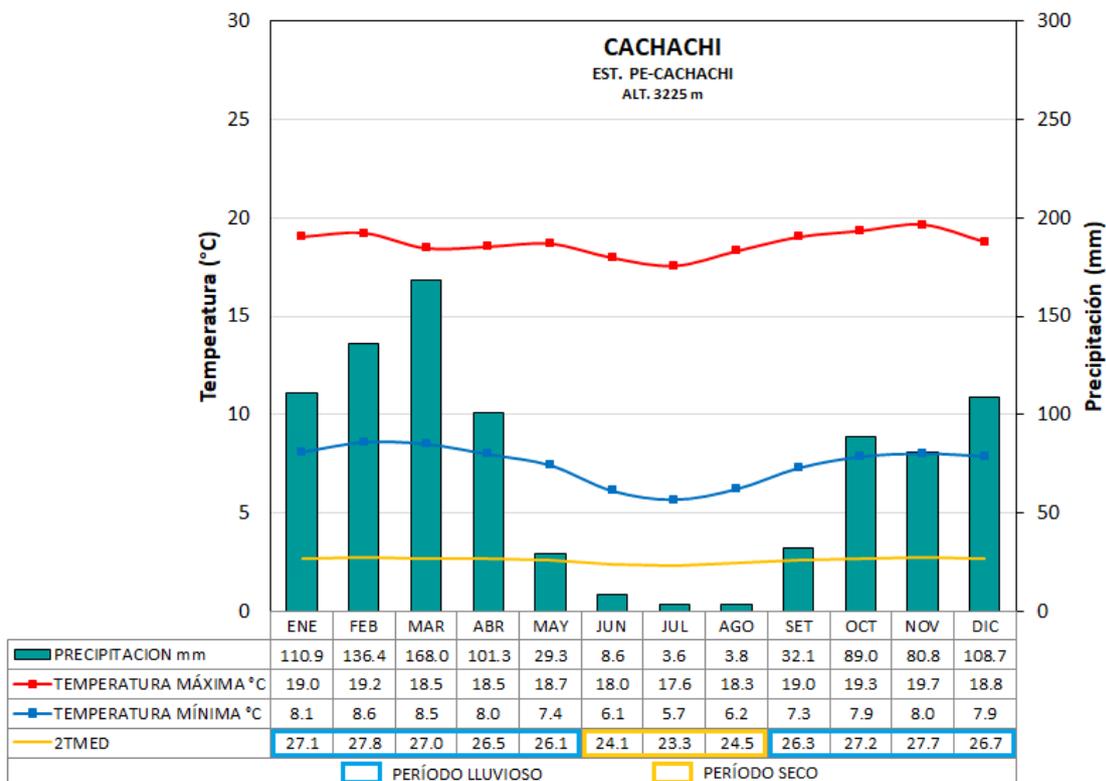


Tabla 10

Precipitación total mensual multianual. Serie entre el período 1981-2010

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
La Encañada	105,4	120,2	196,2	116,0	54,0	18,2	7,1	7,7	46,5	112,2	96,2	105,8	985,5
Weberbauer	78,9	105,8	118,8	72,6	28,2	9,9	6,0	7,8	28,8	66,3	67,5	76,8	667,5
Namora	107,0	122,5	142,9	96,5	38,4	13,2	6,2	7,6	31,6	92,4	79,6	100,2	837,9
Sondor	127,3	150,8	219,6	107,8	45,0	13,2	4,5	6,3	47,4	122,7	112,0	147,8	1104,5
Jesús	94,6	108,7	141,5	70,7	26,4	11,4	4,1	6,4	25,4	66,8	65,8	87,6	709,3
San Marcos	95,7	123,1	130,6	77,0	24,7	7,7	2,6	5,4	29,1	77,9	77,6	99,7	750,9
Cachachi	111,4	136,5	174,6	101,6	29,4	8,6	3,5	3,8	32,1	89,1	84,0	108,7	883,2
Promedio	102,9	123,9	160,6	91,7	35,2	11,7	4,9	6,4	34,4	89,6	83,2	103,8	848,4

En la tabla 10 se observa que en la cuenca del río Cajamarquino en promedio las precipitaciones anualmente acumulan 848,4 mm. En la estación CO-Sondor, ubicada en el distrito de Gregorio Pita, se registra la mayor precipitación anual, cuyo valor es 1104,5 mm; contrariamente en la estación MAP-Augusto Weberbauer, ubicada en el distrito de Cajamarca, se observa la menor precipitación anual, con un valor de 667,5 mm.

Asimismo se nota que en promedio las precipitaciones mensualmente muestran dos épocas bien definidas, una época lluviosa donde las precipitaciones son frecuentes y con mayor intensidad; y una época seca donde las lluvias son menos frecuentes e intensas. Además se nota que la duración de estos períodos está influenciado por la altitud, en las zonas altas como Cachachi, La Encañada, Sondor (Gregorio Pita) y Namora, la época lluviosa se extiende desde setiembre hasta mayo; mientras que en las zonas más bajas como Cajamarca, Jesús y San Marcos, la época lluviosa va desde octubre hasta abril.

Tabla 11

Porcentaje de la precipitación mensual multianual con respecto a la precipitación anual. Entre el período 1981 – 2010

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
La Encañada	10,7	12,2	19,9	11,8	5,5	1,8	0,7	0,8	4,7	11,4	9,8	10,7	100,0
Weberbauer	11,8	15,9	17,8	10,9	4,2	1,5	0,9	1,2	4,3	9,9	10,1	11,5	100,0
Namora	12,8	14,6	17,1	11,5	4,6	1,6	0,7	0,9	3,8	11,0	9,5	12,0	100,0
Sondor	11,5	13,7	19,9	9,8	4,1	1,2	0,4	0,6	4,3	11,1	10,1	13,4	100,0
Jesús	13,3	15,3	19,9	10,0	3,7	1,6	0,6	0,9	3,6	9,4	9,3	12,4	100,0
San Marcos	12,7	16,4	17,4	10,3	3,3	1,0	0,3	0,7	3,9	10,4	10,3	13,3	100,0
Cachachi	12,6	15,5	19,8	11,5	3,3	1,0	0,4	0,4	3,6	10,1	9,5	12,3	100,0
Promedio	12,2	14,8	18,8	10,8	4,1	1,4	0,6	0,8	4,0	10,5	9,8	12,2	100,0

En la tabla 11 se observa que en promedio el mes más lluvioso es marzo, donde se produce el 18,8 % de las precipitaciones anuales, mientras que el mes más seco es julio donde se acumula tan solo el 0,6 % del total anual.

Tabla 12

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino en base a sus anomalías en porcentaje (%) de la precipitación normal (PPN)

Año	La Encañada	Weberbauer	Namora	Sondor	Jesús	San Marcos	Cachachi
1998	+10,2	+14,6	+22,7	+6,9	+6,5	+20,0	+34,2
1999	+25,4	+23,0	+20,9	-0,6	+16,3	+19,2	+18,0
2000	-10,3	+7,4	+21,2	+5,0	-0,7	-6,0	-5,5
2001	+4,8	+36,1	+27,9	+10,3	+37,9	+32,6	+24,8
2002	-3,0	-4,9	+16,8	+8,4	+1,0	+25,0	+16,4
2003	-20,5	-20,8	-15,4	-28,9	-25,9	-13,7	-7,5
2004	-10,9	-6,2	-19,1	-22,8	-20,9	-8,5	-0,1
2005	+1,9	-12,2	-5,0	+1,8	-23,0	+10,7	-5,7
2006	+3,9	+3,3	+7,3	+18,6	+4,9	+29,1	+12,5
2007	+4,2	+12,5	+29,7	-1,6	+5,5	+13,1	+31,4
2008	+3,9	+8,0	+12,9	+3,6	+4,8	+17,2	+18,3
2009	+3,3	+19,1	+38,9	+35,0	+26,4	+31,5	+72,0
2010	-12,7	-3,4	-7,8	-5,2	-20,0	-18,3	-7,0
2011	-14,2	-7,8	-0,1	-14,3	-6,5	-1,2	+12,4
2012	-4,4	+23,4	+13,5	-6,9	+2,3	+27,0	+25,9
2013	-18,6	+7,6	+4,7	-24,7	+1,9	+17,9	+5,6
2014	-3,3	-7,4	+1,5	-16,9	-18,0	+18,1	+4,7
2015	-5,8	+15,7	+17,2	-11,0	+1,7	-5,8	-14,2
2016	-16,7	-21,7	-10,8	-38,7	-33,7	-21,5	-19,3
2017	+2,2	+15,0	+12,3	-16,2	+9,9	+11,5	+27,8
2018	+9,9	+9,4	+8,9	-14,8	-6,0	+5,9	+8,1

En la tabla 12 se muestran las anomalías de la precipitación expresadas en porcentaje de la precipitación normal (PPN), donde se observa la variabilidad interanual de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino, expresadas como anomalías positivas y negativas; las anomalías positivas mayores a 20% indican precipitaciones anuales excesivas y las anomalías negativas menores a -20% señalan precipitaciones anuales deficientes.

Se nota que en cada estación meteorológica las mayores anomalías positivas se obtuvieron durante los años 1999, 2001 y 2009, porque ocurrieron precipitaciones excesivas, principalmente durante el período lluvioso, como consecuencia de alteraciones en la circulación general de la atmósfera y anomalías negativas en la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico tropical y ecuatorial (IGP, 2020_a). Según estos resultados, en 1999 en la estación CO-La Encañada se obtuvo una anomalía de 25,4%; igualmente en el 2001 en las estaciones MAP-Weberbauer, CO-Jesús y CO-San Marcos se encontraron anomalías de 36,1%, 37,9% y 32,6% respectivamente; además en el 2009, en las estaciones CO-Namora, CO-Sondor y PE-Cachachi se alcanzaron anomalías de 38,9%, 35,0% y 72,0% respectivamente.

Contrariamente las anomalías negativas más extremas en cada estación meteorológica se registraron durante los años 2003, 2004 y 2016, donde se produjeron deficiencias de precipitaciones principalmente durante el período lluvioso, las cuales también estuvieron vinculadas a alteraciones en la circulación general de la atmósfera y a anomalías positivas en la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial y tropical (SENAMHI, 2016, P. 50, 51). Por lo tanto, en el año 2003 en la estación CO-La Encañada se estimó una anomalía de -20,5%; en el 2004, en la estación CO-Namora, se obtuvo una anomalía de -19,1%; y en el 2016, en las estaciones MAP-Weberbauer, CO-Sondor, CO-Jesús, CO-San Marcos y PE-Cachachi, se alcanzaron anomalía de -21,7%, -38,7%, -33,7%, -21,7% y -19,3% respectivamente.

Estas anomalías positivas y negativas, indican la presencia de variabilidad interanual de las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino, porque confirman lo descrito por Ramírez (2015), quien concluyó que la variabilidad de las precipitaciones en la vertiente del océano Pacífico está influenciada y se incrementa por anomalías en la TSM como consecuencia de eventos extremos como El Niño Oscilación Sur (ENOS),

porque la presencia de estos fenómenos extraordinarios ocasionan excesos o déficits de precipitaciones en la costa y sierra del Perú, pero también en otras regiones del continente americano; tal y como se observa en estos resultados, donde las anomalías significativas de precipitación estuvieron vinculadas a anomalías en la TSM, con lo cual se comprueba los resultados de Vergara (2011), quien demostró que existe una correlación positiva entre los índices de Temperatura Superficial del Mar (TSM) del Pacífico oriental adyacente a la costa peruana, y la variabilidad de las precipitaciones en la vertiente occidental de los Andes del norte de Perú durante los meses lluviosos del año. Entonces cuando las anomalías térmicas ocurren en el Pacífico central, las precipitaciones en los Andes norteños de Perú se alteran, presentándose excesos de precipitación si las anomalías de la TSM son negativas; por el contrario se presentan deficiencias en las precipitaciones, cuando las anomalías de la TSM son positivas, esto debido a la existencia de teleconexiones océano – atmosféricas, tal y como lo describe Takahashi (2011).

Tabla 13*Clasificación de la variabilidad interanual de las precipitaciones en la cuenca del río**Cajamarquino en base a sus anomalías*

Año	La Encañada	Weberbauer	Namora	Sondor	Jesús	San Marcos	Cachachi
1998	N	N	EM	N	N	EM	EM
1999	EM	EM	EM	N	N	N	N
2000	N	N	EM	N	N	N	N
2001	N	EM	EM	N	EM	EM	EM
2002	N	N	N	N	N	EM	N
2003	DM	DM	N	DM	DM	N	N
2004	N	N	N	DM	DM	N	N
2005	N	N	N	N	DM	N	N
2006	N	N	N	N	N	EM	N
2007	N	N	EM	N	N	N	EM
2008	N	N	N	N	N	N	N
2009	N	N	EM	EM	EM	EM	EE.
2010	N	N	N	N	DM	N	N
2011	N	N	N	N	N	N	N
2012	N	EM	N	N	N	EM	EM
2013	N	N	N	DM	N	N	N
2014	N	N	N	N	N	N	N
2015	N	N	N	N	N	N	N
2016	N	DM	N	DM	DM	DM	N
2017	N	N	N	N	N	N	EM
2018	N	N	N	N	N	N	N

EE: Exceso extremo

EM: Exceso Moderado

DM: Déficit Moderado

N: Normal

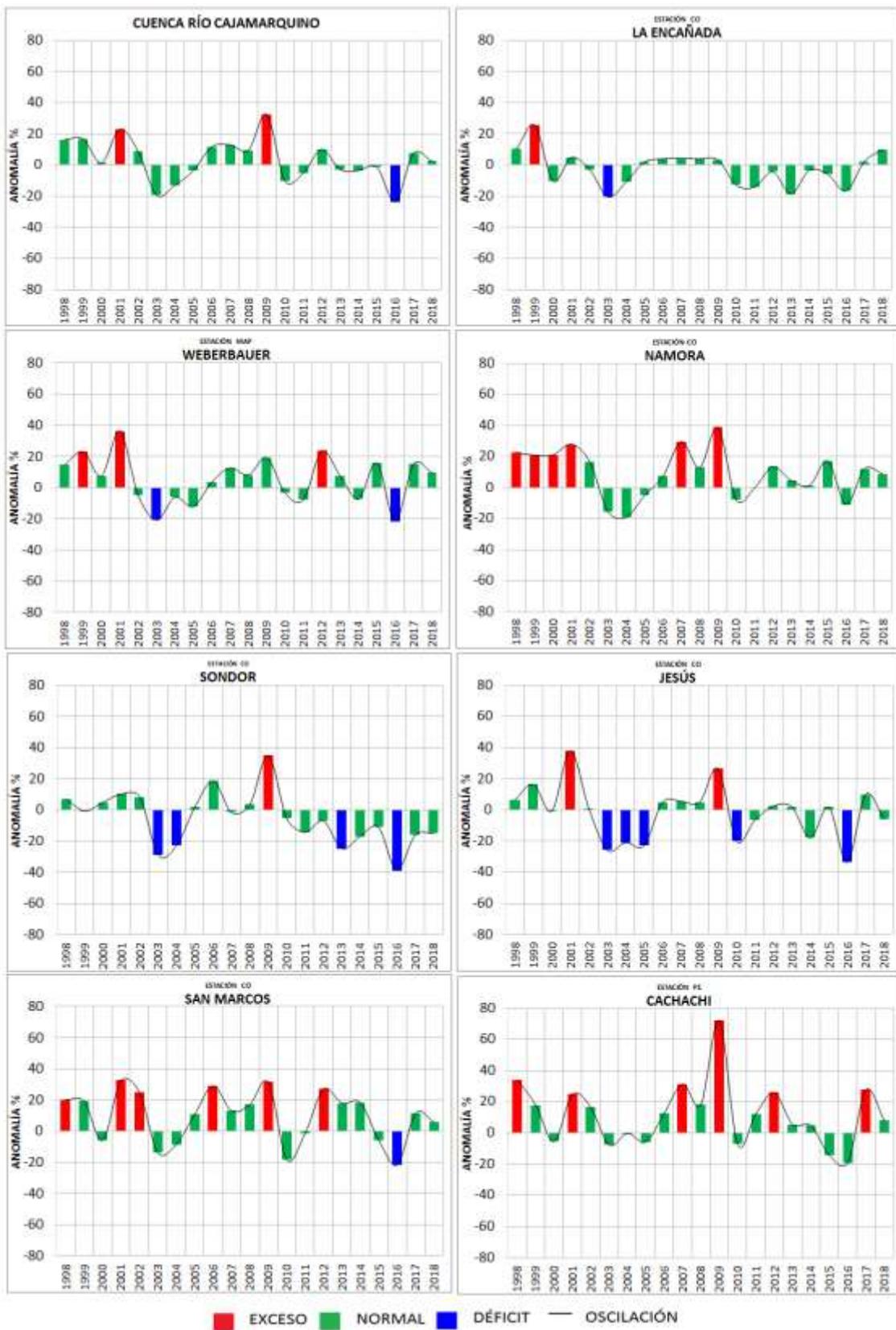
En la tabla 13 se muestran los resultados del análisis de variabilidad interanual de las precipitaciones en función de sus valores normales en las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino durante 1998 – 2018; donde se aprecia que a lo largo de este período en todas las estaciones meteorológicas predominan los años “Normales”; además en la

estación meteorológica La Encañada se encontró la menor variabilidad climática interanual con tan solo 2 años anómalos, el año 1999 donde ocurrió un “Exceso moderado” y el año 2003 donde se presentó un “Déficit moderado”. Por el contrario en las estaciones meteorológicas de Jesús y San Marcos se presentó la mayor variabilidad climática interanual, con 7 años anómalos, entre los que resaltan los años 2001 y 2009 por presentar “Exceso moderado” en ambas estaciones meteorológicas y el año 2016 donde se encontró “Déficit moderado” en las dos estaciones meteorológicas; este comportamiento posiblemente se debe a la compleja orografía y los gradientes altitudinales de la sierra, los mismos que determinan una gran variación climática dentro de espacios geográficos relativamente pequeños, estableciendo diversidad de microclimas a lo largo de las cuencas hidrográficas.

Además en este análisis de variabilidad sobresale el año 2001, donde se presentó “Exceso moderado” en las estaciones MAP-Weberbauer, CO-Namora, CO-Jesús, CO-San Marcos y PE-Cachachi; también el 2009 donde se estimó “Exceso moderado” en las estaciones CO-Namora, CO-Sondor, CO-Jesús y CO-San Marcos y “Exceso extremo” en la estación PE-Cachachi; porque precisamente durante estos años las precipitaciones acumuladas superaron los valores normales por la presencia de períodos excesivamente lluviosos durante los meses húmedos del año. También destaca el año 2003 por presentar “Déficit moderado” en las estaciones CO-La Encañada, MAP-Weberbauer, CO-Sondor y CO-Jesús; así como también el año 2016 por mostrar “Déficit moderado” en las estaciones MAP-Weberbauer, CO-Sondor, CO-Jesús y CO-San Marcos, debido a que durante estos años las precipitaciones acumuladas fueron inferiores a los valores habituales, por la ocurrencia de períodos secos durante las épocas lluviosas del año.

Figura 30

Anomalías anuales de las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino



En la figura 30 se muestra la secuencia temporal de las anomalías de la precipitación anual en las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino, donde se ve las oscilaciones por encima y por debajo de lo normal, que corresponden a la variabilidad interanual de las precipitaciones; de este modo se observan períodos con anomalías positivas seguidos de períodos con anomalías negativas, con algunas diferencias provocadas por períodos cortos de variabilidad positiva y negativa; este comportamiento concuerda con lo descrito por Montealegre y Pabón (2000), quienes afirman que las fluctuaciones por encima o por debajo de lo normal, en el comportamiento de las precipitaciones, aumentan la variabilidad climática interanual.

De forma general en la cuenca del río Cajamarquino, se notan dos períodos positivos largos, el primero desde 1998 hasta el 2002 y el segundo desde el 2006 al 2009; también se ve dos períodos negativos largos que van del 2003 al 2005 y del 2013 al 2016; lo cual evidencia una notable variabilidad climática de las precipitaciones, debido mayormente a excesos de precipitación, pero también a déficits de precipitación, todos asociados a la ocurrencia de algún fenómeno meteorológico extraordinario. Estos resultados guardan relación con lo descrito por Paredes, Guevara y Barbosa (2016), quienes manifiestan que la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos como sequías o el ENOS, acentúan la variabilidad climática, porque reducen o incrementan drásticamente los acumulados de precipitación anual.

Dentro de esta oscilación se destacan por presentar exceso moderado, con respecto a la media histórica, el año 1998, principalmente en la estación PE-Cachachi; también el año 1999, sobre todo en la estación CO-La Encañada; asimismo el año 2001, especialmente en la estación CO-Jesús; el año 2009, esencialmente en la estación PE-Cachachi; así como el año 2012, primordialmente en la estación CO-San Marcos.

Contrariamente destacan por presentar déficit moderado el año 2003 y el año 2016, principalmente en la estación CO-Sondor.

4.2. Ocurrencia de sequías en la cuenca del río Cajamarquino

Tabla 14

Características estadísticas de las sequías en la cuenca del río Cajamarquino según el índice de precipitación trimestral (IP-3)

Estación	Intensidad (IP-3)				Duración (meses)			
	Máxima	Promedio	Mínima	Desv. Est.	Máxima	Promedio	Mínima	Desv. Est.
CO-La Encañada	-0,97	-0,41	-0,20	0,19	5	2,19	1	1,31
MAP-Weberbauer	-0,86	-0,37	-0,20	0,16	5	2,27	1	1,17
CO - Namora	-0,88	-0,43	-0,21	0,20	5	2,15	1	1,29
CO-Sondor	-1,00	-0,46	-0,21	0,20	11	2,64	1	2,04
CO-Jesús	-0,89	-0,40	-0,20	0,17	10	2,52	1	1,90
CO-San Marcos	-1,00	-0,47	-0,20	0,22	4	1,97	1	0,91
PE-Cachachi	-0,92	-0,41	-0,20	0,18	5	2,30	1	1,30

En la tabla 14 se muestran las características estadísticas de las sequías en la cuenca del río Cajamarquino durante el período 1998-2018, según el índice de precipitación trimestral (IP-3); donde se puede ver que las sequías más extremas se registraron en las estaciones CO-Sondor y CO-San Marcos y las sequías más moderadas se identificaron en las estaciones CO-La Encañada, MAP-Weberbauer (Cajamarca), CO-Jesús, PE-Cachachi y también en la estación CO-San Marcos; siendo la estación CO-San Marcos la que presenta mayor variabilidad según su desviación estándar (Desv. Est.= 0,22), porque en esta localidad se presentaron las sequías más extremas, pero también se registraron sequías más moderadas, lo cual evidencia un gran contraste.

De acuerdo a la duración, las sequías de mayor duración se manifestaron en las estaciones CO-Sondor y CO-Jesús, mientras que las sequías cortas de 1 mes de duración se presentaron en todas las estaciones; en este caso la mayor variabilidad se muestra en

la estación CO-Sondor (Desv. Est.=2,04), porque en esta localidad ocurrieron las sequías más duraderas pero también las más cortas.

Tabla 15

Relación de las sequías extremas y de mayor duración en la cuenca del río Cajamarquino de acuerdo al índice de precipitación trimestral (IP-3)

Estación	Sequías extremas			Sequías de mayor duración		
	Fecha	Intensidad	Duración	Fecha	Intensidad	Duración
CO-La Encañada	Ago 14 - Set 14	-0,97	2 meses	Feb 04 - Jun 04	-0,50	5 meses
				Ago 15 - Dic 15	-0,86	5 meses
				Abr 16 - Ago 16	-0,66	5 meses
MAP-Weberbauer	Ago 12 - Set 12	-0,86	2 meses	Ago 10 - Dic 10	-0,47	5 meses
				Jul 14 - Nov 14	-0,54	5 meses
CO – Namora	Ago 01 - Set 01	-0,88	2 meses	Ago 15 - Dic 15	-0,86	5 meses
				Jul 16 - Nov 16	-0,52	5 meses
CO-Sondor	Ago 15 - Dic 15	-1,00	5 meses	Abr 16 - Feb 17	-0,81	11 meses
CO-Jesús	Ago 15 - Oct 15	-0,89	3 meses	Feb 16 - Nov 16	-0,77	10 meses
CO-San Marcos	Ago 01 - Set 01	-1,00	2 meses	Feb 04 - May 04	-0,51	4 meses
				Set 16 - Dic 16	-0,86	4 meses
PE-Cachachi	Jul 98 - Set 98	-0,92	3 meses	Jun 01 - Oct 01	-0,63	5 meses
				Ago 15 - Dic 15	-0,68	5 meses

En la tabla 15 se identifican las sequías más extremas y las sequías de mayor duración en las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino desde 1998 hasta el 2018, según el índice de precipitación trimestral (IP-3). Así, encontramos que las sequías más extremas se presentaron con diferente duración en las estaciones CO-Sondor y CO-San Marcos durante los años 2015 y 2001 respectivamente. También se halló que las sequías de mayor duración se manifestaron en las estaciones CO-Sondor y CO-Jesús, entre los años 2016 y 2017.

Asimismo se ve que durante el año 2016 se presentaron las sequías más duraderas en 5 de las 7 estaciones analizadas (CO-La Encañada, CO-Namora, CO-Sondor, CO-Jesús y CO-San Marcos), debido a que durante este año la sierra norte experimentó una sequía producida por anomalías en la circulación atmosférica, que generaron una configuración

anticiclónica, causando escasa nubosidad por el constante flujo de masas de aire seco provenientes del pacífico en niveles medios de la tropósfera (500 hPa) y por la subsidencia en niveles altos (200 hPa).

Tabla 16

Cantidad de sequías en la cuenca del río Cajamarquino según el índice de precipitación IP-3

Estación	Número de sequías			Total de eventos secos
	Moderadas	Intensas	Extremas	
CO-La Encañada	14	9	9	32
MAP-Weberbauer	19	6	5	30
CO - Namora	11	8	7	26
CO-Sondor	11	12	10	33
CO-Jesús	17	7	7	31
CO-San Marcos	12	8	9	29
PE-Cachachi	10	3	7	20

En la tabla 16 se muestran la cantidad de eventos secos según su respectiva clasificación en virtud del índice de precipitación trimestral (IP-3); así tenemos que el mayor número de sequías se halló en la estación CO-Sondor (Distrito de Gregorio Pita – San Marcos) con 33 eventos secos, contrariamente el menor número de sequías se encontró en la estación PE-Cachachi (Distrito de Cachachi – Cajabamba) con 20 eventos secos, posiblemente esto sea consecuencia del gradiente altitudinal de las precipitaciones en esta zona de la sierra peruana, el cual establece que la precipitación anual se incrementa con la altura, por eso en Cachachi, ubicada a mayor altitud, precipita anualmente más que en Sondor.

También se aprecia que las sequías moderadas son las más numerosas en todas las estaciones y se presentan con mayor frecuencia en las estaciones MAP-Weberbauer y CO-Jesús, ambas en la provincia de Cajamarca; este resultado indica que las sequías en la cuenca del río Cajamarquino, ubicada en la sierra norte, mayormente son moderadas, lo cual reafirma lo descrito por Vega (2018), quien encontró que las sequías en la sierra

norte son menos frecuentes y tienen menor intensidad que en la sierra sur. El análisis también halló que las sequías intensas y extremas son más frecuentes en la estación CO-Sondor, en el distrito de Gregorio Pita (San Marcos), posiblemente debido a características fisiográficas de la zona.

Tabla 17

Períodos de sequía extrema en la cuenca del río Cajamarquino según el índice de precipitación IP-3

N°	Año	Fechas extremas	Intensidad máxima	Duración máxima	Estaciones donde se manifestó
1	2001	Jun 01 - Oct 01	-1,00	5 meses	Todas
2	2015	Ago 15 – Dic 15	-1,00	5 meses	Todas
3	2014	Ago 14 - Set 14	-0,97	5 meses	Todas
4	1998	Jul 98 - Set 98	-0,92	3 meses	Todas
5	2012	Jul 12 - Oct 12	-0,86	4 meses	Todas
6	2016	Abr 16 - Feb 17	-0,86	11 meses	Todas

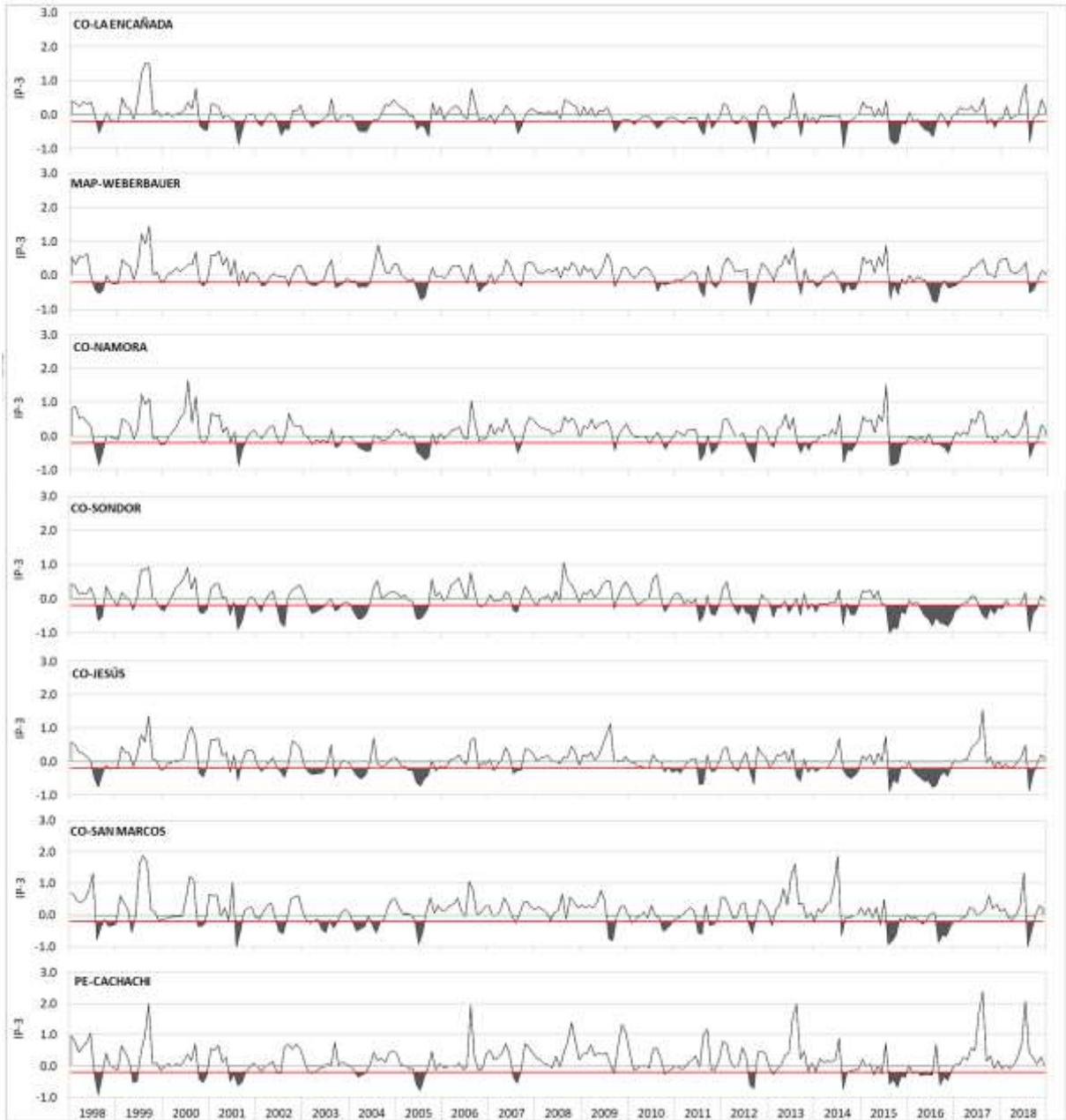
En la tabla 17 se aprecian los períodos de sequía más extremos encontrados durante el período 1998-2018 en la cuenca del río Cajamarquino, según el IP-3; en este análisis se seleccionó la intensidad máxima, la duración máxima y las fechas extremas de las sequías que se presentaron en toda la Cuenca; considerando cada período seco como un solo evento que se manifestó en cada estación con diferente intensidad y duración, por lo tanto con diferentes fechas de inicio y finalización. Así encontramos que las mayores sequías extremas se presentaron de junio del 2001 a octubre del 2001 y también de agosto del 2015 a diciembre del 2015, con un IP-3 equivalente a -1.00 y una duración de 5 meses en cada caso, manifestándose en las demás estaciones meteorológicas con diferente intensidad y duración. Aun cuando ambas sequías muestran la misma duración e intensidad, la sequía del 2015 se presentó entre los meses de agosto a diciembre, por lo que a diferencia de la sequía del 2001, que se produjo durante el período seco del año, en este caso, la sequía del 2015 ocurrió durante el inicio del período lluvioso en la

Cuenca, por lo tanto sus efectos en la población y sus actividades pueden haber sido diferentes. Este comportamiento nos recuerda que es necesario realizar una evaluación de los impactos socioeconómicos de las sequías, considerando el momento en el cual se presentan.

En este análisis también se muestra que la sequía de mayor duración ocurrió de abril del 2016 a febrero del 2017, con un IP-3 igual a -0,86 y una duración de 11 meses, presentándose en todas las estaciones meteorológicas con diferente intensidad y duración. Notándose que gran parte de esta sequía se produjo durante el período lluvioso 2016-2017, por lo que los acumulados mensuales de precipitación durante este período disminuyeron considerablemente con respecto a sus valores habituales, por lo tanto la disponibilidad de agua para la población y para sus actividades también fue afectada.

Figura 31

Series del índice de precipitación trimestral (IP-3) en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino



En la figura 31 se identifican los eventos de sequías en función del índice de precipitación trimestral (IP-3) en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cajamarquino, donde se observa la alternancia temporal de períodos húmedos y períodos secos, asimismo también se aprecia una mayor presencia de sequías en las

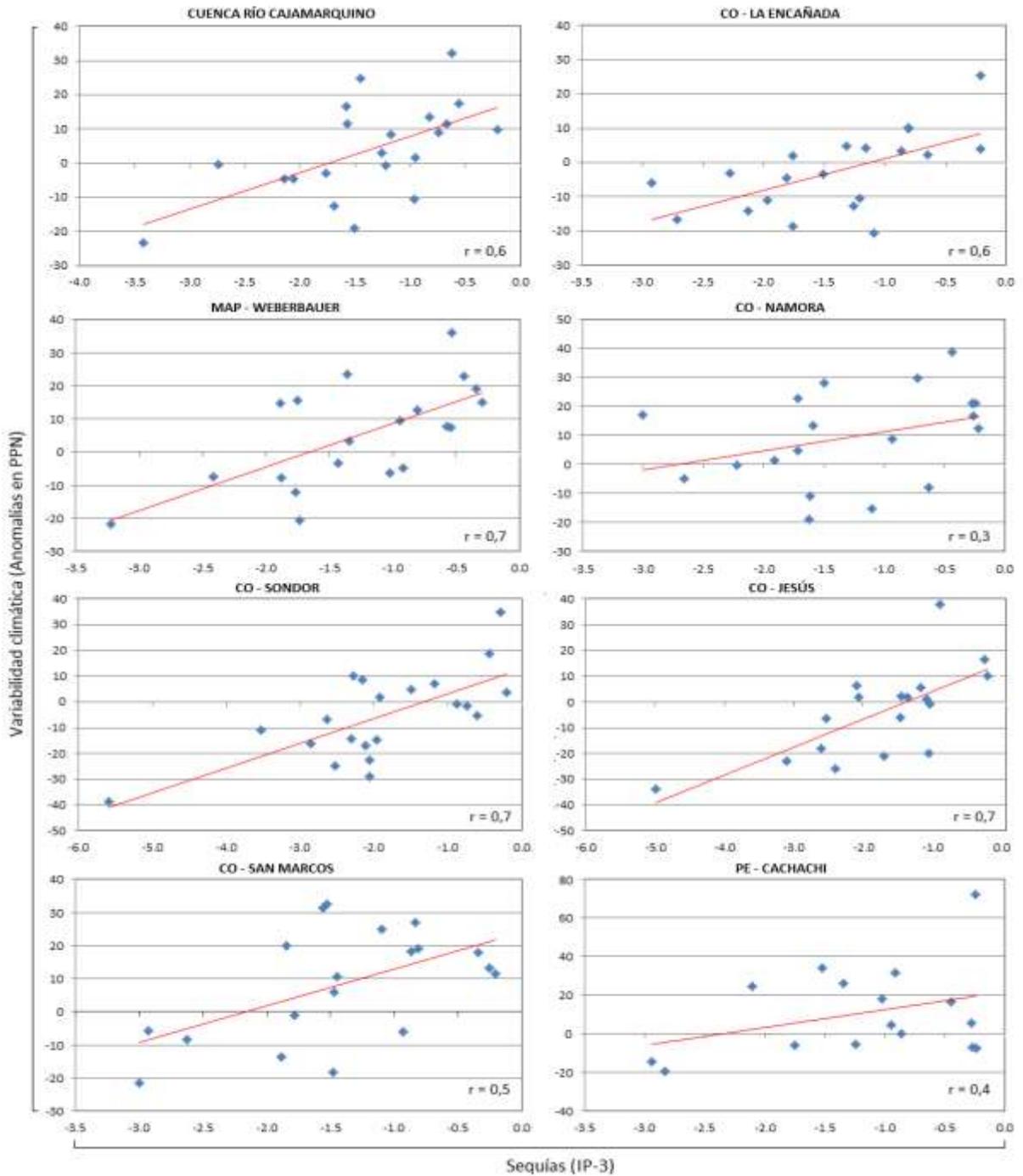
estaciones CO-Sondor , CO-La Encañada y CO-Jesús. De forma general en la mayoría de estaciones las sequías intensas y extremas se producen entre 1998 y 2005, así como también entre el 2011 y 2018, notándose un período húmedo del 2006 al 2010. También se muestra que durante estos 21 años la sequía más extrema se presentó en la estación CO-Sondor, desde agosto hasta diciembre 2015, con un IP-3 de -1,00 y una duración máxima de 5 meses y con un menor IP-3 también se presentó en las demás estaciones climatológicas. La segunda mayor sequía extrema se presentó desde agosto hasta setiembre de 2001, con un IP-3 de -1,00 y una duración de 2 meses, manifestándose esencialmente en la estación CO-San Marcos y con menor IP-3 en las estaciones CO-La Encañada, CO-Namora, CO-Sondor y PE-Cachachi. La tercera mayor sequía extrema se manifestó desde agosto hasta setiembre del 2018, con un IP-3 de -0,98 y una duración de 2 meses, afectando principalmente la estación CO-San Marcos y con menor IP-3 a las estaciones CO-Sondor, CO-Jesús, CO-La Encañada, CO-Namora y MAP-Weberbauer.

Por otro lado, considerando la duración de los eventos secos, sobresale la sequía que se desarrolló desde abril de 2016 hasta febrero de 2017 en la estación CO-Sondor, con 11 meses de duración; también es considerable la sequía que se presentó en la estación CO-Jesús desde febrero hasta noviembre del año 2016, con 10 meses de duración; siendo importante resaltar que ambas sequías ocurrieron mayormente en el año 2016 y están directamente relacionadas con el ENOS de ese año, lo cual muestra el impacto de este evento en las sequías que ocurren en la sierra norte de Perú.

4.3. Relación entre la variabilidad climática interanual y la ocurrencia de sequías en la cuenca del río Cajamarquino

Figura 32

Correlación lineal entre la variabilidad climática y las sequías en la cuenca del río Cajamarquino



En la figura 32 se observa que existe una alta correlación lineal ($r = 0,6$) entre las sequías y la variabilidad climática en la cuenca del río Cajamarquino, lo cual indica que cuando las sequías son más intensas y extremas, la variabilidad climática interanual negativa se acentúa, como consecuencia del déficit de precipitaciones; esta conducta ratifica lo demostrado por Paredes, Guevara y Barbosa (2016), quienes encontraron que las sequías de larga duración y gran cobertura acentúan la variabilidad climática, porque reducen drásticamente los acumulados de precipitación anual, provocando anomalías negativas significativas durante esos años. Entonces este comportamiento señala que la relación entre las sequías y la variabilidad climática es directamente proporcional.

Además el análisis calculó que las correlaciones lineales más altas se observaron en las estaciones MAP-Weberbauer ($r = 0,7$) en el distrito de Cajamarca, CO-Sondor ($r = 0,7$) en el distrito de Gregorio Pita, CO-Jesús ($r = 0,7$) y CO-La Encañada ($r = 0,6$) en el distrito de Jesús, porque en estas localidades los índices IP-3 más extremos coinciden con anomalías negativas de la precipitación asociadas a déficits intensos y extremos de lluvia. Por el contrario los índices IP-3 más moderados concuerdan con anomalías positivas de precipitación. Esta conducta evidencia que en estas localidades la variabilidad interanual de las precipitaciones está altamente influenciada por la ocurrencia de sequías, porque son las zonas donde mayormente se presentan este tipo de eventos climáticos.

4.4. Efecto de la ocurrencia de sequías en la producción agrícola

Tabla 18

Producción anual en toneladas (t) de maíz choclo en los distritos de la cuenca del río

Cajamarquino

Año	t	Variación (t)	Variación (%)
1998	4748,0	-4687,5	-50
1999	9100,0	-335,5	-4
2000	18448,0	9012,5	96
2001	9035,2	-400,3	-4
2002	15523,0	6087,5	65
2003	14250,5	4815,0	51
2004	8236,4	-1199,1	-13
2005	8652,8	-782,8	-8
2006	6790,8	-2644,7	-28
2007	10321,3	885,7	9
2008	11107,2	1671,6	18
2009	11021,5	1586,0	17
2010	9908,2	472,7	5
2011	8462,7	-972,8	-10
2012	7920,3	-1515,2	-16
2013	9602,5	167,0	2
2014	7619,6	-1815,9	-19
2015	8573,0	-862,5	-9
2016	7953,6	-1481,9	-16
2017	5847,1	-3588,4	-38
2018	7968,9	-1466,7	-16
Promedio	9435,5		

Nota. La información procede de la Dirección Regional Agraria Cajamarca (DRAC)

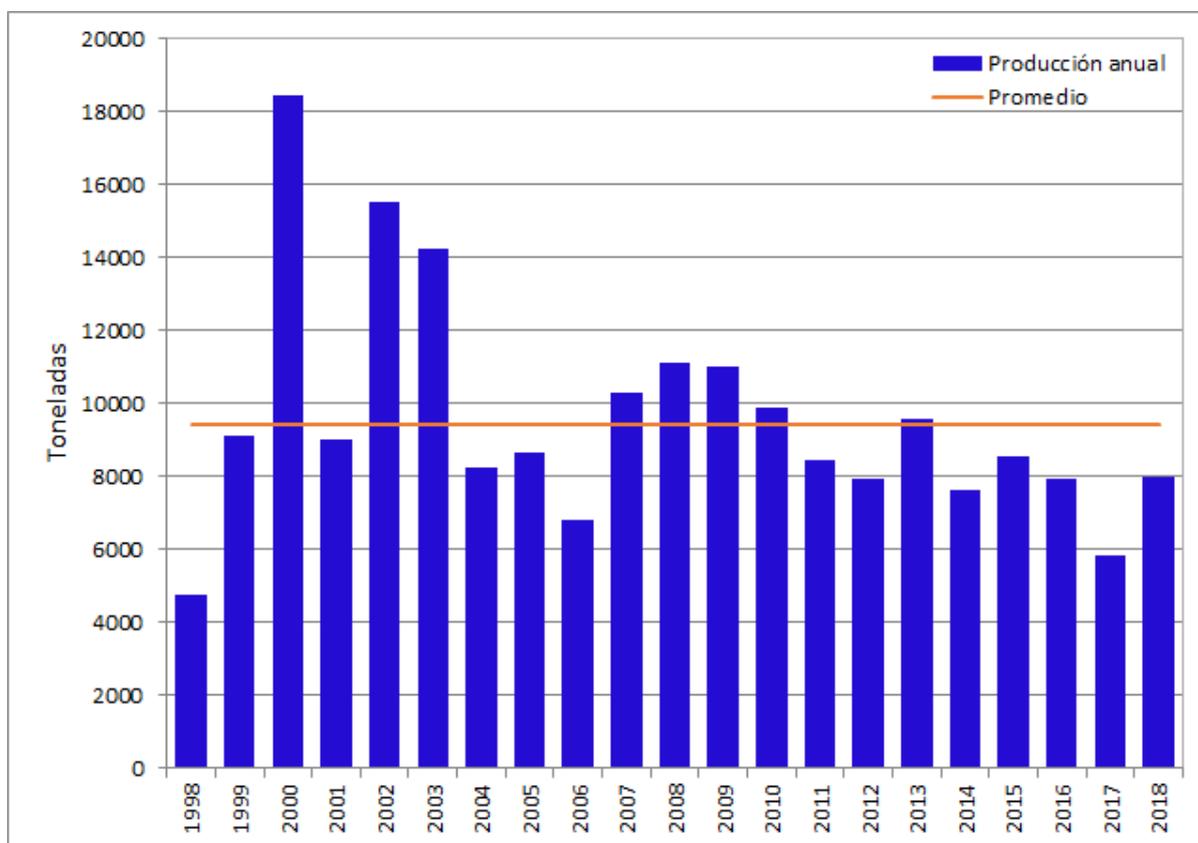
En la tabla 18 se aprecia que desde 1998 hasta el 2018, la mayor producción de maíz choclo en la cuenca del río cajamarquino, se obtuvo en el año 2000, donde se cosechó 18448 toneladas que representa una variación del 96 % con respecto al promedio de la Cuenca, posiblemente porque durante ese año el comportamiento de las precipitaciones fue mayormente normal, con una buena distribución de lluvias durante el período lluvioso, aunque cabe la posibilidad que también otros factores no estudiados en esta investigación hayan influido positivamente en este resultado. Contrariamente la menor

producción se consigue en 1998, donde se cosechó 4748 toneladas que representa una variación de -50 % con respecto a la media; probablemente esta baja producción se obtuvo como consecuencia del evento El Niño Oscilación Sur (ENOS) que se presentó ese año, produciendo excesos de precipitación desde enero hasta abril, principalmente en los distritos de Cajamarca, Jesús y Pedro Gálvez, lo cual produjo una pérdida en las cosechas de maíz choclo como consecuencia de las inundaciones de los terrenos de cultivo, así como también por la aparición de plagas y enfermedades en las plantas.

El análisis también muestra una baja producción de maíz choclo en el año 2017, donde la producción de este cultivo fue de 5847,1 toneladas, que representa una variación de -38 % con respecto a la media, es decir la producción más baja después de 1998; esto definitivamente debido a la ocurrencia de un evento de sequía que se manifestó en gran parte de la Cuenca, desde setiembre hasta diciembre del 2016 y en algunas localidades hasta febrero de 2017; tomando en cuenta que en esta zona el maíz choclo se siembra desde julio hasta diciembre y se cosecha desde diciembre hasta junio, este período seco ocurrió durante las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz choclo, las cuales son muy sensibles al déficit hídrico, porque la falta de agua durante estas etapas de desarrollo influye en el llenado de granos. Asimismo los períodos secos en la sierra están asociados al descenso de las temperaturas nocturnas y a la ocurrencia de heladas agronómicas de origen radiativo, debido a la ausencia de nubosidad durante el día, en consecuencia la baja producción del maíz choclo también puede deberse a la presencia de heladas agronómicas que producen daño en las hojas, afectando la actividad fotosintética de las plantas y por lo tanto la producción.

Figura 33

Producción anual de maíz choclo en la cuenca del río Cajamarquino

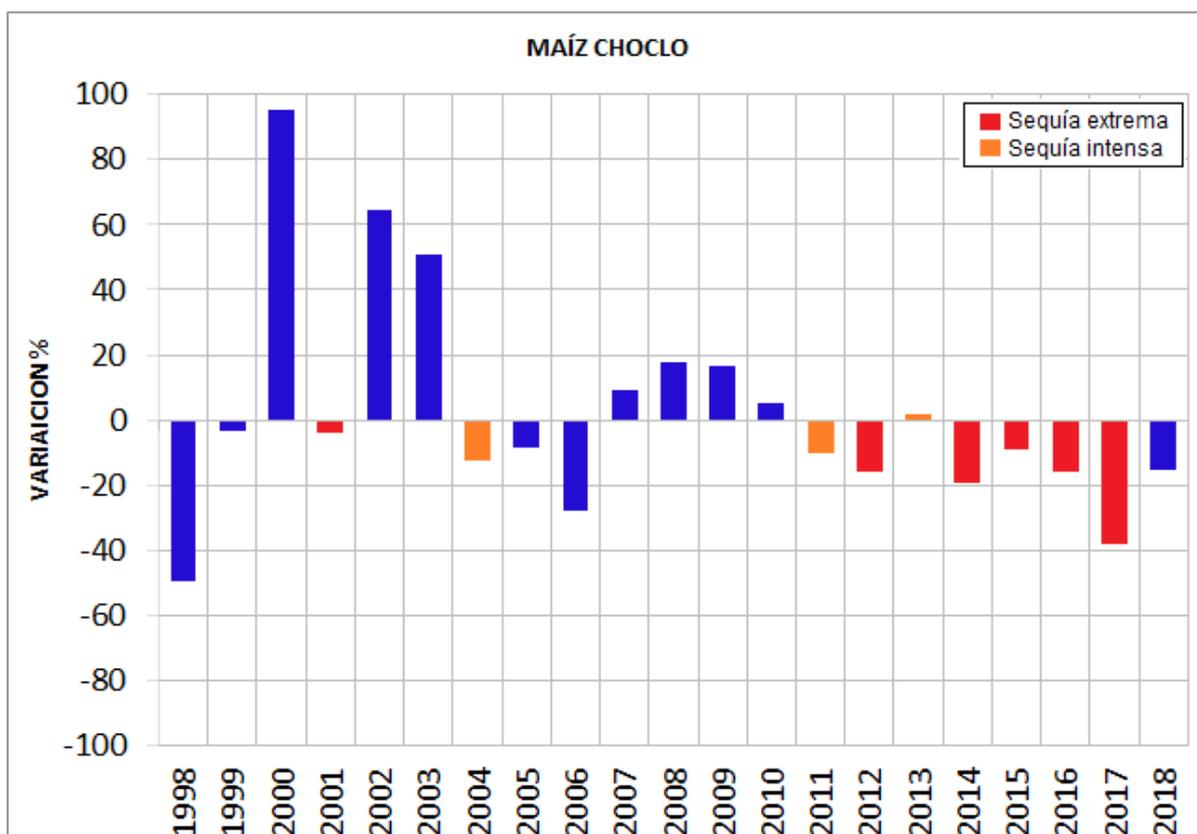


En la figura 33 se observa que desde 1998 hasta el 2018, los años con mayor producción de maíz choclo fueron el 2000, 2002 y 2003, porque durante esos años las precipitaciones acumularon valores mayormente normales y las lluvias se distribuyeron durante las etapas de mayor requerimiento hídrico del cultivo de maíz choclo. Asimismo se nota que los años con menor producción son 1998, 2006 y 2017, porque la reducción en la producción de maíz choclo durante los años 2006 y 2017, estuvieron asociadas a la ocurrencia de eventos de sequía durante las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de maíz, principalmente en los distritos de Jesús y Namora, que son los distritos de mayor producción en la Cuenca; no obstante en el año 1998, la baja producción se explica por lluvias excesivas durante el verano, las cuales produjeron daños por inundaciones, plagas y enfermedades.

Figura 34

Variación anual de la producción de maíz choclo en relación a su promedio y años con sequía extrema e intensa durante el ciclo de vida del cultivo en la cuenca del río

Cajamarquino



En la figura 34 se grafica la variación porcentual de la producción de maíz choclo con relación al promedio de la Cuenca, donde se puede observar que desde 1998 hasta 2018 esta producción presenta una variación negativa durante 13 años, en donde la producción anual de este cultivo fue menor al promedio. La coloración de las barras indica rojo para años con sequía extrema y color naranja para años con sequía intensa. Según esto, durante 8 años la reducción de la producción coincide con la ocurrencia de eventos de sequía intensa o sequía extrema en la cuenca del río Cajamarquino. Sobresalen el año 1998 con una variación de -50 % y el año 2017 con una variación de -38 %; en el primer caso la reducción de la producción de maíz choclo se puede

explicar por el exceso de precipitaciones como consecuencia del fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS); sin embargo, en el año 2017 la reducción de la producción está vinculada a la presencia de eventos de sequía extrema registrada en varias localidades de la Cuenca durante el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz, porque precisamente esas fases fenológicas son muy sensibles al requerimiento de agua.

Tabla 19

Producción anual en toneladas (t) de maíz amiláceo en los distritos de la cuenca del río

Cajamarquino

Año	t	Variación (t)	Variación (%)
1998	4220.7	1354.1	47.2
1999	2880.8	14.2	0.5
2000	6320.7	3454.1	120.5
2001	1748.1	-1118.5	-39.0
2002	2907.0	40.4	1.4
2003	3196.2	329.6	11.5
2004	2547.3	-319.3	-11.1
2005	3620.1	753.5	26.3
2006	3777.6	911.0	31.8
2007	3104.6	238.0	8.3
2008	3135.6	269.0	9.4
2009	2904.5	37.9	1.3
2010	2648.5	-218.2	-7.6
2011	2599.8	-266.8	-9.3
2012	2245.0	-621.6	-21.7
2013	2350.9	-515.7	-18
2014	2671.9	-194.7	-6.8
2015	2113.3	-753.3	-26.3
2016	1632.4	-1234.2	-43.1
2017	1750.3	1116.3	-38.9
2018	1823.3	1043.3	-36.4
Promedio		2866,6	

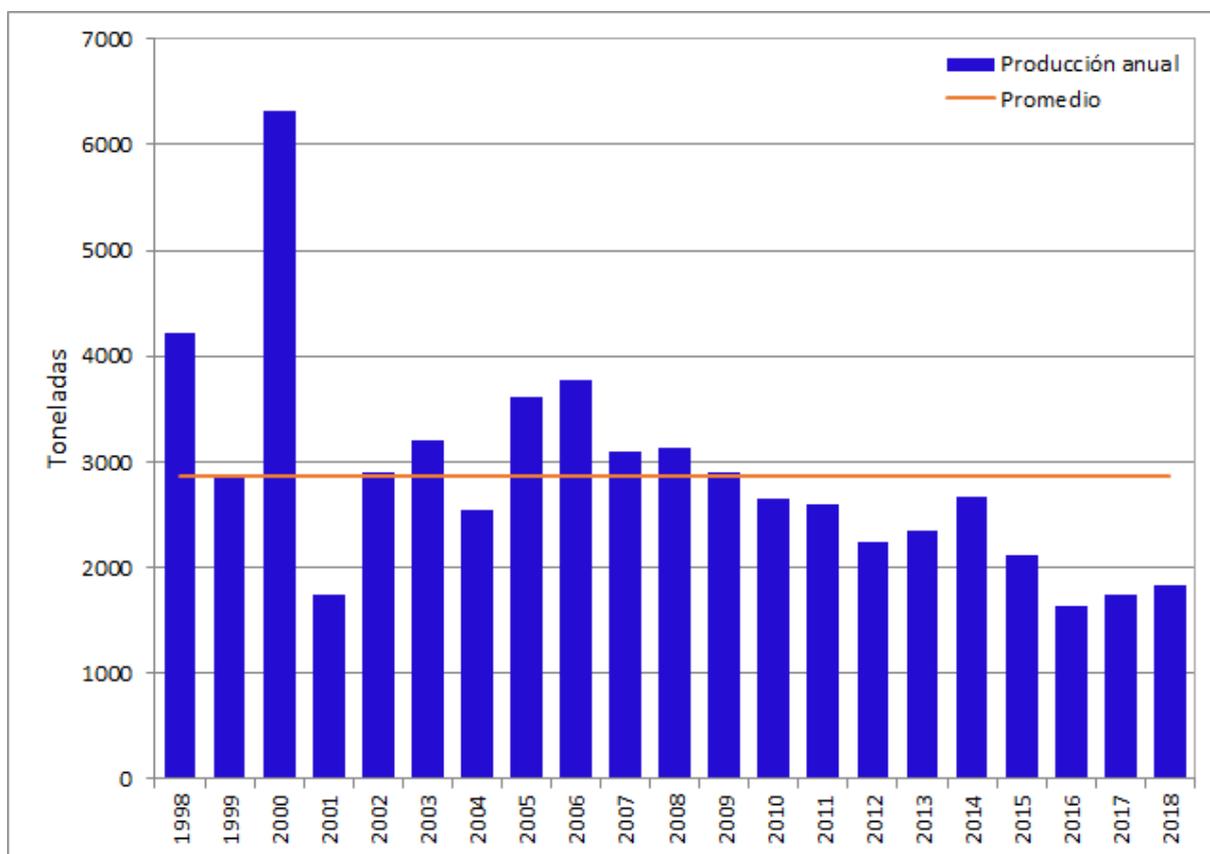
Nota. La información procede de la Dirección Regional Agraria Cajamarca (DRAC)

En la tabla 19 se presenta la producción anual de maíz amiláceo en los distritos de la cuenca del río Cajamarquino desde 1998 hasta el 2018, en la cual se aprecia que la producción oscila desde 1632,4 toneladas en el año 2016 hasta 6320,7 toneladas en el

año 2000. La mayor producción del año 2000, donde la variación fue de 120,5 % con respecto al promedio, posiblemente se relaciona con el comportamiento normal de las precipitaciones durante los meses de verano que coincide con el ciclo vegetativo y reproductivo del cultivo; sin embargo es posible que este comportamiento también esté influenciado por aspectos no analizados en este estudio. Contrariamente la menor producción conseguida en el año 2016, donde la variación de la producción fue de -43,1 % con respecto al promedio, fundamentalmente se debió a la ocurrencia de un evento de sequía que se manifestó en gran parte de la Cuenca, desde agosto del 2015 y se prolongó en algunas localidades hasta febrero del 2016, considerando que este cultivo en esta Cuenca se siembra desde setiembre hasta enero y se cosecha desde febrero hasta agosto, este evento seco afectó al maíz amiláceo durante sus etapas fenológicas sensibles a la deficiencia hídrica, aunque también la baja producción de ese año se debió a la ocurrencia de heladas agronómicas de tipo radiativo que suelen presentarse conjuntamente con las sequías, como consecuencia de la escasa nubosidad en los cielos y el descenso de las temperaturas nocturnas.

Figura 35

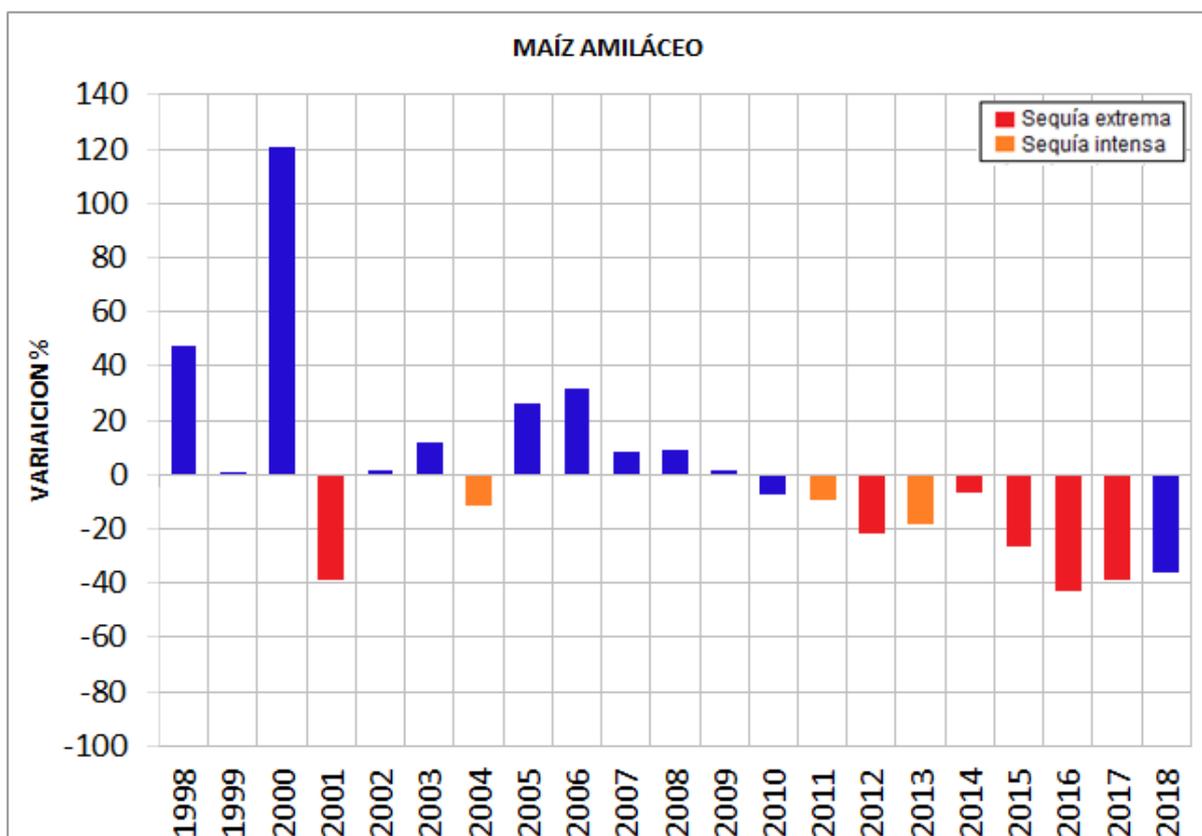
Producción anual de maíz amiláceo en la cuenca del río Cajamarquino



En la figura 35 se observa que los 4 años con mayor producción de maíz amiláceo fueron 1998, 2000, 2005 y 2006, posiblemente como resultado de precipitaciones normales o excesivas que incrementaron la disponibilidad hídrica durante las etapas de mayor requerimiento para los cultivos de maíz amiláceo, tomando en cuenta que este cultivo se siembra mayormente desde setiembre hasta enero. En esta figura también se aprecia que los 3 años con menor producción son 2001, 2016 y 2017, donde la reducción en la producción de maíz amiláceo, estuvo relacionada a la ocurrencia de eventos de sequía durante las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de maíz en la Cuenca; porque este cultivo se siembra en condiciones de secano y la deficiencia de lluvias se produjo durante los meses del verano, cuando las plantas estuvieron en pleno crecimiento vegetativo.

Figura 36

Variación anual de la producción de maíz amiláceo en relación a su promedio y años con sequía extrema e intensa durante el ciclo de vida del cultivo en la cuenca del río Cajamarquino



En la figura 36 se ilustra la variación porcentual de la producción de maíz amiláceo con relación al promedio de la Cuenca, donde se aprecia que desde 1998 hasta 2018 esta producción presenta una variación negativa durante 11 años, en donde la producción anual del maíz amiláceo fue menor al promedio. La coloración de las barras indica rojo para años con sequía extrema y color naranja para años con sequía intensa. Según esto, durante 9 años la reducción de la producción coincide con la ocurrencia de eventos de sequía intensa o sequía extrema en la cuenca del río Cajamarquino. Sobresalen los años 2001, 2016 y 2017, donde la variación de la producción fue -39,0 %, -43,1 % y -38,9 % respectivamente, como efecto de la existencia de eventos de sequía extrema en varias

localidades de la Cuenca, porque la deficiencia de lluvias se produjo durante las etapas de desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz amiláceo, afectando el llenado de granos; además porque la sequía estuvo relacionada con la presencia de heladas agronómicas de origen radiativo.

Tabla 20

Producción anual en toneladas (t) de papa en los distritos de la cuenca del río

Cajamarquino

Año	t	Variación (t)	Variación (%)
1998	46880.1	4997.8	11.9
1999	52498.0	10615.7	25.3
2000	53605.5	11723.2	28.0
2001	39123.5	-2758.8	-6.6
2002	68434.5	26552.2	63.4
2003	57792.5	15910.2	38.0
2004	26139.1	-15743.2	-37.6
2005	40154.7	-1727.5	-4.1
2006	40173.7	-1708.6	-4.1
2007	34251.5	-7630.8	-18.2
2008	50885.3	9003.0	21.5
2009	50105.1	8222.8	19.6
2010	39227.5	-2654.8	-6.3
2011	43017.0	1134.7	2.7
2012	36710.8	-5171.5	-12.3
2013	35575.0	-6307.3	-15.1
2014	37322.3	-4560.0	-10.9
2015	35893.7	-5988.6	-14.3
2016	33966.7	-7915.6	-18.9
2017	38023.1	-3859.2	-9.2
2018	32774.0	-9108.2	-21.7
Promedio		41882,3	

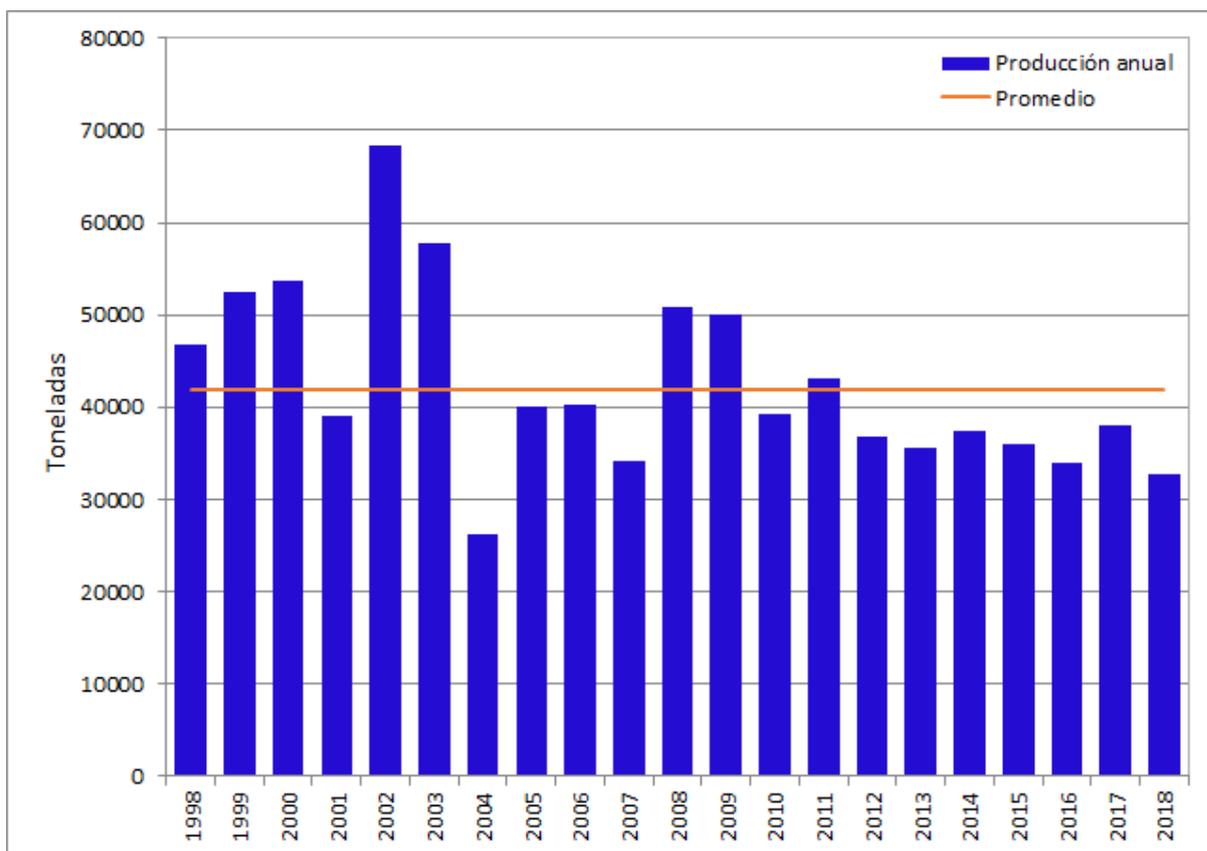
Nota. La información procede de la Dirección Regional Agraria Cajamarca (DRAC).

En la tabla 20 se muestra la producción anual de papa en los distritos de la cuenca del río Cajamarquino desde 1998 hasta el 2018, donde se observa que la producción oscila desde 26139,1 toneladas en el año 2004, hasta 68434,5 toneladas en el año 2002. La

mayor producción del año 2002, donde la variación con respecto al promedio fue de 63,4 %, puede estar relacionada con el comportamiento normal de las precipitaciones durante gran parte del ciclo de vida del cultivo. Contrariamente la menor producción en el año 2004, donde la variación de la producción fue de -37,6 % con respecto al promedio, posiblemente por la ocurrencia de un evento de sequía que se manifestó en gran parte de la Cuenca, desde febrero hasta mayo del 2004, afectando a los cultivos de papa sembrados al seco durante las etapas fenológicas sensibles a la deficiencia hídrica, tomando en cuenta que este cultivo mayormente se siembra desde agosto hasta noviembre y se cosecha desde diciembre hasta abril.

Figura 37

Producción anual de papa en la cuenca del río Cajamarquino

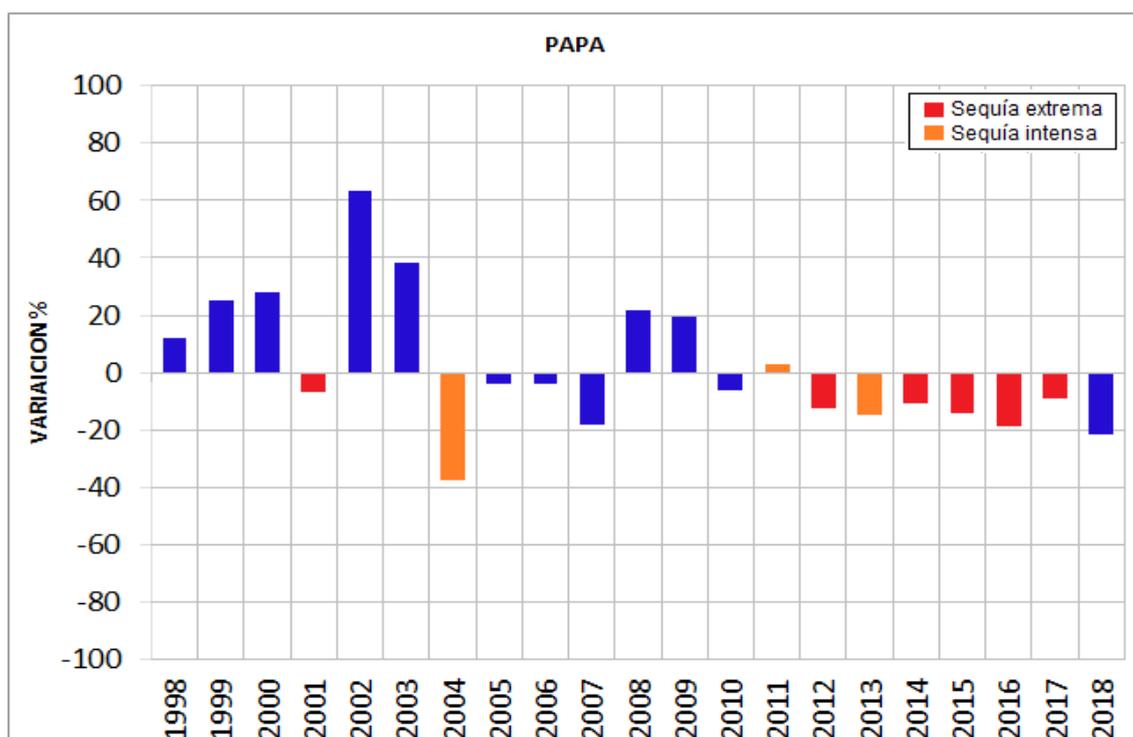


En la figura 37 se muestra que los 4 años con mayor producción de papa en la cuenca del río Cajamarquino fueron 1999, 2000, 2002 y 2003, posiblemente por efecto de la presencia de precipitaciones normales y/o excesivas que incrementaron la disponibilidad hídrica para este cultivo durante sus etapas fenológicas de mayor requerimiento de agua, aunque también la mayor producción puede deberse a factores no considerados en este estudio. También se aprecia que los 3 años con menor producción son 2004, 2016 y 2018; donde la disminución en la producción de papa podría explicarse por la ocurrencia de eventos de sequía durante las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de papa en la Cuenca; así como también por la presencia de heladas agronómicas de origen radiativo, que en la sierra ocurren conjuntamente con la presencia de sequías, como resultado de la escasa nubosidad en los cielos durante las madrugadas, lo cual provoca la pérdida de calor desde la superficie y la disminución de la temperatura del aire, dañando hojas y tallos, provocando una disminución de su capacidad fotosintética y por lo tanto una menor producción.

Figura 38

Variación anual de la producción de papa en relación a su promedio y años con sequía extrema e intensa durante el ciclo de vida del cultivo en la cuenca del río

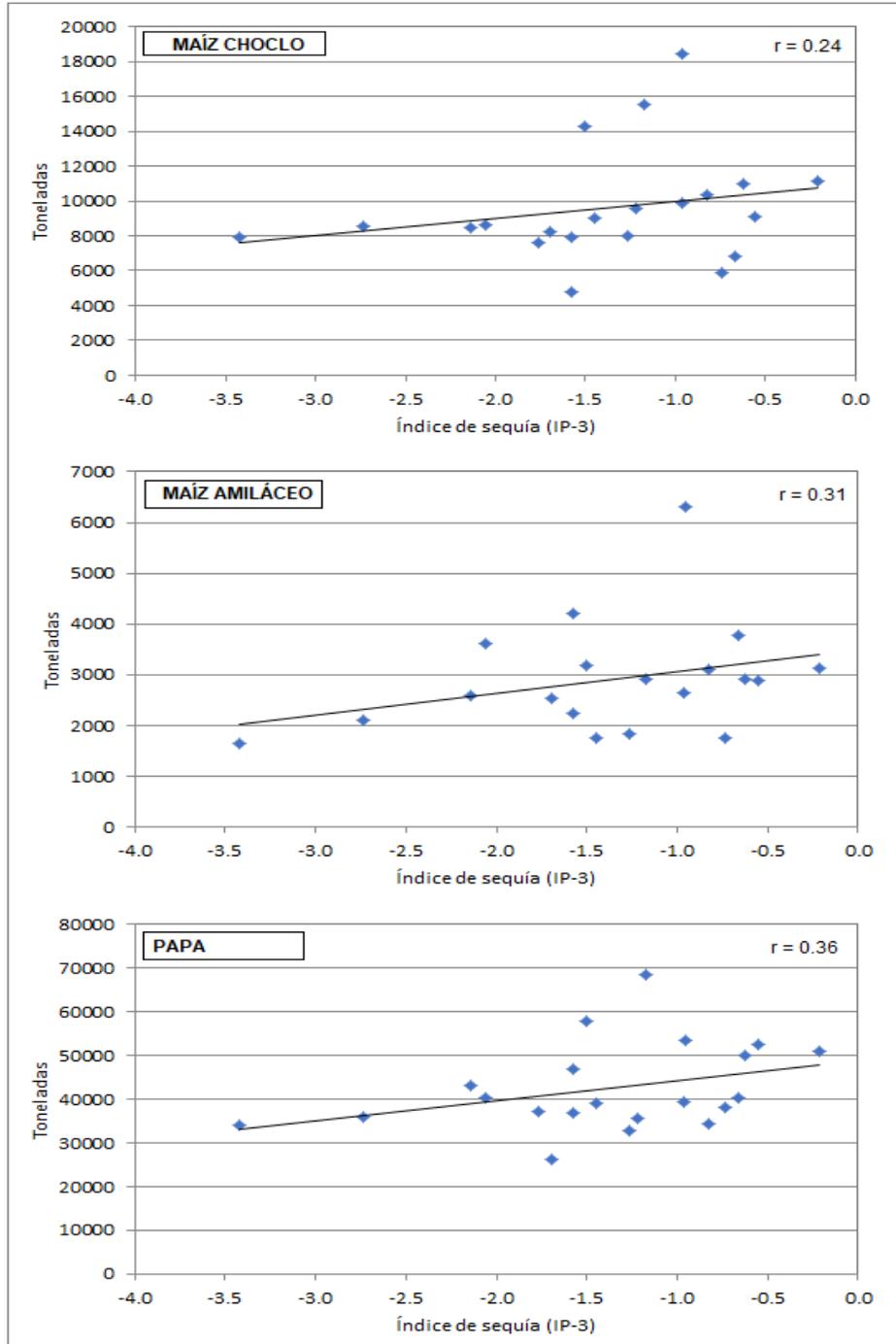
Cajamarquino



En la figura 38 se muestra la variación porcentual de la producción de papa con relación al promedio de la Cuenca, donde se aprecia que desde 1998 hasta 2018 esta producción presenta una variación negativa durante 13 años, en donde la producción anual de papa fue menor al promedio. La coloración de las barras indica rojo para años con sequía extrema y color naranja para años con sequía intensa. En esta figura se aprecia que durante 8 años la reducción de la producción de papa coincide con la ocurrencia de eventos de sequía intensa o sequía extrema. Sobresalen los años 2004 y 2016, donde la variación de la producción fue -37,6 % y -18,9 % respectivamente y la reducción de la producción se explicaría por la presencia de eventos de sequía extrema e intensa, así como también por la ocurrencia de heladas agronómicas radiativas registradas en varias localidades de la Cuenca, durante el ciclo de vida del cultivo.

Figura 39

Relación entre la producción anual de los principales cultivos y las sequías en la cuenca del río Cajamarquino durante el período 1998-2018.



En la figura 39 se muestra la relación entre la producción anual de los cultivos de maíz choclo, maíz amiláceo y papa, con la ocurrencia de sequías en la cuenca del río

Cajamarquino desde 1998 hasta 2018, donde se aprecia que existe una muy baja correlación entre la producción anual de los principales cultivos y la ocurrencia de sequías, posiblemente porque los menores valores de producción no siempre se explican por el déficit de precipitaciones, sino también por la ocurrencia de excesos de precipitaciones en la Cuenca, así como también por otros factores que este estudio no considera; además cabe señalar que en algunos años los eventos secos ocurrieron en época de estiaje, donde mayormente no hay cultivos de maíz y papa en la Cuenca; sin embargo en algunos casos los menores valores de producción coinciden con los menores valores del índice de precipitación trimestral (IP-3), lo cual muestra que durante estos períodos la deficiencia hídrica afectó la producción de los cultivos.

La mayor correlación ($r=0,36$) se observa en el cultivo de papa, porque en 8 de los 13 años donde la producción fue menor al promedio, ocurrieron eventos de sequía durante el período de vida del cultivo. Sin embargo en los cultivos de maíz choclo y maíz amiláceo se aprecia una correlación menor ($r=0,24$ y $r=0,31$), posiblemente porque en ambos cultivos ocurrieron disminuciones en la producción relacionadas a la ocurrencia de otros eventos climáticos adversos como excesos de precipitación, heladas radiativas o posiblemente por efecto de factores no tratados en este análisis.

Ante estos resultados es importante señalar que en la cuenca del río Cajamarquino, al igual que en gran parte de la sierra peruana, las sequías están asociadas a la presencia de cielos despejados, fuerte brillo solar al medio día y ocurrencia de heladas de origen radiativo, las cuales son condiciones que afectan fuertemente a los cultivos porque producen estrés térmico e hídrico, lo cual produce retardo en el desarrollo de las plantas, marchitez de hojas y en casos extremos muerte de plantas, afectando fuertemente la producción.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. Se halló que existe variabilidad interanual de las precipitaciones en la cuenca del río Cajamarquino, identificando períodos de exceso de precipitaciones y períodos de déficit de precipitaciones a través de los años.
2. Se detectó entre 20 y 33 eventos de sequías en la cuenca del río Cajamarquino entre 1998 y 2018, la mayoría de intensidad moderada; destacando las sequías ocurridas en el 2001 y 2015 por ser las más extremas; también la sequía del 2016 por ser la de mayor duración.
3. Se encontró una alta correlación lineal ($r = 0,6$) entre la ocurrencia de sequías y la variabilidad climática en la cuenca del río Cajamarquino.
4. Se halló una muy baja correlación lineal entre la producción anual de los cultivos de maíz choclo ($r=0,24$), maíz amiláceo ($r=0,31$) y papa ($r=0,36$) con la ocurrencia de sequías en la cuenca del río Cajamarquino desde 1998 hasta 2018.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adger, W., Agrawala, S., Mirza, M., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit B., and Takahashi, K. (2007). Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., Van der Linden, P. and Hanson, C. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, P 717-743. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/200471811_Assessment_of_Adaptation_Practices_Options_Constraints_and_Capacity
- Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET). (2018). Diccionario ilustrado de meteorología. Recuperado de https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/422_anomalia-climatica
- Alva, E. (2011). Variaciones térmicas y pluviométricas como indicadores del cambio climático en el valle de Cajamarca. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Barros, V. (2006). El cambio climático global. Buenos aires, Argentina: Libros del zorzal. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?isbn=9789871081882>
- Blanco, P. (2017). Tipos de precipitaciones según su origen en el nordeste argentino durante el período 1981-1990. Recuperado de https://redargentinadegeografiafisica.files.wordpress.com/2017/11/eje7_blanco-pedro.pdf

- Chira, J., y Rosas, G. (2004). Guía básica de meteorología. Lima, Perú. SENAMHI.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). (2015). Efectos del cambio climático en la costa oeste de América Latina, dinámica, tendencias y variabilidad climática. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3955/4/S1500961_es.pdf
- Cuadrat, J., y Pita, M. (1997). Climatología. Primera edición. Madrid, España: Cátedra.
- Cuadrat, J., y Pita, M. (2004). Climatología. Segunda edición. Madrid, España: Cátedra.
- Cunha, G., Dalmago, G. Estefanel, V., Pasinato, A., y Moreira, M. (2001). El Niño-Oscilación del Sur e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia. 9 (1) 137-145.
- Dávila, M. (2018). Efectos adversos del cambio climático en la disponibilidad del agua para uso agrario y poblacional, en la subcuenca Tres Ríos-San Lucas, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3352/T016_42125175_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Campo, J., Chagollán, F., Del Campo, I., López, I., Gonzales, F., Romo, L., y Rosalío, A. (2006). Geografía. Ediciones Umbral. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?isbn=9685607389>
- Dirección Regional de Agricultura de Cajamarca (DRAC). (2016). Situación actual de la actividad agraria, como consecuencia de la sequía y heladas en la región Cajamarca. Informe técnico. Cajamarca, Perú: DRAC.

- Elías, F., y Castellvi, F. (2001). Agrometeorología. 2da edición, pp. 185-187 y 147. Madrid, España: Ediciones Mundi - Prensa.
- Endara, S., Acuña, J., Vega, f., Febre, C., Correa, K., y Ávalos, G. (2019). Caracterización espaciotemporal de las sequías en los departamentos altoandinos del Perú (1981-2019). Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-78.pdf>
- Febre, C. (2017). Causas de sequías severas en el sur del Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-56.pdf>
- Figueroa, R. (2018). Cálculo del índice de vulnerabilidad climática de recursos hídricos en la región Cajamarca 2018. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13988/Figueroa%20Alfaro%20Richard%20Wagner.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Figueruelo, J., y Marino, M. (2004). Química física del ambiente y de los procesos medioambientales. Editorial Reverté, Barcelona, España. 592p. Recuperado de <https://www.google.com.pe/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=isbn:9788429179033>
- Gómez, S. (2003). Análisis de vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación, Turrialba, Costa Rica. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0138e/A0138e.pdf>

- Gómez, I. (2019). Cambio climático. P.30. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=JsvIDwAAQBAJ&dq=el+sistema+clim%C3%A1tico&source=gbs_navlinks_s
- González. (2002). Reducción de la vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos extraordinarios. Recuperado de <http://www.proteccioncivil.net/PDF/riesgos-naturales3.pdf>.
- Gobierno Regional de Cajamarca (GORECAJ). (2016). Estrategia regional frente al cambio climático Cajamarca al 2030. Cajamarca. Perú: GORECAJ.
- Henríquez, E., y Navarro, P. (2011). Análisis del déficit hídrico en la agricultura de la región del Maule, Chile. Revista Interamericana de Ambiente y Turismo, 7 (1), 25-32. Recuperado de <http://riat.ugal.cl/index.php/test/article/download/141/pdf>
- Hijmans, R. De la Cruz, J., y Zorogastúa, P. (1999). Atlas digital de los recursos naturales de Cajamarca. Recuperado de <https://studylib.es/doc/7456266/atlas-digital-de-los-recursos-naturales-de-cajamarca>
- Hurtado, G. (1996). Estadísticas de sequías y heladas meteorológicas en Colombia. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Icochea, L., y Olivera, H. (2003). Sistema El Niño Oscilación Sur. Recuperado de <https://tarwi.lamolina.edu.pe/licochea/enos/tema/1/enos1.html>
- Instituto Geofísico del Perú (IGP). (2014). El Índice Costero El Niño, historia y actualización. Avances de investigación, 1 (2). Recuperado de https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/4639/Takahashi_etal_2014_El-Indice-Costero-El-Nino-ICEN-historia-y-actualizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Instituto de Meteorología e Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2001). Manual del observador meteorológico. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/013353/ManualOMeteorologico.pdf>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). La variabilidad climática y el cambio climático en Colombia. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023778/variabilidad.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2013). Cajamarca, perfil agropecuario. IV Censo nacional Agropecuario 2012. Lima, Perú: INEI.
- Inzunza, J. (2003). "Meteorología Descriptiva". Santiago de Chile, Chile: Universidad de Concepción, Dpto. de Geofísica, 5ta versión. Pp. 141. Recuperado de https://redargentinadegeografiafisica.files.wordpress.com/2017/11/eje7_blanco-pedro.pdf
- Lanza, G., Cáceres, C., Adame, S., y Hernández, S. (1999). Diccionario de hidrología y ciencias afines. México D.F., México: Plaza y Valdés. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=My27250twg0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Lapinel, B., y Báez, R. (2006). Sistema de diagnóstico y vigilancia regional de la sequía. Memorias de la V Conferencia Mundial Proyecto FRIEND AMIGO para América Latina y el Caribe. La Habana, Cuba.
- León, K. (2014). Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos el niño (1982-83 y 1997-98) en la costa norte peruana". Tesis de grado.

Universidad Nacional Agraria La Molina, p. 21. Lima. Perú. Recuperado de <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/922>

Loaiza, W., Carvajal, Y., y Baquero, O. (2015). Índice estandarizado de precipitación (SPI) para la caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca del río Dagua-Colombia. *Estudios Geográficos* (76) 279 557-578. Recuperado de <http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/463>

Lozano, W. (2018). *Clima, hidrología y meteorología para ciencias ambientales e ingeniería*. P.19. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=81B1DwAAQBAJ&dq=meteorolog%C3%ADa+y+climatologia&source=gbs_navlinks_s

Marcos, M. (2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas*. (26). f: p 66. Recuperado de: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/363/1/Marcos%20Valiente-Sequia.pdf>

Martín, V. (2016a). *El sistema climático de la tierra*. Facultad de Ciencias, Universidad de la república. Montevideo, Uruguay. Recuperado de http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/teorico_climatologia_2016/TEM_A1_climatologia2016.pdf

Melo, J. (2018). *Agrometeorología*. P 108. Recuperado de https://issuu.com/livrospublindustria/docs/agrometeorologia_preview

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2015). *El clima del Perú*. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/53-sector-agrario/el-clima/366-generalidades>

Montealegre J., y Pabón, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña–Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*. (2), 7-21. Recuperado de

http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero02/02_02.pdf

Montealegre. (2004). Escalas de la Variabilidad Climática. Bogotá, Colombia: IDEAM.

Moreno, J. (2009). Elementos y factores climáticos: los climas. Recuperado de https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_25/M_JOSE_MORENO_2.pdf

Navarrete, R. (2018). El clima y la atmósfera. Recuperado de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/b_atotonilco_tula/2018/Clima_atmosfera.pdf

Ordoñez, J. (2011). Ciclo hidrológico. Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.

Ordoñez, J. (2011). Balance hídrico superficial. Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima., p 12.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (1992). Vocabulario Meteorológico Internacional. Publicación N° 182. Ginebra, Suiza. P 85.

_____. (2010). Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológica, Ginebra, Suiza. OMM.

_____. (2011). Guía de prácticas Climatológicas, e: p 4-17. Ginebra, Suiza: OMM.

_____. (2012). Índice normalizado de precipitación - Guía de usuario. Ginebra, Suiza: OMM.

_____. (2016). Manual de indicadores e índice de sequía, b: p 3; c: p 5; d: p 14. Ginebra, Suiza: OMM.

(2017). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climatológicas. Ginebra, Suiza: OMM.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). Gestión del riesgo de sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as447s.pdf>

(2018). Los desastres causan pérdidas agrícolas millonarias, con la sequía a la cabeza. Recuperado de <http://www.fao.org/news/story/es/item/1107192/icode/>

Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). (2007). Cambio climático 2007 informe de síntesis. P 89, 77. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.

Pantoja, H., Díaz, N., y Mendoza, P. (2008). Impacto económico en Lambayeque, asociados al intenso régimen hidrológico de la fase enero mayo 2008. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú Lambayeque, Perú.

Paredes, F., Guevara, E., y Barbosa, H. (2016). Influencia del fenómeno El Niño sobre las sequías de gran cobertura en la cuenca del río Caroni, Venezuela. Recuperado de www.researchgate.net/publication/308919417_influencia_del_fenomeno_el_nino_sobre_las_sequias_de_gran_cobertura_en_la_cuenca_del_rio_caroni_venezuela

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2000). El desarrollo humano en Nicaragua 2000. Equidad para superar la vulnerabilidad. Managua, Nicaragua: PNUD.

- Podestá, G., Veiga, H., Herrera, N., y Skansi, M. (2016). Descripción de índices para el monitoreo de sequía meteorológica implementados por el Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur. Serie Reportes Técnicos – Reporte Técnico CRC-SAS-2015-001. Recuperado de https://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf
- Ramírez, C. (2015). Variabilidad climática local y su relación con eventos del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en la vertiente del Pacífico. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar. Escuintla, Guatemala. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/Ramirez-Carlos.pdf>
- Riebeek, H. 2005. The rising cost of natural hazards, NASA earth observatory. Recuperado de <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RisingCost/printall.php>.
- Rogers, R. (2003). Física de las nubes. Barcelona, España: Reverté.
- Sánchez, F. (2008). Precipitaciones. Salamanca, España. Recuperado de <http://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>
- Serrano, S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacís, M. (2012a). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el distrito metropolitano de Quito. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, 16 (2), 23-47. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8828>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2005). Manual de funciones del observador meteorológico. Lima, Perú: SENAMHI.

-
- _____ (2009).
Escenarios climáticos para el Perú para el año 2030. Lima, Perú: SENAMHI-MINAM
-
- _____ (2010). Atlas de heladas del Perú. Lima, Perú: SENAMHI.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2013). Normales decadales de temperatura y precipitación. Calendario de siembras y cosechas. Lima Perú: SENAMHI-MINAGRI.
-
- _____ (2014). El fenómeno El Niño. Lima, Perú: SENAMHI.
-
- _____ (2016).
Comportamiento hidrometeorológico de la región Cajamarca: Agosto 2015 – julio 2016. SENAMHI – DIRECCIÓN Zonal 3, 51 p.
-
- _____ (2017). Boletín agrometeorológico mensual. 4 (7), 13. Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/03708SENA-23.pdf>.
-
- _____ (2019_a). Reporte hidrológico del río Cajamarca 2019-2020. Cajamarca, Perú
-
- _____ (2019_b). Reporte hidrológico del río Mashcón 2019-2020. Cajamarca, Perú

- Soto, D. (2013). Las condiciones de sequía y estrategias de gestión en el Perú. Recuperado de http://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Peru_2013.pdf
- Takahashi, K., Montesinos, A., Goubanova, K., y Dewitte, B. (2011). ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. Recuperado de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2011GL047364>
- Vásquez, N. (2009). Cambio Climático. Recuperado de: <http://www.cambioclimatico.org/contenido/la-variabilidad-una-constante-en-nuestro-clima>
- Vega, F. (2018). Variabilidad espacio-temporal de las sequías en el Perú y el peligro asociado al Fenómeno del Niño. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3798>
- _____ (2016). Análisis del riesgo de sequías en el Perú. Recuperado de <http://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/108/AnalisisRiesgo.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Velasco I., Ochoa L. y Gutiérrez C. (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. P.1-2. Región y Sociedad, XVII (34) 35–71.
- Vergara, K. (2011). Variabilidad climática, percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1240/vergara_rodriiguez_karla_variabilidad.pdf?sequence=1

Zúñiga, I, y Crespo, E. (2010). Meteorología y climatología. Editorial UNED, España.

Recuperado

de

<https://www.google.com.pe/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=isbn:>

9788436277326

CAPÍTULO VII

ANEXOS Y APENDICES

Anexo 1

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-La Encañada en base a sus anomalías.

Año	Precipitación Total (mm)	Precipitación Normal (mm)	Anomalía (%)	Clasificación Variabilidad
1998	1085,8	985,5	+10,2	Normal
1999	1236,3	985,5	+25,4	Exceso Moderado
2000	883,6	985,5	-10,3	Normal
2001	1032,4	985,5	+4,8	Normal
2002	956,3	985,5	-3,0	Normal
2003	783,3	985,5	-20,5	Déficit Moderado
2004	878,5	985,5	-10,9	Normal
2005	1003,8	985,5	+1,9	Normal
2006	1024,0	985,5	+3,9	Normal
2007	1026,7	985,5	+4,2	Normal
2008	1023,5	985,5	+3,9	Normal
2009	1017,9	985,5	+3,3	Normal
2010	860,0	985,5	-12,7	Normal
2011	845,2	985,5	-14,2	Normal
2012	942,0	985,5	-4,4	Normal
2013	802,6	985,5	-18,6	Normal
2014	952,6	985,5	-3,3	Normal
2015	928,0	985,5	-5,8	Normal
2016	820,5	985,5	-16,7	Normal
2017	1007,1	985,5	+2,2	Normal
2018	1083,0	985,5	+9,9	Normal

Anexo 2

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación MAP-Agosto

Weberbauer en base a sus anomalías

Año	Precipitación Total (mm)	Precipitación Normal (mm)	Anomalía (%)	Clasificación Variabilidad
1998	765,2	667,5	+14,6	Normal
1999	820,7	667,5	+23,0	Exceso moderado
2000	716,8	667,5	+7,4	Normal
2001	908,6	667,5	+36,1	Exceso moderado
2002	634,9	667,5	-4,9	Normal
2003	528,9	667,5	-20,8	Déficit moderado
2004	625,9	667,5	-6,2	Normal
2005	586,3	667,5	-12,2	Normal
2006	689,6	667,5	+3,3	Normal
2007	751,2	667,5	+12,5	Normal
2008	720,9	667,5	+8,0	Normal
2009	794,8	667,5	+19,1	Normal
2010	644,5	667,5	-3,4	Normal
2011	615,2	667,5	-7,8	Normal
2012	823,9	667,5	+23,4	Exceso moderado
2013	717,9	667,5	+7,6	Normal
2014	618,3	667,5	-7,4	Normal
2015	772,3	667,5	+15,7	Normal
2016	522,8	667,5	-21,7	Déficit moderado
2017	767,5	667,5	+15,0	Normal
2018	730,4	667,5	+9,4	Normal

Anexo 3

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-Namora en base a sus anomalías

Año	Precipitación Total (mm)	Precipitación Normal (mm)	Anomalía (%)	Clasificación Variabilidad
1998	1028,5	837,9	+22,7	Exceso moderado
1999	1013,3	837,9	+20,9	Exceso moderado
2000	1015,4	837,9	+21,2	Exceso moderado
2001	1071,9	837,9	+27,9	Exceso moderado
2002	978,3	837,9	+16,8	Normal
2003	708,8	837,9	-15,4	Normal
2004	678,0	837,9	-19,1	Normal
2005	796,1	837,9	-5,0	Normal
2006	899,4	837,9	+7,3	Normal
2007	1086,9	837,9	+29,7	Exceso moderado
2008	946,4	837,9	+12,9	Normal
2009	1163,6	837,9	+38,9	Exceso moderado
2010	772,5	837,9	-7,8	Normal
2011	836,7	837,9	-0,1	Normal
2012	950,9	837,9	+13,5	Normal
2013	877,3	837,9	+4,7	Normal
2014	850,4	837,9	+1,5	Normal
2015	982,3	837,9	+17,2	Normal
2016	747,1	837,9	-10,8	Normal
2017	941,0	837,9	+12,3	Normal
2018	912,3	837,9	+8,9	Normal

Anexo 4

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-Sondor en base a sus anomalías

Año	Precipitación Total (mm)	Precipitación Normal (mm)	Anomalía (%)	Clasificación Variabilidad
1998	1180,8	1104,5	+6,9	Normal
1999	1097,7	1104,5	-0,6	Normal
2000	1159,8	1104,5	+5,0	Normal
2001	1217,8	1104,5	+10,3	Normal
2002	1197,7	1104,5	+8,4	Normal
2003	784,9	1104,5	-28,9	Déficit moderado
2004	853,2	1104,5	-22,8	Déficit moderado
2005	1124,8	1104,5	+1,8	Normal
2006	1310,4	1104,5	+18,6	Normal
2007	1086,5	1104,5	-1,6	Normal
2008	1143,9	1104,5	+3,6	Normal
2009	1491,2	1104,5	+35,0	Exceso moderado
2010	1047,3	1104,5	-5,2	Normal
2011	946,7	1104,5	-14,3	Normal
2012	1027,7	1104,5	-6,9	Normal
2013	831,5	1104,5	-24,7	Déficit moderado
2014	917,9	1104,5	-16,9	Normal
2015	983,2	1104,5	-11,0	Normal
2016	676,6	1104,5	-38,7	Déficit moderado
2017	925,6	1104,5	-16,2	Normal
2018	941,3	1104,5	-14,8	Normal

Anexo 5

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-Jesús en base a sus anomalías

Año	Precipitación Total (mm)	Precipitación Normal (mm)	Anomalía (%)	Clasificación Variabilidad
1998	755,5	709,3	+6,5	Normal
1999	825,3	709,3	+16,3	Normal
2000	704,1	709,3	-0,7	Normal
2001	978,1	709,3	+37,9	Exceso moderado
2002	716,3	709,3	+1,0	Normal
2003	525,7	709,3	-25,9	Déficit moderado
2004	560,8	709,3	-20,9	Déficit moderado
2005	546,4	709,3	-23,0	Déficit moderado
2006	743,9	709,3	+4,9	Normal
2007	748,1	709,3	+5,5	Normal
2008	743,7	709,3	+4,8	Normal
2009	896,4	709,3	+26,4	Exceso moderado
2010	567,4	709,3	-20,0	Déficit moderado
2011	663,1	709,3	-6,5	Normal
2012	726,0	709,3	+2,3	Normal
2013	723,0	709,3	+1,9	Normal
2014	581,7	709,3	-18,0	Normal
2015	721,1	709,3	+1,7	Normal
2016	470,5	709,3	-33,7	Déficit moderado
2017	779,7	709,3	+9,9	Normal
2018	666,9	709,3	-6,0	Normal

Anexo 6

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación CO-San Marcos en base a sus anomalías

Año	Precipitación Total (mm)	Precipitación Normal (mm)	Anomalía (%)	Clasificación Variabilidad
1998	901,3	750,9	+20,0	Exceso moderado
1999	894,7	750,9	+19,2	Normal
2000	706,2	750,9	-6,0	Normal
2001	995,6	750,9	+32,6	Exceso moderado
2002	938,3	750,9	+25,0	Exceso moderado
2003	647,9	750,9	-13,7	Normal
2004	687,1	750,9	-8,5	Normal
2005	831,0	750,9	+10,7	Normal
2006	969,2	750,9	+29,1	Exceso moderado
2007	849,2	750,9	+13,1	Normal
2008	879,9	750,9	+17,2	Normal
2009	987,1	750,9	+31,5	Exceso moderado
2010	613,6	750,9	-18,3	Normal
2011	742,1	750,9	-1,2	Normal
2012	953,6	750,9	+27,0	Exceso moderado
2013	885,4	750,9	+17,9	Normal
2014	887,0	750,9	+18,1	Normal
2015	707,1	750,9	-5,8	Normal
2016	589,4	750,9	-21,5	Déficit moderado
2017	837,1	750,9	+11,5	Normal
2018	794,9	750,9	5,9	Normal

Anexo 7

Variabilidad interanual de las precipitaciones en la estación PE-Cachachi en base a sus anomalías

Año	Precipitación Total (mm)	Precipitación Normal (mm)	Anomalía (%)	Clasificación Variabilidad
1998	1185,7	883,2	+34,2	Exceso moderado
1999	1042,2	883,2	+18,0	Normal
2000	835,0	883,2	-5,5	Normal
2001	1102,3	883,2	+24,8	Exceso moderado
2002	1028,5	883,2	+16,4	Normal
2003	816,6	883,2	-7,5	Normal
2004	882,7	883,2	-0,1	Normal
2005	832,5	883,2	-5,7	Normal
2006	993,9	883,2	+12,5	Normal
2007	1160,5	883,2	+31,4	Exceso moderado
2008	1044,9	883,2	+18,3	Normal
2009	1519,4	883,2	+72,0	Exceso extremo
2010	821,5	883,2	-7,0	Normal
2011	992,5	883,2	+12,4	Normal
2012	1112,1	883,2	+25,9	Exceso moderado
2013	932,5	883,2	+5,6	Normal
2014	924,7	883,2	+4,7	Normal
2015	757,5	883,2	-14,2	Normal
2016	712,6	883,2	-19,3	Normal
2017	1128,4	883,2	+27,8	Exceso moderado
2018	954,5	883,2	+8,1	Normal

Anexo 8

Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-La

Encañada

A /M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	0.41	0.35	0.24	0.39	0.30	0.38	-0.01	-0.54	-0.26	0.07	-0.18	-0.17
1999	-0.21	0.50	0.23	0.16	-0.15	0.41	1.23	1.52	1.50	0.04	0.13	-0.05
2000	0.03	0.04	-0.08	0.03	0.04	0.14	0.37	0.18	0.78	-0.32	-0.44	-0.45
2001	0.32	0.29	0.22	-0.12	0.01	-0.12	-0.19	-0.88	-0.44	-0.03	0.03	0.01
2002	-0.25	-0.34	-0.11	0.04	0.01	-0.23	-0.61	-0.41	-0.44	0.14	0.10	0.29
2003	-0.10	-0.20	-0.39	-0.26	-0.25	-0.10	-0.04	0.46	-0.16	-0.13	0.02	-0.04
2004	-0.01	-0.24	-0.47	-0.50	-0.49	-0.27	-0.15	-0.15	0.08	0.31	0.28	0.44
2005	0.30	0.20	0.16	-0.03	-0.03	-0.44	-0.30	-0.38	-0.65	0.36	0.01	0.24
2006	-0.16	0.07	0.19	0.27	0.18	-0.04	-0.14	0.76	0.33	-0.21	-0.08	-0.17
2007	-0.01	-0.27	-0.03	0.03	0.29	0.12	0.01	-0.55	-0.33	0.02	0.14	0.16
2008	0.07	0.06	0.02	0.10	0.01	0.12	-0.14	0.42	0.39	0.31	0.23	-0.05
2009	0.24	0.00	0.21	-0.05	0.13	0.10	0.22	-0.02	-0.51	-0.35	-0.17	-0.13
2010	-0.18	-0.30	-0.17	-0.07	-0.05	-0.07	-0.25	-0.41	-0.29	-0.18	-0.08	-0.07
2011	-0.16	-0.22	-0.25	-0.10	-0.11	-0.08	-0.41	-0.59	0.05	-0.40	-0.24	-0.07
2012	0.33	0.26	-0.11	-0.27	-0.25	-0.05	-0.11	-0.45	-0.85	0.07	0.27	0.20
2013	-0.18	-0.40	-0.23	-0.27	-0.08	-0.12	0.64	0.03	-0.63	0.06	-0.23	-0.07
2014	-0.27	-0.02	-0.04	-0.05	-0.04	-0.07	0.01	-0.97	-0.27	-0.18	-0.07	0.04
2015	0.38	0.19	0.23	-0.07	0.19	-0.06	0.42	-0.74	-0.86	-0.81	-0.21	-0.30
2016	0.08	-0.22	-0.15	-0.32	-0.45	-0.48	-0.66	-0.22	0.05	-0.11	-0.36	-0.05
2017	0.04	0.22	0.15	0.14	0.26	0.08	0.15	0.49	-0.27	-0.13	-0.38	-0.12
2018	-0.12	0.26	-0.14	-0.05	0.00	0.58	0.91	-0.81	-0.08	-0.02	0.46	0.17
Frec.	3	8	4	5	4	4	5	12	12	5	6	2
	Sequía moderada				Sequía intensa				Sequía extrema			

Anexo 9

Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-La Encañada desde 1998-2018

EVENTO	INICIO	FIN	INTENSIDAD	DURACIÓN	CLASIFICACIÓN
1	ago-98	sep-98	-0.54	2 meses	Sequía intensa
2	ene-99	ene-99	-0.21	1 mes	Sequía moderada
3	oct-00	dic-00	-0.45	3 meses	Sequía intensa
4	ago-01	sep-01	-0.88	2 meses	Sequía extrema
5	ene-02	feb-02	-0.34	2 meses	sequia moderada
6	jun-02	sep-02	-0.61	4 meses	Sequía extrema
7	feb-03	may-03	-0.39	4 meses	sequía moderada
8	feb-04	jun-04	-0.50	5 meses	Sequía intensa
9	jun-05	sep-05	-0.65	4 meses	Sequía extrema
10	oct-06	oct-06	-0.21	1 mes	Sequía moderada
11	feb-07	feb-07	-0.27	1 mes	Sequía moderada
12	ago-07	sep-07	-0.55	2 meses	Sequía intensa
13	sep-09	oct-09	-0.51	2 meses	Sequía intensa
14	feb-10	feb-10	-0.30	1 mes	Sequía moderada
15	jul-10	sep-10	-0.41	3 meses	Sequía intensa
16	feb-11	mar-11	-0.25	2 meses	sequia moderada
17	jul-11	ago-11	-0.59	2 meses	Sequía intensa
18	oct-11	nov-11	-0.404	2 meses	Sequía intensa
19	abr-12	may-12	-0.27	2 meses	Sequía moderada
20	ago-12	sep-12	-0.85	2 meses	Sequía extrema
21	feb-13	abr-13	-0.404	3 meses	Sequía intensa
22	sep-13	sep-13	-0.63	1 mes	Sequía extrema
23	nov-13	nov-13	-0.23	1 mes	sequía moderada
24	ene-14	ene-14	-0.27	1 mes	Sequía moderada
25	ago-14	sep-14	-0.97	2 meses	Sequía extrema
26	ago-15	dic-15	-0.86	5 meses	Sequía extrema
27	feb-16	feb-16	-0.22	1 mes	Sequía moderada
28	abr-16	ago-16	-0.66	5 meses	Sequía extrema
29	nov-16	nov-16	-0.36	1 mes	Sequía moderada
30	sep-17	sep-17	-0.27	1 mes	Sequía moderada
31	nov-17	nov-17	-0.38	1 mes	Sequía moderada
32	ago-18	ago-18	-0.81	1 mes	Sequía extrema

Anexo 10

Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación MAP-

Weberbauer

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1998	0.54	0.33	0.57	0.54	0.64	-0.02	-0.42	-0.55	-0.44	-0.01	-0.22	-0.26	
1999	-0.23	0.47	0.34	0.27	-0.14	0.28	1.23	0.94	1.45	0.01	0.11	-0.20	
2000	-0.14	0.06	0.10	0.23	0.11	0.20	0.32	0.31	0.69	-0.22	-0.32	-0.16	
2001	0.60	0.58	0.72	0.31	0.53	-0.03	0.46	-0.32	0.13	-0.22	0.07	0.09	
2002	-0.05	-0.32	-0.27	-0.09	0.06	-0.02	-0.04	-0.04	-0.33	0.05	0.26	0.31	
2003	0.06	-0.24	-0.29	-0.30	-0.20	-0.14	0.24	0.46	-0.36	-0.31	-0.23	-0.10	
2004	-0.19	-0.16	-0.36	-0.32	-0.35	-0.20	0.32	0.91	0.46	0.09	0.08	0.33	
2005	0.35	0.00	-0.09	-0.18	-0.10	-0.41	-0.72	-0.64	-0.17	0.23	-0.06	0.00	
2006	-0.10	0.04	0.27	0.27	0.30	-0.01	-0.24	0.34	-0.03	-0.49	-0.34	-0.26	
2007	0.06	-0.26	-0.03	0.05	0.47	0.28	-0.07	-0.22	-0.33	0.33	0.40	0.35	
2008	0.10	0.08	0.09	0.18	0.09	0.24	-0.09	0.24	0.14	0.39	0.25	-0.04	
2009	0.29	0.11	0.21	-0.11	0.05	0.25	0.64	0.43	-0.34	-0.09	0.23	0.24	
2010	0.04	-0.10	0.04	0.20	0.25	0.16	-0.03	-0.47	-0.23	-0.29	-0.23	-0.21	
2011	-0.10	-0.16	-0.09	0.01	0.11	0.08	-0.42	-0.63	0.30	-0.24	-0.37	-0.21	
2012	0.29	0.52	0.37	0.12	0.14	0.13	0.18	-0.86	-0.49	0.02	0.37	0.24	
2013	0.08	-0.17	0.23	0.30	0.61	0.33	0.78	-0.07	-0.57	0.20	-0.19	-0.15	
2014	-0.35	-0.25	-0.05	-0.02	0.13	0.00	-0.23	-0.54	-0.21	-0.44	-0.39	-0.11	
2015	0.55	0.36	0.46	0.08	0.55	0.28	0.88	-0.68	-0.24	-0.57	-0.11	-0.26	
2016	-0.01	-0.21	-0.05	-0.12	-0.16	-0.41	-0.76	-0.80	-0.34	-0.16	-0.37	-0.33	
2017	-0.29	-0.19	-0.05	-0.02	0.21	0.24	0.39	0.48	0.04	0.04	-0.08	0.41	
2018	0.48	0.50	0.13	0.07	0.10	0.21	0.39	-0.52	-0.42	-0.16	0.13	0.09	
Frec.	3	5	3	2	1	2	6	11	12	8	8	7	
	Sequía moderada				Sequía intensa				Sequía extrema				

Anexo 11

Eventos de sequía según el IP-3 en la estación MAP-Weberbauer desde 1998-2018

EVENTO	INICIO	FIN	INTENSIDAD	DURACIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Jul-98	Set-98	-0.55	3 meses	Sequía intensa
2	Nov-98	Ene-99	-0.26	3 meses	Sequía moderada
3	Dic-99	Dic-99	-0.204	1 mes	Sequía moderada
4	Oct-00	Nov-00	-0.32	2 meses	Sequía moderada
5	Ago-01	Ago-01	-0.32	1 mes	Sequía moderada
6	Oct-01	Oct-01	-0.22	1 mes	Sequía moderada
7	Feb-02	Mar-02	-0.32	2 meses	Sequía moderada
8	Set-02	Set-02	-0.33	1 mes	Sequía moderada
9	Feb-03	Abr-03	-0.30	3 meses	Sequía moderada
10	Set-03	Nov-03	-0.36	3 meses	Sequía moderada
11	Mar-04	May-04	-0.36	3 meses	Sequía moderada
12	Jun-05	Ago-05	-0.72	3 meses	Sequía extrema
13	Jul-06	Jul-06	-0.24	1 mes	Sequía moderada
14	Oct-06	Dic-06	-0.49	3 meses	Sequía intensa
15	Feb-07	Feb-07	-0.26	1 mes	Sequía moderada
16	Ago-07	Set-07	-0.33	2 meses	Sequía moderada
17	Set-09	Set-09	-0.34	1 mes	Sequía moderada
18	Ago-10	Dic-10	-0.47	5 meses	Sequía intensa
19	Jul-11	Ago-11	-0.63	2 meses	Sequía extrema
20	Oct-11	Dic-11	-0.37	3 meses	Sequía moderada
21	Ago-12	Set-12	-0.86	2 meses	Sequía extrema
22	Set-13	Set-13	-0.57	1 mes	Sequía intensa
23	Ene-14	Feb-14	-0.35	2 meses	Sequía moderada
24	Jul-14	Nov-14	-0.54	5 meses	Sequía intensa
25	Ago-15	Oct-15	-0.68	3 meses	Sequía extrema
26	Dic-15	Dic-15	-0.26	1 mes	Sequía moderada
27	Feb-16	Feb-16	-0.21	1 mes	Sequía moderada
28	Jun-16	Set-16	-0.80	4 meses	Sequía extrema
29	Nov-16	Ene-17	-0.37	3 meses	Sequía moderada
30	Ago-18	Set-18	-0.52	2 meses	Sequía intensa

Anexo 12

Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-

Namora

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	0.83	0.88	0.52	0.54	0.41	0.27	-0.38	-0.86	-0.47	0.02	-0.03	-0.08
1999	-0.11	0.51	0.45	0.33	-0.10	0.21	1.24	0.94	1.11	-0.08	-0.06	-0.27
2000	-0.24	-0.03	0.13	0.29	0.55	0.68	1.66	0.41	1.18	-0.07	-0.19	-0.09
2001	0.68	0.59	0.63	0.11	0.27	-0.22	0.13	-0.88	-0.39	-0.12	0.10	0.19
2002	0.01	-0.08	0.11	0.26	0.30	-0.11	-0.25	-0.01	0.67	0.35	0.27	0.31
2003	0.00	-0.06	-0.26	-0.12	-0.17	-0.12	-0.21	0.20	-0.35	-0.28	-0.04	0.00
2004	-0.05	-0.20	-0.34	-0.40	-0.45	-0.44	0.03	-0.06	-0.14	-0.11	-0.05	0.14
2005	0.20	0.01	0.09	-0.08	0.02	-0.47	-0.58	-0.70	-0.64	0.07	-0.27	0.09
2006	-0.09	0.03	0.17	0.21	0.28	-0.04	-0.11	1.05	0.37	-0.14	-0.11	-0.05
2007	0.37	0.05	0.26	0.13	0.53	0.20	-0.02	-0.51	-0.22	0.30	0.56	0.49
2008	0.35	0.24	0.21	0.19	0.04	0.13	0.13	0.58	0.40	0.54	0.36	-0.03
2009	0.30	0.23	0.51	0.21	0.37	0.39	0.46	0.21	-0.44	0.02	0.22	0.37
2010	0.13	-0.03	-0.03	0.00	-0.03	-0.23	-0.06	0.12	-0.12	-0.40	-0.18	-0.05
2011	0.16	0.07	0.03	0.19	0.18	0.19	-0.73	-0.55	0.00	-0.52	-0.41	-0.14
2012	0.49	0.51	0.26	0.02	-0.01	0.10	-0.27	-0.53	-0.79	0.21	0.29	0.14
2013	-0.23	-0.34	0.21	0.32	0.65	0.20	0.55	-0.22	-0.50	-0.19	-0.43	-0.16
2014	-0.16	-0.01	0.04	-0.02	0.19	0.04	0.64	-0.79	-0.40	-0.45	-0.27	0.03
2015	0.58	0.42	0.49	0.11	0.63	0.44	1.52	-0.86	-0.85	-0.80	-0.26	-0.24
2016	-0.03	-0.08	-0.13	-0.04	-0.20	0.08	-0.26	-0.22	-0.27	-0.35	-0.52	-0.15
2017	0.12	0.03	0.13	0.05	0.51	0.38	0.75	0.62	-0.05	0.02	-0.22	0.01
2018	0.02	0.18	-0.02	-0.05	0.07	0.27	0.76	-0.64	-0.29	-0.13	0.33	0.20
f	2	1	2	1	1	4	7	11	12	6	7	2
	Sequía moderada			Sequía intensa				Sequía extrema				

Anexo 13

Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-Namora desde 1998-2018

EVENTO	INICIO	FIN	INTENSIDAD	DURACIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Jul-98	Set-98	-0.86	3 meses	Sequía intensa
2	Dic-99	Ene-00	-0.27	2 meses	Sequía moderada
3	Jun-01	Jun-01	-0.220	1 mes	Sequía moderada
4	Ago-01	Set-01	-0.88	2 meses	Sequía extrema
5	Jul-02	Jul-02	-0.25	1 mes	Sequía moderada
6	Mar-03	Mar-03	-0.26	1 mes	Sequía moderada
7	Jul-03	Jul-03	-0.21	1 mes	Sequía moderada
8	Set-03	Oct-03	-0.35	2 meses	Sequía moderada
9	Mar-04	Jun-04	-0.45	4 meses	Sequía intensa
10	Jun-05	Set-05	-0.70	4 meses	Sequía extrema
11	Nov-05	Nov-05	-0.27	1 mes	Sequía moderada
12	Ago-07	Set-07	-0.51	2 meses	Sequía intensa
13	Set-09	Set-09	-0.44	1 mes	Sequía intensa
14	Jun-10	Jun-10	-0.23	1 mes	Sequía moderada
15	Oct-10	Oct-10	-0.40	1 mes	Sequía moderada
16	Jul-11	Ago-11	-0.73	2 meses	Sequía extrema
17	Oct-11	Nov-11	-0.52	2 meses	Sequía intensa
18	Jul-12	Set-12	-0.79	3 meses	Sequía extrema
19	Ene-13	Feb-13	-0.34	2 meses	Sequía moderada
20	Ago-13	Set-13	-0.50	2 meses	Sequía intensa
21	Nov-13	Nov-13	-0.43	1 mes	Sequía intensa
22	Ago-14	Nov-14	-0.79	4 meses	Sequía extrema
23	Ago-15	Dic-15	-0.86	5 meses	Sequía extrema
24	Jul-16	Nov-16	-0.52	5 meses	Sequía intensa
25	Nov-17	Nov-17	-0.22	1 mes	Sequía moderada
26	Ago-18	Set-18	-0.64	2 meses	Sequía extrema

Anexo 14

Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-Sondor

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	0.44	0.38	0.14	0.17	0.15	0.33	0.05	-0.65	-0.53	0.37	0.13	-0.05
1999	-0.24	0.18	0.08	-0.03	-0.34	0.07	0.84	0.85	0.93	0.04	-0.07	-0.30
2000	-0.36	-0.14	0.08	0.32	0.43	0.60	0.92	0.29	0.63	-0.38	-0.44	-0.32
2001	0.28	0.42	0.45	0.05	0.03	-0.49	-0.10	-0.91	-0.66	-0.23	0.03	0.03
2002	-0.18	-0.40	-0.06	0.12	0.23	-0.22	-0.71	-0.82	0.10	0.24	0.34	0.40
2003	0.15	-0.17	-0.43	-0.40	-0.32	-0.26	-0.12	0.00	-0.36	-0.30	-0.14	-0.11
2004	-0.17	-0.41	-0.60	-0.58	-0.47	-0.14	0.34	0.53	0.00	0.08	0.18	0.19
2005	0.17	0.05	0.11	-0.05	-0.09	-0.58	-0.60	-0.47	-0.27	0.58	0.08	0.20
2006	-0.07	0.07	0.41	0.49	0.62	0.25	-0.02	0.77	0.22	-0.21	-0.23	-0.14
2007	0.12	-0.08	-0.05	-0.04	0.21	0.14	-0.35	-0.39	0.01	0.37	0.20	-0.05
2008	-0.21	0.01	0.03	0.11	-0.11	0.23	-0.06	1.07	0.54	0.42	0.21	-0.12
2009	0.18	0.13	0.29	0.04	0.16	0.41	0.53	0.50	-0.29	0.07	0.33	0.51
2010	0.31	0.02	-0.17	-0.11	-0.03	0.03	0.58	0.72	0.10	-0.39	-0.22	0.05
2011	0.16	0.12	-0.16	-0.05	-0.14	-0.01	-0.68	-0.50	0.10	-0.44	-0.49	-0.21
2012	0.31	0.50	0.00	-0.28	-0.46	-0.18	-0.41	-0.45	-0.74	-0.30	0.13	-0.01
2013	-0.11	-0.55	-0.25	-0.26	-0.07	-0.42	-0.23	0.02	-0.50	0.15	-0.32	-0.14
2014	-0.40	-0.14	-0.17	-0.15	-0.11	-0.12	0.27	-0.77	-0.14	-0.46	-0.47	-0.19
2015	0.24	0.20	0.25	0.04	0.24	-0.15	-0.19	-1.00	-0.84	-0.88	-0.36	-0.45
2016	-0.06	-0.16	-0.10	-0.30	-0.50	-0.59	-0.79	-0.54	-0.71	-0.73	-0.81	-0.62
2017	-0.33	-0.26	-0.13	-0.13	0.07	0.08	-0.21	-0.49	-0.60	-0.26	-0.46	-0.24
2018	-0.31	-0.05	-0.20	-0.19	-0.20	-0.11	0.19	-0.95	-0.42	-0.28	0.10	-0.06
f	6	4	3	5	5	6	8	12	11	12	9	6
	Sequía moderada			Sequía intensa			Sequía extrema					

Anexo 15

Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-Sondor desde 1998-2018

EVENTO	INICIO	FIN	INTENSIDAD	DURACIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Ago-98	Set-98	-0.65	2 meses	Sequía extrema
2	Ene-99	Ene-99	-0.24	1 mes	Sequía moderada
3	May-99	May-99	-0.34	1 mes	Sequía moderada
4	Dic-99	Ene-00	-0.36	2 meses	Sequía moderada
5	Oct-00	Dic-00	-0.44	3 meses	Sequía intensa
6	Jun-01	Jun-01	-0.49	1 mes	Sequía intensa
7	Ago-01	Oct-01	-0.91	3 meses	Sequía extrema
8	Feb-02	Feb-02	-0.40	1 mes	Sequía moderada
9	Jun-02	Ago-02	-0.82	3 meses	Sequía extrema
10	Mar-03	Jun-03	-0.43	4 meses	Sequía intensa
11	Set-03	Oct-03	-0.36	2 meses	Sequía moderada
12	Feb-04	May-04	-0.603	4 meses	Sequía extrema
13	Jun-05	Set-05	-0.60	4 meses	Sequía intensa
14	Oct-06	Nov-06	-0.23	2 meses	Sequía moderada
15	Jul-07	Ago-07	-0.39	2 meses	Sequía moderada
16	Ene-08	Ene-08	-0.21	1 mes	Sequía moderada
17	Set-09	Set-09	-0.29	1 mes	Sequía moderada
18	Oct-10	Nov-10	-0.39	2 meses	Sequía moderada
19	Jul-11	Ago-11	-0.68	2 meses	Sequía extrema
20	Oct-11	Dic-11	-0.49	3 meses	Sequía intensa
21	Abr-12	May-12	-0.46	2 meses	Sequía intensa
22	Jul-12	Oct-12	-0.74	4 meses	Sequía extrema
23	Feb-13	Abr-13	-0.55	3 meses	Sequía intensa
24	Jun-13	Jul-13	-0.42	2 meses	Sequía intensa
25	Set-13	Set-13	-0.50	1 mes	Sequía intensa
26	Nov-13	Nov-13	-0.32	1 mes	Sequía moderada
27	Ene-14	Ene-14	-0.401	1 mes	Sequía intensa
28	Ago-14	Ago-14	-0.77	1 mes	Sequía extrema
29	Oct-14	Nov-14	-0.47	2 meses	Sequía intensa
30	Ago-15	Dic-15	-1.00	5 meses	Sequía extrema
31	Abr-16	Feb-17	-0.81	11 meses	Sequía extrema
32	Jul-17	Ene-18	-0.60	7 meses	Sequía intensa
33	Ago-18	Oct-18	-0.95	3 meses	Sequía extrema

Anexo 16

Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-Jesús

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	0.59	0.50	0.30	0.25	0.15	0.03	-0.50	-0.77	-0.38	-0.12	-0.23	-0.21
1999	-0.16	0.45	0.29	0.26	-0.17	0.20	0.79	0.61	1.38	0.08	0.04	-0.25
2000	-0.22	-0.06	-0.03	0.05	0.01	0.14	0.76	1.04	0.74	-0.34	-0.47	-0.16
2001	0.65	0.67	0.69	0.18	0.28	-0.33	0.18	-0.57	-0.05	0.31	0.33	0.31
2002	-0.09	-0.30	-0.19	-0.03	0.12	-0.17	-0.30	-0.48	-0.09	0.63	0.53	0.43
2003	-0.09	-0.29	-0.38	-0.37	-0.35	-0.34	-0.08	0.50	-0.47	-0.20	0.04	0.01
2004	-0.09	-0.32	-0.47	-0.51	-0.39	-0.04	0.72	-0.08	-0.15	-0.11	0.02	0.10
2005	0.09	-0.13	-0.14	-0.27	-0.24	-0.62	-0.74	-0.52	-0.42	0.03	-0.29	-0.14
2006	-0.19	-0.12	0.08	0.09	0.20	0.00	-0.09	0.63	0.71	-0.19	-0.05	-0.09
2007	0.07	-0.28	-0.09	0.07	0.43	0.21	-0.36	-0.27	-0.26	0.37	0.36	0.26
2008	0.02	0.10	0.15	0.17	0.01	0.02	-0.07	0.14	0.14	0.46	0.27	-0.11
2009	0.20	0.14	0.29	0.05	0.19	0.49	0.81	1.14	0.00	0.04	0.02	0.16
2010	-0.01	-0.03	-0.14	-0.15	-0.20	-0.20	0.21	0.04	0.00	-0.32	-0.17	-0.33
2011	-0.25	-0.36	-0.18	-0.01	0.08	0.10	-0.70	-0.66	0.20	-0.28	-0.28	-0.02
2012	0.36	0.44	0.01	-0.21	-0.29	0.05	0.29	-0.28	-0.68	0.44	0.24	0.14
2013	-0.17	-0.06	0.21	0.18	0.31	-0.02	0.41	-0.45	-0.59	0.08	-0.32	-0.16
2014	-0.31	-0.21	-0.21	-0.20	0.02	0.19	0.70	-0.24	-0.43	-0.51	-0.42	-0.28
2015	0.18	0.06	0.21	-0.10	0.26	0.02	0.77	-0.89	-0.53	-0.65	-0.17	-0.20
2016	-0.04	-0.27	-0.39	-0.49	-0.59	-0.57	-0.77	-0.72	-0.43	-0.31	-0.44	-0.12
2017	0.05	-0.03	0.04	0.07	0.40	0.52	0.63	1.55	-0.04	0.15	-0.20	0.00
2018	-0.19	-0.07	-0.21	-0.14	-0.02	0.15	0.50	-0.88	-0.37	-0.09	0.20	0.12
f	3	7	5	5	6	5	6	12	10	7	8	4
	Sequía moderada			Sequía intensa			Sequía extrema					

Anexo 17

Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-Jesús desde 1998 hasta 2018

EVENTO	INICIO	FIN	INTENSIDAD	DURACIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Jul-98	Set-98	-0.77	3 meses	Sequía extrema
2	Nov-98	Dic-98	-0.23	2 meses	Sequía moderada
3	Dic-99	Ene-00	-0.25	2 meses	Sequía moderada
4	Oct-00	Nov-00	-0.47	2 meses	Sequía intensa
5	Jun-01	Jun-01	-0.33	1 mes	Sequía moderada
6	Ago-01	Ago-01	-0.57	1 mes	Sequía intensa
7	Feb-02	Feb-02	-0.30	1 mes	Sequía moderada
8	Jul-02	Ago-02	-0.48	2 meses	Sequía intensa
9	Feb-03	Jun-03	-0.38	5 meses	Sequía moderada
10	Set-03	Oct-03	-0.47	2 meses	Sequía intensa
11	Feb-04	May-04	-0.51	4 meses	Sequía intensa
12	Abr-05	Set-05	-0.740	6 meses	Sequía extrema
13	Nov-05	Nov-05	-0.29	1 mes	Sequía moderada
14	Feb-07	Feb-07	-0.28	1 mes	Sequía moderada
15	Jul-07	Set-07	-0.36	3 meses	Sequía moderada
16	May-10	Jun-10	-0.20	2 meses	Sequía moderada
17	Oct-10	Oct-10	-0.32	1 mes	Sequía moderada
18	Dic-10	Feb-11	-0.36	3 meses	Sequía moderada
19	Jul-11	Ago-11	-0.70	2 meses	Sequía extrema
20	Oct-11	Nov-11	-0.28	2 meses	Sequía moderada
21	Abr-12	May-12	-0.29	2 meses	Sequía moderada
22	Ago-12	Set-12	-0.68	2 meses	Sequía extrema
23	Ago-13	Set-13	-0.59	2 meses	Sequía intensa
24	Nov-13	Nov-13	-0.32	1 mes	Sequía moderada
25	Ene-14	Feb-14	-0.31	3 meses	Sequía moderada
26	Ago-14	Dic-14	-0.51	5 meses	Sequía intensa
27	Ago-15	Oct-15	-0.89	3 meses	Sequía extrema
28	Feb-16	Nov-16	-0.77	10 meses	Sequía extrema
29	Nov-17	Nov-17	-0.2	1 mes	Sequía moderada
30	Mar-18	Mar-18	-0.21	1 mes	Sequía moderada
31	Ago-18	Set-18	-0.88	2 meses	Sequía extrema

Anexo 18

Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación CO-San

Marcos

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	0.70	0.66	0.46	0.40	0.52	0.81	1.33	-0.78	-0.38	-0.14	-0.35	-0.33
1999	-0.26	0.63	0.40	0.20	-0.55	-0.05	1.63	1.89	1.65	0.17	0.11	-0.20
2000	-0.12	-0.11	-0.06	-0.04	-0.04	-0.04	0.55	1.23	1.12	-0.33	-0.36	-0.24
2001	0.68	0.61	0.63	-0.03	0.24	-0.17	1.04	-1.00	-0.52	0.14	0.23	0.25
2002	-0.08	-0.13	0.12	0.32	0.38	-0.10	-0.52	-0.58	-0.14	0.51	0.57	0.63
2003	0.15	-0.16	-0.25	-0.19	-0.14	-0.46	-0.55	-0.16	-0.41	-0.23	0.06	0.19
2004	0.09	-0.22	-0.51	-0.42	-0.37	-0.06	-0.29	-0.56	-0.24	-0.14	0.26	0.51
2005	0.51	0.22	0.04	0.06	0.02	-0.18	-0.91	-0.53	0.14	0.56	0.07	0.32
2006	0.14	0.17	0.31	0.34	0.54	0.13	-0.04	1.08	0.79	0.01	0.08	0.26
2007	0.33	-0.01	0.00	0.14	0.55	0.33	-0.02	-0.25	0.05	0.40	0.43	0.24
2008	0.19	0.26	0.18	0.08	-0.18	0.08	0.17	0.68	-0.13	0.57	0.43	0.25
2009	0.32	0.24	0.30	0.25	0.42	0.80	0.44	-0.75	-0.81	-0.06	0.28	0.29
2010	0.00	-0.25	-0.14	-0.03	0.10	-0.08	0.31	-0.02	-0.09	-0.51	-0.42	-0.30
2011	-0.12	-0.10	0.02	0.14	0.24	0.13	-0.55	-0.61	0.34	-0.33	-0.30	-0.17
2012	0.58	0.56	0.29	-0.10	-0.07	0.34	0.41	-0.25	-0.59	-0.02	0.49	0.34
2013	0.13	-0.34	0.18	0.30	0.85	0.33	1.28	1.62	0.34	0.38	-0.10	0.09
2014	-0.22	0.21	0.10	0.33	0.41	0.95	1.89	-0.65	-0.10	-0.09	-0.01	0.01
2015	0.24	0.01	0.23	-0.08	0.26	-0.31	0.51	-0.92	-0.82	-0.64	-0.11	-0.23
2016	0.04	-0.13	-0.06	-0.20	-0.29	-0.14	0.05	0.07	-0.86	-0.62	-0.67	-0.36
2017	-0.17	-0.20	-0.10	-0.06	0.25	0.21	-0.02	0.09	0.20	0.63	0.21	0.35
2018	0.12	0.21	-0.09	-0.15	0.01	0.32	1.35	-0.98	-0.49	0.02	0.31	0.23
f	2	4	2	2	3	2	5	12	9	6	5	5
	Sequía moderada			Sequía intensa			Sequía extrema					

Anexo 19

Eventos de sequía según el IP-3 en la estación CO-San Marcos desde 1998 hasta 2018

EVENTO	INICIO	FIN	INTENSIDAD	DURACIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Ago-98	Set-98	-0.78	2 meses	Sequía extrema
2	Nov-98	Ene-99	-0.35	3 meses	Sequía moderada
3	May-99	May-99	-0.55	1 mes	Sequía intensa
4	Oct-00	Dic-00	-0.36	3 meses	Sequía moderada
5	Ago-01	Set-01	-1.00	2 meses	Sequía extrema
6	Jul-02	Ago-02	-0.58	2 meses	Sequía intensa
7	Mar-03	Mar-03	-0.25	1 mes	Sequía moderada
8	Jun-03	Jul-03	-0.55	2 meses	Sequía intensa
9	Set-03	Oct-03	-0.41	2 meses	Sequía intensa
10	Feb-04	May-04	-0.51	4 meses	Sequía intensa
11	Jul-04	Set-04	-0.56	3 meses	Sequía intensa
12	Jul-05	Ago-05	-0.91	2 meses	Sequía extrema
13	Ago-07	Ago-07	-0.25	1 mes	Sequía moderada
14	Ago-09	Set-09	-0.81	2 meses	Sequía extrema
15	Feb-10	Feb-10	-0.25	1 mes	Sequía moderada
16	Oct-10	Dic-10	-0.51	3 meses	Sequía intensa
17	Jul-11	Ago-11	-0.61	2 meses	Sequía extrema
18	Oct-11	Nov-11	-0.33	2 meses	Sequía moderada
19	Ago-12	Set-12	-0.59	2 meses	Sequía intensa
20	Feb-13	Feb-13	-0.34	1 mes	Sequía moderada
21	Ene-14	Ene-14	-0.22	1 mes	Sequía moderada
22	Ago-14	Ago-14	-0.65	1 mes	Sequía extrema
23	Jun-15	Jun-15	-0.31	1 mes	Sequía moderada
24	Ago-15	Oct-15	-0.92	3 meses	Sequía extrema
25	Dic-15	Dic-15	-0.23	1 mes	Sequía moderada
26	Abr-16	May-16	-0.29	2 meses	Sequía moderada
27	Set-16	Dic-16	-0.86	4 meses	Sequía extrema
28	Feb-17	Feb-17	-0.20	1 mes	Sequía moderada
29	Ago-18	Set-18	-0.98	2 meses	Sequía extrema

Anexo 20

Índice de precipitación trimestral (IP-3) y períodos de sequía en la estación PE-

Cachachi

A/M	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	0.98	0.78	0.44	0.62	0.76	1.06	-0.28	-0.92	-0.32	0.42	0.03	-0.07
1999	-0.13	0.65	0.44	0.13	-0.54	-0.48	0.48	0.95	2.00	0.09	0.10	-0.13
2000	-0.04	0.09	-0.03	0.08	0.02	0.15	0.39	0.17	0.72	-0.41	-0.54	-0.30
2001	0.56	0.51	0.67	0.12	0.29	-0.50	-0.25	-0.63	-0.53	-0.20	-0.05	0.10
2002	-0.02	-0.18	-0.03	0.06	0.15	-0.22	-0.23	0.61	0.70	0.54	0.70	0.58
2003	0.22	-0.15	-0.24	-0.19	-0.08	-0.06	0.07	0.02	0.76	0.01	0.14	0.04
2004	0.02	-0.18	-0.36	-0.29	-0.21	0.01	0.44	0.18	0.24	0.13	0.43	0.49
2005	0.39	0.03	0.03	-0.09	-0.07	-0.60	-0.78	-0.37	-0.08	0.47	-0.13	0.09
2006	-0.08	-0.03	0.01	-0.03	0.11	-0.12	-0.05	1.95	0.29	-0.14	-0.09	0.39
2007	0.50	0.21	0.26	0.39	0.72	0.41	-0.36	-0.55	-0.15	0.72	0.60	0.42
2008	0.25	0.20	0.07	0.04	-0.07	0.31	-0.04	0.44	0.77	1.39	0.81	0.21
2009	0.38	0.41	0.69	0.33	0.42	0.37	0.43	0.05	-0.24	0.65	1.33	1.08
2010	0.46	-0.14	-0.09	0.00	0.03	-0.09	0.53	0.58	0.25	-0.27	-0.16	-0.08
2011	0.01	-0.08	-0.10	0.10	0.18	0.33	-0.04	1.00	1.18	-0.13	-0.14	0.20
2012	0.79	0.72	0.15	-0.04	0.02	0.60	0.34	-0.62	-0.73	0.43	0.49	0.40
2013	-0.05	-0.28	-0.11	0.02	0.34	0.41	1.54	1.98	0.23	0.48	-0.18	0.10
2014	-0.20	0.25	0.12	0.17	0.14	0.21	0.89	-0.74	-0.21	-0.16	-0.13	-0.12
2015	0.23	-0.03	0.08	-0.30	0.01	-0.26	0.74	-0.59	-0.43	-0.68	-0.31	-0.37
2016	0.00	-0.25	-0.16	-0.31	-0.28	-0.27	-0.30	0.70	-0.61	-0.35	-0.46	-0.14
2017	0.04	0.06	0.28	0.19	0.57	0.50	1.70	2.39	0.16	0.33	-0.10	0.17
2018	-0.11	0.03	-0.10	0.03	0.29	0.67	2.08	0.42	0.27	0.07	0.30	0.04
f	0	2	2	3	3	6	6	7	7	5	3	2
	Sequía moderada			Sequía intensa			Sequía extrema					

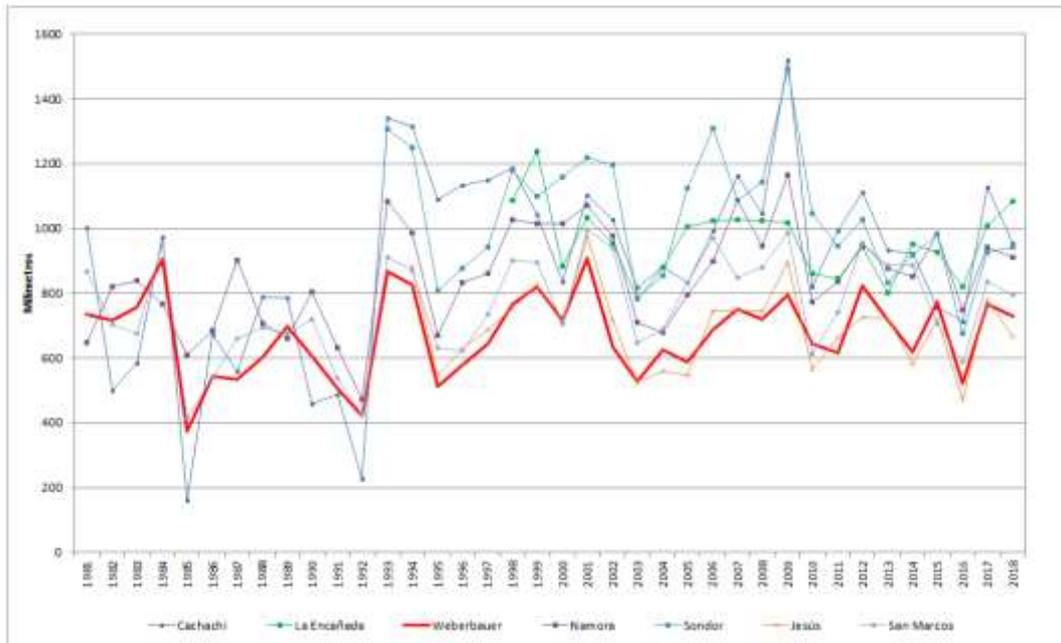
Anexo 21

Eventos de sequía según el IP-3 en la estación PE-Cachachi desde 1998 hasta 2018

EVENTO	INICIO	FIN	INTENSIDAD	DURACIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Jul-98	Set-98	-0.92	3 meses	Sequía extrema
2	May-99	Jun-99	-0.54	2 meses	Sequía intensa
3	Oct-00	Dic-00	-0.54	3 meses	Sequía intensa
4	Jun-01	Oct-01	-0.63	5 meses	Sequía extrema
5	Jun-02	Jul-02	-0.23	2 meses	Sequía moderada
6	Mar-03	Mar-03	-0.24	1 mes	Sequía moderada
7	Mar-04	May-04	-0.36	3 meses	Sequía moderada
8	Jun-05	Ago-05	-0.78	3 meses	Sequía extrema
9	Jul-07	Ago-07	-0.55	2 meses	Sequía intensa
10	Set-09	Set-09	-0.24	1 mes	Sequía moderada
11	Oct-10	Oct-10	-0.27	1 mes	Sequía moderada
12	Ago-12	Set-12	-0.73	2 meses	Sequía extrema
13	Feb-13	Feb-13	-0.28	1 mes	Sequía moderada
14	Ago-14	Set-14	-0.74	2 meses	Sequía extrema
15	Abr-15	Abr-15	-0.30	1 mes	Sequía moderada
16	Jun-15	Jun-15	-0.26	1 mes	Sequía moderada
17	Ago-15	Dic-15	-0.68	5 meses	Sequía extrema
18	Feb-16	Feb-16	-0.25	1 mes	Sequía moderada
19	Abr-16	Jul-16	-0.31	4 meses	Sequía moderada
20	Set-16	Nov-16	-0.61	3 meses	Sequía extrema

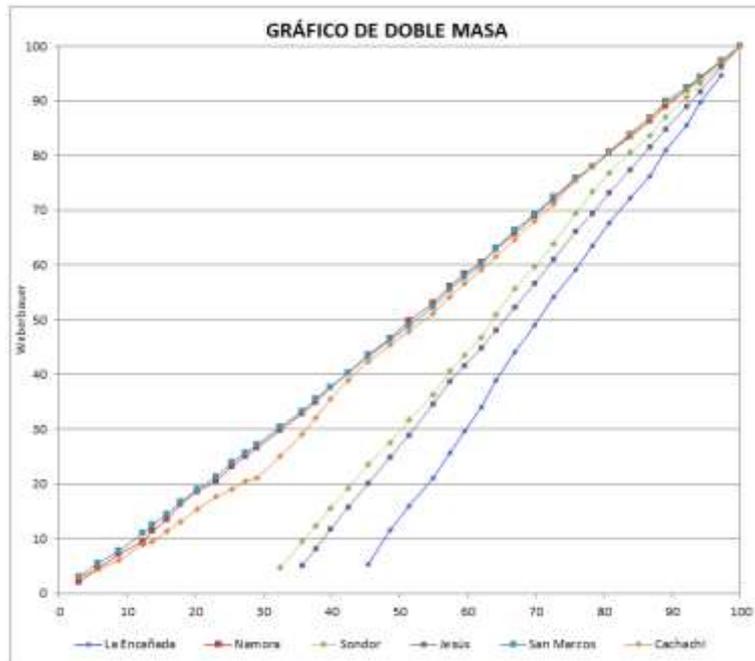
Anexo 22

Consistencia de los datos de precipitación: análisis visual de saltos de los datos de precipitación de las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino



Anexo 23

Análisis de doble masa de los datos de precipitación en las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino



Anexo 24

Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-La Encañada

ESTACIÓN CO-LA ENCAÑADA												
AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sa	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1998	80.5	74.6	8070.2	12.0	48.8	14.6	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	2.3	1.8	SIGNIFICATIVA
1999	803.0	73.1	5830.8	12.0	49.7	14.5	3.2	1.6	SIGNIFICATIVA	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2000	73.6	57.6	3620.5	12.0	49.2	14.4	1.2	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2001	86.0	73.5	5894.5	12.0	49.7	14.5	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA	2.3	1.6	SIGNIFICATIVA
2002	79.7	72.9	5903.8	12.0	49.7	14.5	1.6	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2003	65.3	43.3	2048.1	12.0	48.9	14.3	0.6	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
2004	73.2	53.1	3313.3	12.0	49.2	14.4	1.2	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
2005	83.7	81.4	7220.3	12.0	50.0	14.6	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	2.8	1.8	SIGNIFICATIVA
2006	85.3	74.8	6102.7	12.0	49.8	14.6	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	2.3	1.8	SIGNIFICATIVA
2007	83.6	72.8	5780.3	12.0	49.7	14.5	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2008	85.3	58.4	3716.7	12.0	49.2	14.4	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	1.4	1.6	NO SIG
2009	84.8	71.6	5597.4	12.0	49.7	14.5	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA
2010	71.7	52.5	3003.1	12.0	49.1	14.4	1.1	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2011	70.4	53.7	3149.9	12.0	49.1	14.4	1.0	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2012	78.3	62.2	4216.8	12.0	49.3	14.4	1.6	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
2013	66.9	58.6	3740.3	12.0	49.2	14.4	0.7	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2014	79.4	55.5	3358.5	12.0	49.2	14.4	1.6	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
2015	77.3	83.2	7543.3	12.0	50.1	14.6	1.4	1.6	NO SIG	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA
2016	68.4	60.4	3962.7	12.0	49.3	14.4	0.8	1.6	NO SIG	1.5	1.6	NO SIG
2017	83.9	72.0	5654.8	12.0	49.7	14.5	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2018	80.3	68.1	6054.1	12.0	49.5	14.5	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sa	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1998	58.1	48.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1999	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2000	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2001	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2002	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2003	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2004	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2005	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2006	58.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2007	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2008	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2009	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2010	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2011	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2012	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2013	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2014	58.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2015	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2016	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2017	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2018	56.1	49.0	2619.1	12.0	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG

Anexo 25

Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación MAP- Augusto Weberbauer

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DEV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sf	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1981	61.3	54.7	2368.0	12	63.1	18.4	-0.4	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
1982	59.8	38.4	1610.3	12	62.0	18.4	-0.5	1.6	NO SIG	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA
1983	63.1	50.0	2727.9	12	63.0	18.4	-0.3	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1984	75.5	58.7	3755.1	12	63.2	18.5	0.3	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
1985	81.1	16.2	284.9	12	62.6	18.3	-1.1	1.6	SIGNIFICATIVA	15.3	1.6	SIGNIFICATIVA
1986	45.4	38.7	1631.6	12	62.8	18.4	-1.3	1.6	NO SIG	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA
1987	44.5	31.4	1077.2	12	62.7	18.3	-1.3	1.6	NO SIG	4.1	1.6	SIGNIFICATIVA
1988	50.2	29.1	1666.9	12	62.0	18.4	-1.0	1.6	NO SIG	2.6	1.6	SIGNIFICATIVA
1989	58.3	49.5	2668.2	12	63.0	18.4	-0.6	1.6	NO SIG	1.6	1.6	SIGNIFICATIVA
1990	50.6	34.0	1287.8	12	62.7	18.3	-1.0	1.6	NO SIG	3.9	1.6	SIGNIFICATIVA
1991	42.3	39.7	1719.3	12	62.8	18.4	-1.5	1.6	NO SIG	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1992	35.3	15.0	393.9	12	62.6	18.3	-1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	11.1	1.6	SIGNIFICATIVA
1993	72.2	64.6	4552.5	12	63.3	18.5	0.2	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1994	68.8	59.7	3883.5	12	63.2	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
1995	42.8	21.3	1068.4	12	62.7	18.3	-1.4	1.6	NO SIG	4.1	1.6	SIGNIFICATIVA
1996	48.1	41.8	1909.6	12	62.9	18.4	-1.1	1.6	NO SIG	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA
1997	53.7	30.2	2750.3	12	63.0	18.4	-0.8	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1998	63.8	69.9	5336.4	12	63.4	18.6	-0.3	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
1999	68.4	58.5	3880.8	12	63.2	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2000	59.7	49.9	2715.8	12	63.0	18.4	-0.5	1.6	NO SIG	1.6	1.6	SIGNIFICATIVA
2001	75.7	66.9	5182.0	12	63.4	18.5	0.4	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2002	52.9	41.8	1909.3	12	62.9	18.4	-0.9	1.6	NO SIG	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA
2003	44.1	28.9	913.5	12	62.7	18.3	-1.4	1.6	NO SIG	4.8	1.6	SIGNIFICATIVA
2004	52.2	38.8	1389.4	12	62.8	18.4	-0.9	1.6	NO SIG	3.1	1.6	SIGNIFICATIVA
2005	48.9	42.0	1928.0	12	62.9	18.4	-1.1	1.6	NO SIG	2.3	1.6	SIGNIFICATIVA
2006	57.5	54.5	3240.2	12	63.1	18.4	-0.6	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
2007	62.6	56.0	3419.4	12	63.1	18.5	-0.4	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
2008	60.1	43.3	2049.0	12	62.9	18.4	-0.5	1.6	NO SIG	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA
2009	66.2	50.0	2790.8	12	63.0	18.4	-0.2	1.6	NO SIG	1.6	1.6	SIGNIFICATIVA
2010	53.7	44.4	2152.8	12	62.9	18.4	-0.8	1.6	NO SIG	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA
2011	51.3	42.8	1997.1	12	62.8	18.4	-1.0	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2012	68.7	53.6	3133.2	12	63.1	18.4	0.0	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2013	59.8	58.6	3748.3	12	63.2	18.5	-0.5	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2014	51.5	43.5	2067.3	12	62.9	18.4	-1.0	1.6	NO SIG	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA
2015	64.4	65.0	4603.8	12	63.3	18.5	-0.3	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2016	43.6	38.5	1616.7	12	62.8	18.4	-1.4	1.6	NO SIG	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2017	64.0	47.8	2490.5	12	63.0	18.4	-0.3	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
2018	60.9	42.6	1981.6	12	62.8	18.4	-0.5	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DEV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sf	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1981	69.1	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1982	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1983	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1984	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1985	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1986	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1987	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1988	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1989	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1990	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1991	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1992	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1993	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1994	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1995	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1996	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1997	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1998	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1999	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2000	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2001	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2002	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2003	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2004	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2005	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2006	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2007	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2008	156.9	83.3	4367.3	12	63.3	18.5	-4.7	1.6	SIGNIFICATIVA	1.0	1.6	NO SIG
2009	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2010	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2011	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2012	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2013	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2014	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2015	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2016	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2017	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2018	69.2	63.3	4367.3	12	63.3	18.5	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG

Anexo 26

Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-Namora

ESTACIÓN CO-NAMORA													
AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA			
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sa	Ta	Tc	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO	
1981	54.0	48.9	2670.3	12	49.0	14.3	-0.2	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
1982	68.4	55.1	3317.5	12	49.1	14.4	0.9	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG	
1983	70.0	64.6	4545.6	12	49.4	14.5	1.0	1.6	NO SIG	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	
1984	63.9	55.5	4677.8	12	49.5	14.5	0.5	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
1985	50.8	46.7	2361.7	12	48.9	14.3	-0.4	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG	
1986	57.0	46.5	2360.5	12	48.9	14.3	0.1	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG	
1987	75.1	69.9	5330.1	12	49.6	14.5	1.3	1.6	NO SIG	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	
1988	68.8	54.0	3185.3	12	49.1	14.4	0.2	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG	
1989	85.1	51.7	2911.2	12	49.1	14.3	-0.1	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG	
1990	67.1	63.8	4443.9	12	49.4	14.4	0.8	1.6	NO SIG	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	
1991	52.7	43.9	2106.7	12	48.9	14.3	-0.2	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG	
1992	39.3	32.9	1181.1	12	48.7	14.2	-1.2	1.6	NO SIG	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	
1993	90.4	56.3	5083.7	12	49.5	14.5	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	
1994	82.2	77.6	6674.7	12	49.9	14.6	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	2.5	1.6	SIGNIFICATIVA	
1995	58.7	44.3	2137.9	12	48.9	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG	
1996	68.3	75.2	6168.0	12	49.8	14.6	0.9	1.6	NO SIG	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	
1997	71.8	71.2	5590.3	12	49.6	14.5	1.1	1.6	NO SIG	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA	
1998	85.7	74.7	6066.9	12	49.8	14.6	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	2.3	1.6	SIGNIFICATIVA	
1999	84.4	76.7	6424.1	12	49.8	14.6	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	2.5	1.6	SIGNIFICATIVA	
2000	84.6	64.3	4514.0	12	49.4	14.5	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	
2001	89.3	82.9	7492.2	12	50.1	14.6	2.3	1.6	SIGNIFICATIVA	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA	
2002	81.6	56.1	4762.0	12	49.5	14.5	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2003	59.1	42.4	1967.0	12	48.9	14.3	0.2	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG	
2004	56.5	40.4	1781.0	12	48.8	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.5	1.6	NO SIG	
2005	66.3	67.7	4995.0	12	49.5	14.5	0.7	1.6	NO SIG	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	
2006	75.0	58.4	4667.3	12	49.4	14.5	1.3	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2007	90.6	78.5	6717.0	12	49.9	14.6	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	2.6	1.6	SIGNIFICATIVA	
2008	78.9	57.0	3539.7	12	49.2	14.4	1.6	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG	
2009	97.0	75.2	6172.2	12	49.8	14.6	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	
2010	64.4	50.9	2824.8	12	49.0	14.3	0.6	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG	
2011	69.7	62.9	4310.8	12	49.4	14.4	0.9	1.6	NO SIG	1.6	1.6	SIGNIFICATIVA	
2012	79.2	69.1	5212.8	12	49.6	14.5	1.8	1.6	NO SIG	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	
2013	73.1	74.6	6076.9	12	49.8	14.6	1.2	1.6	NO SIG	2.3	1.6	SIGNIFICATIVA	
2014	70.9	56.4	3468.9	12	49.2	14.4	1.0	1.6	NO SIG	1.9	1.6	NO SIG	
2015	81.9	81.7	7282.4	12	50.0	14.6	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2016	62.3	54.5	3237.5	12	49.1	14.4	0.4	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG	
2017	79.4	66.9	4886.0	12	49.5	14.5	1.5	1.6	NO SIG	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	
2018	76.0	52.0	2949.4	12	49.1	14.4	1.4	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG	

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA			
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sa	Ta	Tc	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO	
1981	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1982	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1983	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1984	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1985	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1986	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	9E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1987	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1988	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1989	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1990	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1991	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1992	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1993	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	2E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1994	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1995	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1996	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	9E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1997	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1998	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
1999	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2000	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2001	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2002	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	9E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2003	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2004	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2005	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2006	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2007	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2008	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2009	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2010	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2011	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2012	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2013	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2014	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2015	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2016	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2017	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	
2018	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	9E-16	1.65	NO SIG	1.0	1.58	NO SIG	

Anexo 27

Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-Sondor

ESTACIÓN CO-SONDOR													
AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA			
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sd	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO	
1993	208.9	81.7	7278.4	12	50.0	14.8	3.8	1.6	SIGNIFICATIVA	2.8	1.8	SIGNIFICATIVA	
1994	204.3	83.2	7950.1	12	50.1	14.8	3.3	1.6	SIGNIFICATIVA	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA	
1995	87.4	63.5	4401.3	12	48.4	14.4	0.8	1.6	NO SIG	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	
1996	73.0	70.3	5390.5	12	49.6	14.5	1.2	1.6	NO SIG	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA	
1997	78.5	71.5	5740.4	12	49.7	14.5	1.6	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA	
1998	88.4	80.8	7124.4	12	50.0	14.6	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA	
1999	91.5	72.3	5706.8	12	49.7	14.5	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA	
2000	86.7	85.8	8038.3	12	50.2	14.7	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA	3.1	1.6	SIGNIFICATIVA	
2001	205.8	87.1	10292.8	12	50.7	14.8	3.1	1.6	SIGNIFICATIVA	3.9	1.6	SIGNIFICATIVA	
2002	89.8	98.5	10595.6	12	50.7	14.8	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA	4.0	1.6	SIGNIFICATIVA	
2003	85.4	48.1	2519.5	12	48.0	14.3	0.6	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2004	71.1	51.7	2917.2	12	48.1	14.3	1.0	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG	
2005	93.7	92.3	9284.0	12	50.4	14.8	2.5	1.6	SIGNIFICATIVA	3.5	1.6	SIGNIFICATIVA	
2006	209.2	111.6	13587.7	12	51.4	15.0	3.5	1.6	SIGNIFICATIVA	5.2	1.6	SIGNIFICATIVA	
2007	80.8	82.4	7412.9	12	50.0	14.6	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2008	86.3	67.8	5013.9	12	48.5	14.5	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	
2009	124.3	92.8	9385.0	12	50.5	14.8	4.8	1.6	SIGNIFICATIVA	3.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2010	87.3	86.3	4789.3	12	48.5	14.5	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2011	78.9	69.6	5285.6	12	48.6	14.5	1.6	1.6	NO SIG	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	
2012	85.6	82.3	7386.7	12	50.0	14.6	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2013	69.3	75.8	6275.5	12	49.8	14.6	0.9	1.6	NO SIG	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	
2014	76.5	67.0	4888.1	12	48.5	14.5	1.4	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	
2015	81.9	87.5	10376.2	12	50.7	14.8	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	4.0	1.6	SIGNIFICATIVA	
2016	56.4	81.2	4088.3	12	48.3	14.4	0.0	1.6	NO SIG	1.6	1.6	NO SIG	
2017	77.1	71.0	5486.4	12	48.6	14.5	1.4	1.6	NO SIG	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA	
2018	78.4	80.4	3977.8	12	48.3	14.4	1.5	1.6	NO SIG	1.5	1.6	NO SIG	

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA			
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sd	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO	
1993	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
1994	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
1995	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	3E-16	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
1996	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
1997	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
1998	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
1999	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2000	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2001	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2002	56.1	48.0	2620.1	12	49.0	14.3	3E-16	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2003	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2004	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2005	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	5E-16	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2006	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2007	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2008	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2009	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2010	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2011	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2012	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	3E-16	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2013	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2014	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2015	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0E+00	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2016	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	-1E-15	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2017	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	3E-16	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	
2018	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	3E-16	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG	

Anexo 28

Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-Jesús

ESTACIÓN CO-JESÚS												
AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sd	Tc	Tt	CRITERIO	Pc	Pt	CRITERIO
1994	73.1	74.4	8045.8	12	49.7	14.5	1.2	1.6	NO SIG	2.3	1.8	SIGNIFICATIVA
1995	45.6	35.5	1377.3	12	48.7	14.2	-0.7	1.6	NO SIG	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA
1996	52.4	45.3	2236.4	12	48.9	14.3	-0.3	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
1997	57.4	45.6	2595.6	12	49.0	14.3	0.1	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1998	63.0	57.2	3570.1	12	49.2	14.4	0.5	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
1999	63.8	63.2	4364.2	12	49.4	14.4	0.9	1.6	NO SIG	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2000	58.7	49.8	2700.5	12	49.0	14.3	0.2	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2001	61.5	78.7	6763.7	12	49.9	14.6	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	2.6	1.6	SIGNIFICATIVA
2002	59.7	54.6	3248.7	12	49.1	14.4	0.2	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2003	43.8	33.0	1191.5	12	48.7	14.2	-0.9	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2004	46.7	29.9	977.2	12	48.6	14.2	-0.7	1.6	NO SIG	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2005	45.5	45.1	2219.6	12	48.9	14.3	-0.7	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2006	62.0	56.3	2455.6	12	49.2	14.4	0.4	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
2007	62.9	60.9	4050.9	12	49.2	14.4	0.4	1.6	NO SIG	1.6	1.6	NO SIG
2008	62.0	51.1	2848.4	12	49.0	14.3	0.4	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2009	74.7	57.5	3600.9	12	49.2	14.4	1.3	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2010	47.3	35.7	1388.9	12	48.7	14.2	-0.6	1.6	NO SIG	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA
2011	55.3	48.9	2719.3	12	48.0	14.2	-0.1	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2012	60.5	50.3	2760.5	12	49.0	14.3	0.3	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2013	60.2	40.0	2922.2	12	49.3	14.4	0.2	1.6	NO SIG	1.5	1.6	NO SIG
2014	48.1	35.9	1407.5	12	48.7	14.3	-0.5	1.6	NO SIG	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA
2015	60.1	61.1	4070.3	12	49.3	14.4	0.3	1.6	NO SIG	1.6	1.6	NO SIG
2016	39.2	37.5	1938.4	12	48.8	14.3	-1.2	1.6	NO SIG	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2017	65.0	51.2	3327.0	12	49.2	14.4	0.6	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
2018	55.6	38.8	1641.5	12	48.8	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.6	1.6	SIGNIFICATIVA

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sd	Tc	Tt	CRITERIO	Pc	Pt	CRITERIO
1994	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1995	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1996	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1997	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1998	58.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	3.8	1.6	SIGNIFICATIVA	1.0	1.6	NO SIG
1999	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2000	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2001	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2002	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2003	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2004	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2005	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2006	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2007	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2008	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2009	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2010	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2011	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2012	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2013	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2014	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2015	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2016	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2017	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2018	56.1	49.0	2619.1	12	48.99845276	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG

Anexo 29

Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación CO-San Marcos

ESTACIÓN CO-SAN MARCOS												
AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sd	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1981	72.3	64.9	4588.4	12	48.4	14.5	1.1	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1982	58.7	48.5	2568.9	12	49.0	14.3	0.2	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1983	58.4	53.0	3061.3	12	49.1	14.4	0.0	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
1984	79.3	93.7	9585.9	12	50.5	14.8	1.6	1.6	NO SIG	3.7	1.6	SIGNIFICATIVA
1985	34.5	32.8	1173.4	12	48.7	14.2	-1.5	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
1986	44.7	34.5	1296.3	12	48.7	14.2	-0.8	1.6	NO SIG	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA
1987	64.9	42.6	1981.1	12	48.9	14.3	-0.1	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
1988	57.8	54.7	3287.5	12	49.1	14.4	0.1	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
1989	56.2	52.1	2987.8	12	49.1	14.4	0.0	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
1990	59.9	43.3	2047.0	12	48.9	14.3	0.3	1.6	NO SIG	1.3	1.6	NO SIG
1991	44.8	40.7	1809.6	12	48.8	14.3	-0.8	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
1992	35.5	23.5	501.2	12	48.6	14.2	-1.5	1.6	NO SIG	4.4	1.6	SIGNIFICATIVA
1993	75.8	65.7	4733.1	12	49.5	14.5	1.4	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1994	72.5	62.6	4412.5	12	49.4	14.4	1.1	1.6	NO SIG	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA
1995	62.6	46.1	2317.5	12	48.9	14.3	-0.2	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
1996	51.8	48.9	2608.4	12	49.0	14.3	-0.3	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1997	61.4	52.0	2946.1	12	49.1	14.4	0.4	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
1998	75.1	65.1	4627.6	12	48.4	14.5	1.3	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1999	74.6	67.5	5361.1	12	50.3	14.7	1.3	1.6	NO SIG	3.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2000	58.9	48.5	2563.0	12	49.0	14.3	0.2	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2001	83.0	81.0	7157.0	12	50.0	14.6	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2002	79.3	71.3	5546.7	12	49.6	14.5	1.5	1.6	NO SIG	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA
2003	54.0	49.1	2629.3	12	49.0	14.3	-0.1	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2004	57.3	52.5	3007.1	12	48.1	14.4	0.1	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2005	69.3	61.6	4138.8	12	49.3	14.4	0.9	1.6	NO SIG	1.6	1.6	NO SIG
2006	80.8	74.0	5980.7	12	49.7	14.5	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA
2007	70.8	61.9	4184.3	12	49.3	14.4	1.0	1.6	NO SIG	1.6	1.6	SIGNIFICATIVA
2008	73.3	58.0	3672.7	12	49.2	14.4	1.2	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2009	62.3	64.8	4575.0	12	49.4	14.5	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2010	51.1	44.8	2194.3	12	48.9	14.3	-0.3	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2011	61.8	53.7	3141.8	12	49.1	14.4	0.4	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2012	79.1	72.0	5652.3	12	49.7	14.5	1.6	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2013	73.8	73.7	5928.4	12	49.7	14.5	1.2	1.6	NO SIG	2.3	1.6	SIGNIFICATIVA
2014	73.9	58.5	3734.5	12	49.2	14.4	1.2	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2015	58.9	56.4	4814.0	12	48.5	14.5	0.2	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
2016	49.1	45.2	2233.5	12	48.9	14.3	-0.5	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2017	69.8	57.9	3651.2	12	49.2	14.4	0.9	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2018	66.2	46.8	2388.8	12	48.9	14.3	0.7	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DESV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sd	Tc	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1981	58.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1982	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1983	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1984	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1985	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1986	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1987	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1988	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1989	58.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1990	56.1	48.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1991	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1992	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1993	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1994	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1995	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1996	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1997	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1998	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1999	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2000	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2001	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2002	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2003	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2004	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2005	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2006	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2007	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2008	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2009	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2010	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2011	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2012	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2013	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2014	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2015	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2016	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2017	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2018	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG

Anexo 30

Resultados del análisis de consistencia de la media y de la varianza de los datos de precipitación de la estación PE-Cachachi

ESTACIÓN PE-CACHACHI												
AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DEV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sa	Ta	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1981	83.4	87.6	4981.8	12	49.9	14.3	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA	1.9	1.6	SIGNIFICATIVA
1982	41.7	44.8	2191.0	12	48.9	14.3	-1.0	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
1983	48.6	74.6	8074.1	12	48.8	14.6	-0.5	1.6	NO SIG	2.3	1.6	SIGNIFICATIVA
1984	81.2	109.2	13004.6	12	51.2	15.0	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA	5.0	1.6	SIGNIFICATIVA
1985	13.4	22.1	534.7	12	48.9	14.2	-2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	4.9	1.6	SIGNIFICATIVA
1986	56.0	52.3	2974.7	12	49.1	14.4	0.0	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
1987	46.8	42.1	1984.0	12	48.8	14.3	-0.7	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
1988	65.7	90.3	8885.6	12	50.4	14.7	0.6	1.6	NO SIG	3.4	1.6	SIGNIFICATIVA
1989	65.3	79.0	6809.3	12	49.9	14.6	0.8	1.6	NO SIG	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1990	38.4	40.0	1743.4	12	48.8	14.3	-1.2	1.6	NO SIG	1.5	1.6	NO SIG
1991	40.6	60.0	3922.6	12	49.3	14.4	-1.1	1.6	NO SIG	1.5	1.6	NO SIG
1992	19.0	26.2	748.1	12	48.6	14.2	-2.6	1.6	SIGNIFICATIVA	3.5	1.6	SIGNIFICATIVA
1993	111.8	109.6	13094.5	12	51.3	15.0	3.7	1.6	SIGNIFICATIVA	5.0	1.6	SIGNIFICATIVA
1994	109.7	97.6	10495.7	12	50.7	14.8	2.6	1.6	SIGNIFICATIVA	4.0	1.6	SIGNIFICATIVA
1995	80.9	96.3	10113.3	12	50.6	14.8	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	3.9	1.6	SIGNIFICATIVA
1996	54.4	82.9	7488.3	12	50.1	14.6	2.6	1.6	SIGNIFICATIVA	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA
1997	95.8	105.1	12590.9	12	50.9	14.9	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA	4.4	1.6	SIGNIFICATIVA
1998	98.8	95.0	9844.3	12	50.6	14.8	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA	3.8	1.6	SIGNIFICATIVA
1999	86.9	96.6	10215.8	12	50.6	14.8	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA	3.9	1.6	SIGNIFICATIVA
2000	69.6	63.2	4360.8	12	49.4	14.4	0.9	1.6	NO SIG	1.5	1.6	SIGNIFICATIVA
2001	91.9	103.5	11663.2	12	51.0	14.9	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA	4.5	1.6	SIGNIFICATIVA
2002	85.7	73.2	5839.1	12	49.7	14.5	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2003	68.1	47.7	2489.0	12	49.0	14.3	0.8	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2004	73.6	52.5	3030.2	12	48.1	14.4	1.2	1.6	NO SIG	1.1	1.6	NO SIG
2005	69.4	73.4	5871.8	12	49.7	14.5	0.9	1.6	NO SIG	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2006	82.8	76.1	6325.5	12	49.8	14.6	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	2.4	1.6	SIGNIFICATIVA
2007	96.7	94.8	9804.8	12	50.6	14.8	2.7	1.6	SIGNIFICATIVA	3.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2008	87.1	73.0	5807.5	12	49.7	14.5	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA	2.2	1.6	SIGNIFICATIVA
2009	126.4	107.2	12546.3	12	51.1	15.0	4.7	1.6	SIGNIFICATIVA	4.8	1.6	SIGNIFICATIVA
2010	68.6	57.3	3586.0	12	49.2	14.4	0.9	1.6	NO SIG	1.4	1.6	NO SIG
2011	82.7	71.1	6510.6	12	49.6	14.5	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA	2.1	1.6	SIGNIFICATIVA
2012	82.7	78.2	6834.6	12	49.9	14.6	2.9	1.6	SIGNIFICATIVA	2.6	1.6	SIGNIFICATIVA
2013	77.7	66.3	4791.8	12	48.5	14.5	1.5	1.6	NO SIG	1.8	1.6	SIGNIFICATIVA
2014	77.1	65.6	4416.7	12	48.4	14.4	1.4	1.6	NO SIG	1.7	1.6	SIGNIFICATIVA
2015	63.1	69.2	5223.4	12	48.6	14.5	0.5	1.6	NO SIG	2.0	1.6	SIGNIFICATIVA
2016	59.4	54.8	3271.4	12	49.1	14.4	0.2	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG
2017	84.0	82.1	7355.7	12	50.0	14.6	2.6	1.6	SIGNIFICATIVA	2.8	1.6	SIGNIFICATIVA
2018	79.5	64.6	3236.1	12	49.1	14.4	1.6	1.6	NO SIG	1.2	1.6	NO SIG

AÑO	ESTADÍSTICOS				SALTOS EN LA MEDIA					SALTOS EN LA VARIANZA		
	MEDIA	DEV STAND	VARIANZA	NDATOS	Sp	Sa	Ta	Tt	CRITERIO	Fc	Ft	CRITERIO
1981	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1982	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1983	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1984	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1985	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1986	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1987	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1988	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1989	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1990	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1991	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1992	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1993	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1994	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1995	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1996	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1997	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1998	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
1999	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2000	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2001	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2002	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2003	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2004	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2005	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2006	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2007	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2008	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2009	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2010	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2011	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2012	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2013	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2014	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2015	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2016	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2017	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG
2018	56.1	49.0	2619.1	12	49.0	14.3	0.0	1.6	NO SIG	1.0	1.6	NO SIG

Anexo 31

Panel fotográfico de las estaciones meteorológicas

Figura 40

Estación CO-La Encañada

Ubicación política: Región Cajamarca, provincia Cajamarca, distrito La Encañada

Ubicación geográfica: Este = 794587, Norte = 9211782, altitud = 2977 m



Figura 41

Estación MAP-Augusto Weberbauer

Ubicación política: Región Cajamarca, provincia Cajamarca, distrito Cajamarca

Ubicación geográfica: Este = 776879, Norte = 9206978, altitud = 2675 m



Figura 42

Estación CO-Namora

Ubicación política: Región Cajamarca, provincia Cajamarca, distrito Namora

Ubicación geográfica: Este = 795123, Norte = 9203204, altitud = 2757 m



Figura 43

Estación CO-Sondor

Ubicación política: Región Cajamarca, provincia San Marcos, distrito Gregorio Pita

Ubicación geográfica: Este = 807835, Norte = 9199122, altitud = 2904 m



Figura 44

Estación CO-Jesús

Ubicación política: Región Cajamarca, provincia Cajamarca, distrito Jesús

Ubicación geográfica: Este = 788400, Norte = 9298253, altitud = 2562 m



Figura 45

Estación CO-San Marcos

Ubicación política: Región Cajamarca, provincia San Marcos, distrito Pedro Gálvez

Ubicación geográfica: Este = 812191, Norte = 9189611, altitud = 2290 m



Figura 46

Estación PE-Cachachi

Ubicación política: Región Cajamarca, provincia Cajabamba, distrito Cachachi

Ubicación geográfica: Este = 801503, Norte = 9175451, altitud = 3225 m

