

NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA AZÁNGARO (1981–2019) (3).docx

AUTOR

MISHELL ZORRILLA

RECUENTO DE PALABRAS

24119 Words

RECUENTO DE CARACTERES

119743 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

93 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.8MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 19, 2024 4:43 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 19, 2024 4:45 PM GMT-5

● 6% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)
- Material citado



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS (X) 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: ZORRILLA CRISOSTOMO, MISHHELL JENNY
D.N.I.: 71300122
Otro Documento:
Nacionalidad: PERUANA
Teléfono: 994572562
e-mail: MISHHELLJENNYZORRILLACRISOSTOMO@GMAIL.COM

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: TESIS
Título Profesional otorgado: INGENIERO AMBIENTAL

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: "ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA AZÁNGARO, PUNO, PERIODO: 1981–2019"
Fecha de Sustentación: 04 DE DICIEMBRE DEL 2023
Calificación: APROBADO
Año de Publicación: 2024

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

ZORRILLA CRISOSTOMO, MISELL JENNY

APELLIDOS Y NOMBRES

71300122

DNI

Firma y huella:



Lima, 12 de AGOSTO del 20 24

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



“ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA AZÁNGARO, PUNO, PERIODO: 1981–2019”

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ZORRILLA CRISOSTOMO, MISHHELL JENNY

ORCID: 0009-0005-4642-7178

ASESOR

GAMARRA CHAVARRY, LUIS FELIPE

ORCID: 0000-0002-6734-1526

Villa El Salvador

2023



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

En Villa El Salvador, siendo las 2:30 p.m. del día 04 de diciembre del 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE DNI N° 20054374 C.I.P. N° 68273
SECRETARIO: CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN DNI N° 10021641 C.B.P. N° 5179
VOCAL : LUIS ALFREDO ZUÑIGA FIESTAS DNI N° 07106594 C.I.P. N° 140131

ASESOR : LUIS FELIPE GAMARRA CHAVARRY DNI N° 10228440 C.I.P. N° 83080

Designados mediante Resolución de Decanato N° 356-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto del 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al: Grado de Bachiller Título Profesional

Doña: MISHHELL JENNY ZORRILLA CRISOSTOMO identificado(a) con D.N.I. N° 71300122, procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación Tesis Trabajo de suficiencia Artículo científico

Titulado: "ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA AZÁNGARO, PUNO, PERIODO: 1981-2019".

Aprobado mediante Resolución de Decanato N° 805-2023-UNTELS-R-D de fecha 23 de noviembre, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante APROBADO por APROBADO con la nota de: ONCE (letras)..... 11..... (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
11	ONCE	APROBADO	REGULAR

Siendo las 3:20 p.m. horas del día 04 de diciembre. del 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

Dra. CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN
SECRETARIO

Ph.D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE
PRESIDENTE

Dr. LUIS ALFREDO ZUÑIGA FIESTAS
VOCAL

MISHHELL JENNY ZORRILLA CRISOSTOMO
BACHILLER

DEDICATORIA

"A Dios y mis padres, fuente inagotable de apoyo y sacrificio. A mi profesor, por su orientación invaluable. Este trabajo está dedicado a quienes han sido mi inspiración y sostén a lo largo de este viaje académico."

AGRADECIMIENTOS

"Quiero expresar mi profundo agradecimiento en primer lugar a Dios y mi agradecimiento sincero a mi familia por su constante apoyo y estímulo. También reconozco el invaluable respaldo de mis compañeras y a todas las personas que contribuyeron de alguna manera a la realización de este trabajo. Su apoyo ha sido fundamental en este viaje académico. Gracias a todos."

RESUMEN

La presente investigación de la cuenca de Azángaro se llevó a cabo mediante el Análisis de Conglomerados (Clúster) y el método Ward, identificando tres zonas homogéneas (A, B y C) basadas en datos estandarizados de latitud, longitud, altitud y precipitación multianual. La consistencia y homogeneidad de estas zonas se verificaron visualmente y estadísticamente, asegurando criterios específicos. Posteriormente, se caracterizó el régimen pluvial de estas zonas utilizando series mensuales generadas por el método de Kriging, lo que permitió un detallado análisis de la precipitación a lo largo de 39 años para cada uno de los 12 meses. Posteriormente, se procedió a un análisis de los períodos de sequía SPI-3 en las zonas A, B y C, evaluando su intensidad, duración y severidad. Se destacó un periodo severo de sequía a finales de 1991 hasta mediados de 1992, con máxima intensidad en la zona C. Las duraciones y valores de intensidad y severidad mostraron consistencia en todas las áreas, señalando periodos de 11 a 13 meses de duración y variaciones de -2.9 a -2.3 en intensidad, y de 13.7 a 21.6 en severidad. Además, el análisis de tendencias con el test de Mann-Kendall reveló patrones complejos en la dinámica de la sequía en la cuenca de Azángaro. Entre 1981-1989, se identificaron tendencias decrecientes en todas las zonas, asociadas con un aumento en la ocurrencia de sequías. En el periodo 1990-1999, aunque MAM y JJA mostraron tendencias crecientes, no hubo patrones claros en DEF y SON. La transición al nuevo milenio evidenció tendencias decrecientes en 2000-2009. Entre 2010-2019, las tendencias crecientes sugieren una reducción de sequías, la falta de tendencias en ciertos lapsos destaca la complejidad en la dinámica de la sequía en la región, señalando la necesidad de investigaciones más profundas para comprender mejor la relación entre la variabilidad climática y los patrones de sequía en esta área específica.

ABSTRACT

The present investigation of the Azángaro basin was carried out using Cluster Analysis and the Ward method, identifying three homogeneous zones (A, B and C) based on standardized data of latitude, longitude, altitude and multi-year precipitation. The consistency and homogeneity of these zones were verified visually and statistically, ensuring specific criteria. Subsequently, the rainfall regime of these areas was characterized using monthly series generated by the Kriging method, which allowed a detailed analysis of precipitation over 39 years for each of the 12 months. Subsequently, an analysis of the SPI-3 drought periods in zones A, B and C was carried out, evaluating their intensity, duration and severity. A severe period of drought stood out at the end of 1991 until mid-1992, with maximum intensity in zone C. The durations and values of intensity and severity showed consistency in all areas, indicating periods of 11 to 13 months in duration and variations from -2.9 to -2.3 in intensity, and from 13.7 to 21.6 in severity. Furthermore, trend analysis with the Mann-Kendall test revealed complex patterns in drought dynamics in the Azángaro basin. Between 1981-1989, decreasing trends were identified in all areas, associated with an increase in the occurrence of droughts. In the period 1990-1999, although MAM and JJA showed increasing trends, there were no clear patterns in DEF and SON. The transition to the new millennium showed decreasing trends in 2000-2009. Between 2010-2019, increasing trends suggest a reduction in droughts, the lack of trends in certain periods highlights the complexity in drought dynamics in the region, pointing out the need for deeper research to better understand the relationship between climate variability and drought patterns in this specific area.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Motivación.....	3
1.2 Estado de arte.....	4
1.3 Descripción del problema.....	6
1.4 Formulación del problema.....	7
1.4.1 Problema general	7
1.4.2 Problemas específicos	7
1.5 Objetivos de la investigación.....	7
1.5.1 Objetivo general.....	7
1.5.2 Objetivos específicos	8
1.6 Justificación del problema	8
II. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes de la investigación (Internacionales o Nacionales).....	9
2.2 Bases teóricas	12
III. VARIABLES	15
3.1 Operacionalización de variables (Dimensiones e indicadores)	15
IV. METODOLOGÍA.....	16
4.1 Descripción de la metodología	16
4.2 Implementación de la investigación	18
4.2.1. Pruebas realizadas	18
V. RESULTADOS.....	20
5.1.1 Subcuencas ubicadas en la Cuenca Azángaro según PISCO_HyM_GR2M 20	
5.1.2 Descarga de datos pluviométricos del producto PISCO_HyM_GR2M ..	22
5.1.3 Identificación de zonas homogéneas.....	22

5.1.4	Método del Vector Regional (MVR)	24
5.1.5	Caracterización de las sequías.....	32
5.1.6	Sequías a corto plazo (SPI-3).....	32
5.1.7	Análisis de tendencias de las sequías	38
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
VII.	CONCLUSIONES.....	56
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	63
	Anexo 1. Matriz de consistencia	63
	Anexo 2. Datos de precipitación de las subcuencas de Azángaro	64

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1 Operacionalización de las variables</i>	15
<i>Tabla 2 Subcuencas de la Cuenca Azángaro</i>	20
<i>Tabla 3 Verificación del vector regional</i>	24
<i>Tabla 4 Subcuencas agrupadas en la zona A</i>	24
<i>Tabla 5 Estadísticas asociadas al vector regional en la zona A</i>	26
<i>Tabla 6 Subcuencas agrupadas en la zona B</i>	27
<i>Tabla 7 Subcuencas que corresponden a la Zona B</i>	28
<i>Tabla 8 Subcuencas agrupadas en la zona C</i>	29
<i>Tabla 9 Estaciones que corresponden a la Zona C</i>	31
<i>Tabla 10 Atributos de los periodos de sequía (SPI-3) de las zonas homogéneas</i>	35
<i>Tabla 11 Atributos de las sequías con SPI-3 en la región homogénea A</i>	35
<i>Tabla 12 Atributos de las sequías con SPI-3 en la región homogénea B</i>	36
<i>Tabla 13 Atributos de las sequías con SPI-3 en la región homogénea C</i>	37
<i>Tabla 14 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 1981 - 1989</i>	38
<i>Tabla 15 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 1990 - 1999</i>	39
<i>Tabla 16 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 2000 - 2009</i>	39
<i>Tabla 17 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 2010 - 2019</i>	40
<i>Tabla 18 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en el periodo estacional DEF (diciembre, enero y febrero)</i>	42
<i>Tabla 19 Cambios estacionales (verano) en el SPI-3 de la zona A</i>	43
<i>Tabla 20 Cambios estacionales (verano) en el SPI-3 de la zona B</i>	43
<i>Tabla 21 Cambios estacionales (verano) en el SPI-3 de la zona C</i>	44
<i>Tabla 22 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en la zona A</i>	45
<i>Tabla 23 Cambios estacionales (otoño) en el SPI-3 de la zona A</i>	46
<i>Tabla 24 Cambios estacionales (otoño) en el SPI-3 de la zona B</i>	46
<i>Tabla 25 Cambios estacionales (otoño) en el SPI-3 de la zona C</i>	47
<i>Tabla 26 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en la zona A</i>	48
<i>Tabla 27 Cambios estacionales (invierno) en el SPI-3 de la zona A</i>	48
<i>Tabla 28 Cambios estacionales (invierno) en el SPI-3 de la zona B</i>	49
<i>Tabla 29 Cambios estacionales (invierno) en el SPI-3 de la zona C</i>	49
<i>Tabla 30 Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en la zona A</i>	51
<i>Tabla 31 Cambios estacionales (primavera) en el SPI-3 de la zona A</i>	51

<i>Tabla 32 Cambios estacionales (primavera) en el SPI-3 de la zona B.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 33 Cambios estacionales (primavera) en el SPI-3 de la zona C.</i>	<i>52</i>

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1 Principales efectos que tiene la sequia en los cultivos, ganado, agricultores y ambiente</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2 Diagrama de flujo de metodología</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3 Subcuencas de la Cuenca Azángaro.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4 Serie histórica de precipitación de las subcuencas pertenecientes a la Cuenca Azángaro</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5 Dendograma de los valores de precipitación de las subcuencas pertenecientes a la Cuenca Azángaro.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6 Agrupación previa de las subcuencas.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7 Índices correspondientes al vector regional y a las estaciones en la zona A durante el periodo de análisis de 1981 a 2019..</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8 Total de índices del vector regional (VR) y de las subcuencas en la zona 1 durante el periodo de análisis de 1981 a 2019.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9 Interpolación realizada mediante el método de Kriging para la zona 1 en el mes de diciembre del 2019.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10 Índices correspondientes al vector regional y a las estaciones en la zona B durante el periodo de análisis de 1981 a 2019. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11 Total de índices del vector regional (VR) y de las estaciones en la zona B durante el periodo de análisis de 1981 a 2019...</i>	<i>28</i>
<i>Figura 12 Interpolación realizada mediante el método de Kriging para la zona B.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13 Índices correspondientes al vector regional y a las subcuencas en la zona C durante el periodo de análisis de 1981 a 2019..</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14 Total de índices del vector regional (VR) y de las estaciones en la zona C durante el periodo de análisis de 1981 a 2019..</i>	<i>30</i>
<i>Figura 15 Interpolación realizada mediante el método de Kriging para la zona 4.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16 Progresión cronológica del (SPI-3) en la zona homogénea A..</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17 Progresión cronológica del (SPI-3) en la zona homogénea B..</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18 Progresión cronológica del (SPI-3) en la zona homogénea C..</i>	<i>34</i>

INTRODUCCIÓN

La cuenca Azángaro, es un enclave geográfico crucial. Sus ríos y recursos hídricos sostienen la vida de comunidades locales y ecosistema. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos, como sequías, que impactan la disponibilidad de agua y la sostenibilidad de la región. El estudio de esta problemática es fundamental para comprender y abordar los desafíos actuales y futuros de esta importante cuenca en Puno.

La cuenca Azángaro es fundamental para la agricultura en la provincia de Puno, aportando alrededor del 51,2% del valor total de la producción agrícola. Esta área productiva se especializa en cultivos esenciales como la papa, avena forrajera, alfalfa y quinua. No obstante, se presenta una situación preocupante, del total de 37,364.4 hectáreas destinadas a la agricultura en la zona, se ha identificado que un 18.3 hectáreas se cultiva en áreas catalogadas bajo riesgo, mientras que un 10,016.7 hectáreas corresponde a tierras cultivadas bajo condiciones de secano, ambas categorizadas dentro del nivel de riesgo muy alto. Así mismo, dentro del nivel de riesgo alto se encuentran 104,991.5 hectáreas destinadas a la agricultura. De esta extensión, 2,140.5 hectáreas son cultivadas bajo sistemas de riego, mientras que 32,390.2 hectáreas se dedican a cultivos bajo condiciones de secano según datos del CENEPRED.

El suministro de agua desde la cuenca Azángaro es crucial para 7502 familias, pero la realidad del acceso al agua potable es diversa: 6360 hogares tienen acceso directo mediante redes públicas dentro de sus viviendas, mientras que 8472 acceden a estas redes fuera de sus hogares. Además, 176 familias dependen de pilones públicos para obtener agua. Sin embargo, la distribución es desigual, con solo 3751 familias recibiendo agua diariamente y 121 sin acceso constante al agua potable, según datos del INEI de 2007. Esta disparidad subraya la complejidad del panorama y la urgencia de una gestión justa y eficaz de este recurso vital en la región.

Además, se ha constatado que, en el año 2011, apenas el 48,2% de las viviendas en la región tenían acceso al abastecimiento de agua a través de la red pública, concentrándose mayoritariamente en áreas urbanas. Esta carencia afecta de manera significativa a las viviendas en zonas rurales, que dependen de fuentes alternativas como pozos, ríos, acequias o manantiales para obtener agua. Estos análisis espacio-temporales no solo señalan la grave situación de sequía en la región, sino que también subrayan la urgente necesidad de implementar estrategias y políticas que aborden esta crisis hídrica de manera integral y sostenible en la cuenca Azángaro.

Las cuencas de la región Puno se han convertido en uno de los epicentros más vulnerables a los cambios climáticos, evidenciando una marcada reducción en el flujo base de sus ríos. Esta disminución ha propiciado un preocupante descenso en la productividad agrícola y una notable

merma en las áreas destinadas al riego. Es por esto que la Autoridad Nacional del Agua (ANA), perteneciente al Ministerio de Agricultura del Perú, ha oficializado el estado de emergencia hídrica en 37 valles y áreas agrícolas distribuidas en siete regiones del país, incluyendo la provincia de Azángaro, debido a la sequía que ha privado tanto a la población como a los cultivos de acceso al vital recurso del agua (López, 2016). Estos hechos se correlacionan con análisis espacio-temporales de sequías meteorológicas en la cuenca Azángaro, los cuales revelan un déficit hídrico durante los meses de agosto hasta noviembre, particularmente en áreas de intensa actividad de riego, según informes del Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Recursos Hídricos (INRENA, 2008).

La problemática de las sequías meteorológicas ha adquirido una relevancia crítica en la gestión del agua y la planificación de recursos en diversas regiones del mundo. En este contexto, el presente estudio se enfoca en el análisis espacio-temporal de las sequías meteorológicas en la cuenca Azángaro del Perú, abarcando un extenso período desde 1981 hasta 2019. Esta investigación se sitúa en un marco de creciente preocupación debido a la incidencia cada vez más recurrente y pronunciada de eventos de sequía, impactando de manera significativa en la disponibilidad hídrica, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en la región.

El objetivo principal de este estudio es analizar de manera detallada la variabilidad y ocurrencia de las sequías meteorológicas en la cuenca Azángaro durante un período de casi cuatro décadas. Se busca comprender el comportamiento de estos eventos en distintos puntos de la cuenca a lo largo del tiempo, identificar patrones de ocurrencia, así como evaluar posibles cambios significativos en su distribución y severidad en función de las condiciones climáticas cambiantes.

Para llevar a cabo el presente análisis se utilizarán diversas herramientas y metodologías reconocidas en el estudio de las sequías, con el fin de caracterizar adecuadamente estos fenómenos, determinar su duración, intensidad, frecuencia y distribución espacial. Además, se emplearán modelos y técnicas de análisis espacial y temporal para identificar posibles tendencias y patrones emergentes en la evolución de las sequías en la cuenca Azángaro durante el período considerado.

Los resultados obtenidos de este estudio son de suma importancia para comprender mejor la variabilidad climática local y regional, así como identificar posibles tendencias y cambios en la frecuencia o severidad de estos eventos a lo largo del tiempo. Estos resultados, por ende, pueden ser fundamentales para desarrollar políticas y medidas de mitigación que contribuyan a la resiliencia de las comunidades frente a estos eventos climáticos extremos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Motivación

La cuenca Azángaro, una región vital en la provincia de Puno, se destaca por su relevancia geográfica y la importancia de sus recursos hídricos. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos, especialmente las sequías, que han impactado severamente la disponibilidad de agua y la sostenibilidad de la región. La exploración detallada de esta problemática es esencial para comprender y abordar de manera efectiva los desafíos presentes y futuros en esta área crítica de Puno.

Esta cuenca desempeña un papel clave en la agricultura, contribuyendo aproximadamente con el 51,2% del valor total de la producción agrícola en la provincia. A pesar de esta relevancia, se evidencia una situación alarmante en términos de riesgo agrícola: un porcentaje considerable de tierras se encuentra bajo riesgo muy alto debido a la exposición a condiciones de sequía. Este escenario plantea una seria amenaza para la seguridad alimentaria y la estabilidad económica de la región.

El suministro de agua desde esta cuenca es vital para alrededor de 7502 familias. Sin embargo, la disparidad en el acceso al agua potable es evidente: algunas familias tienen acceso regular, mientras que otras carecen de él de manera constante. Esta disparidad refleja una distribución desigual que impacta directamente en la calidad de vida de las comunidades locales.

Adicionalmente, la limitada disponibilidad de acceso al agua a través de redes públicas, especialmente en áreas rurales, agudiza esta crisis. La dependencia de fuentes alternativas para obtener agua revela una clara deficiencia en infraestructuras básicas en estas áreas, afectando el bienestar general de la población.

La motivación detrás del análisis espacio-temporal de sequías meteorológicas en la cuenca Azángaro durante el período 1981-2019 radica en comprender la compleja interacción entre los factores climáticos, la dinámica hidrológica y el impacto en las comunidades locales. Este estudio busca ser una fuente de conocimiento integral que vaya más allá de la mera identificación de estos eventos climáticos extremos.

El deseo de comprender las sequías meteorológicas en esta cuenca específica es impulsado por la urgencia de generar información práctica y detallada que respalde la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos y la planificación de estrategias de adaptación al cambio climático. La necesidad de comprender las características, tendencias y patrones de estas sequías en la cuenca Azángaro se fundamenta en el deseo de ofrecer soluciones informadas y sostenibles a los desafíos climáticos presentes y futuros.

Este análisis espacio-temporal no solo busca llenar vacíos en el entendimiento de las sequías meteorológicas en la cuenca Azángaro, sino que también aspira a brindar herramientas prácticas y aplicables para fortalecer la resiliencia de las comunidades locales frente a estos fenómenos climáticos extremos. La motivación intrínseca de este estudio radica en su potencial para contribuir al bienestar y la seguridad hídrica en una región afectada por la variabilidad climática.

1.2 Estado de arte

El análisis espacio-temporal de sequías meteorológicas en la cuenca del río Azángaro emerge como un pilar fundamental para comprender en detalle la variabilidad climática y su influencia directa en esta región específica. Este enfoque analítico no solo permite entender la dinámica de las sequías, sino que también provee información crucial para evaluar cómo estas condiciones climáticas extremas afectan la disponibilidad de agua y las comunidades que dependen de él. El análisis espacio-temporal de sequías meteorológicas se ha consolidado como un campo crucial en la comprensión de la variabilidad climática y su impacto en las regiones. Esta noción resalta la importancia de estudiar estos fenómenos extremos para comprender sus efectos y planificar estrategias de adaptación.

Las sequías ejercen un impacto considerable en la agricultura, fundamental para la región, se ve perjudicada por la limitación en el suministro de agua destinada al riego, lo cual afecta la cosecha de cultivos vitales como la papa y la quinua, incrementando la inseguridad alimentaria. La escasez de pastizales debido a la falta de lluvias también afecta la alimentación del ganado, reduciendo la producción de carne y leche y debilitando la economía de quienes crían llamas, alpacas y ovejas. Además, la reducción en el caudal de ríos y lagos, importantes fuentes de agua potable, ocasiona escasez de agua segura para las necesidades diarias de las comunidades. Estas condiciones también pueden agravar los problemas de higiene, aumentando el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua, como la diarrea, impactando negativamente en la salud de la población. Además, las sequías pueden desencadenar la migración hacia áreas con mejores recursos hídricos, lo que puede provocar tensiones y conflictos por el acceso a estos recursos esenciales. En conjunto, las sequías en la cuenca Azángaro, tienen un impacto profundo en la producción agrícola y ganadera, la disponibilidad de agua potable, la salud, la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y las dinámicas sociales y económicas de las comunidades locales. En su conjunto, las sequías tienen un impacto profundo, afectando la producción agrícola y ganadera, la disponibilidad de agua potable, la salud, la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos y las dinámicas sociales y económicas de las comunidades locales.

En investigaciones previas, se ha enfatizado la relevancia de analizar la dinámica de las sequías meteorológicas en diferentes cuencas y regiones. Este enfoque destaca la necesidad de comprender la variabilidad climática para mitigar los riesgos asociados a la escasez de agua. En el contexto específico de Perú, diversos estudios han abordado la variabilidad climática y la ocurrencia de sequías en distintas cuencas. De acuerdo con el estudio de Aramayo (2019), se observó una tendencia a la disminución de la lluvia durante los meses de enero, febrero y marzo. Se identificó un alto riesgo de sequía y se destacó la presencia de sequías especialmente intensas en los años 1983, 1990 y 1992. Esta perspectiva resalta la importancia de estudiar las sequías en áreas específicas para comprender sus efectos en comunidades locales y en la disponibilidad de recursos hídricos.

La metodología propuesta para el análisis de datos pluviométricos en la cuenca de Azángaro, abarca varios pasos esenciales. Inicialmente, se extrae datos de precipitación a partir del nuevo subproducto hidrológico del conjunto de datos PISCO_HyM_GR2M, el cual abarca 781 subcuencas en la vertiente del Pacífico y del Titicaca, mediante el lenguaje de programación R. Después, mediante el Análisis Clúster (AC), se buscan similitudes entre subcuencas para formar regiones homogéneas. Se implementa el Método del Vector Regional (MVR) para la homogenización de datos de precipitación entre subcuencas. Además, se caracterizan las sequías mediante el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) con un umbral específico (-1). Por último, se emplea el test de Mann-Kendall para detectar tendencias en series temporales de SPI-3, considerando la autocorrelación de los datos. Esta metodología integra pasos clave para comprender la distribución de la precipitación, identificar sequías y evaluar tendencias a lo largo del tiempo en la cuenca Azángaro.

Sin embargo, existe una brecha en el conocimiento detallado de las sequías meteorológicas en la cuenca Azángaro del Perú durante el período analizado. Este estudio busca llenar esta laguna al profundizar en el análisis espacio-temporal de las sequías, contribuyendo a la literatura científica, así como, a la formulación y ejecución de estrategias concretas para la adaptación al cambio climático y para la gestión efectiva de los riesgos asociados a la sequía en la cuenca de Azángaro. Estas conclusiones, al ofrecer una comprensión detallada de los patrones pluviométricos, las tendencias de sequía y la distribución de la precipitación en esta área específica, brindan una base sólida para el diseño de planes de acción. Estas estrategias podrían abarcar desde la implementación de sistemas de alerta temprana para sequías hasta la planificación de medidas de conservación del agua y la promoción de prácticas agrícolas adaptativas. Además, podrían ser fundamentales para la

toma de decisiones en políticas públicas orientadas a la seguridad hídrica, la agricultura sostenible y la gestión de recursos naturales en la cuenca de Azángaro.

1.3 Descripción del problema

La cuenca Azángaro enfrenta un escenario preocupante debido a la recurrencia de sequías meteorológicas que han impactado significativamente en la disponibilidad de agua y en la agricultura local. Un ejemplo, en el Centro Poblado Cármen Ccato Pata en Achaya Azángaro, más de 400 familias enfrentan una grave escasez de agua potable, lo que afecta tanto su consumo diario como la alimentación de sus animales y pastizales. Las fuentes subterráneas de agua se han agotado en los últimos años, obligando a los habitantes a transportar agua desde áreas cercanas, generando racionamiento en su consumo y costos adicionales por movilización. Las comunidades afectadas incluyen Pilipilini, Ccorpa, Yucajache y otras pertenecientes al distrito de Achaya.

La municipalidad ha proporcionado un apoyo limitado, trasladando 3500 litros de agua potable a estas comunidades. El alcalde Edson Calloapaza destacó la urgencia de atender estas necesidades, solicitando el respaldo de los diferentes niveles de gobierno para financiar proyectos que aborden este acceso limitado al agua. Además, en Azángaro, el sistema de suministro de agua proviene de la cuenca Azángaro y provee directamente a 7502 familias. De estas, 6360 tienen acceso a agua potable dentro de sus hogares a través de redes públicas, mientras que 8472 acceden a redes públicas fuera de sus viviendas. Además, 176 familias dependen de pilones públicos para obtener agua. Sin embargo, solo 3751 familias reciben agua diariamente, mientras que 121 no tienen acceso constante a agua potable, según datos del INEI en 2007. El resto de las familias en el distrito de Azángaro enfrenta dificultades debido a la falta de infraestructura adecuada para acceder al agua. Se ven obligadas a recurrir a pozos artesanales que utilizan métodos rudimentarios como cuerdas con baldes para extraer agua. En algunos casos, se intenta usar bombas manuales, aunque estas están frecuentemente deterioradas. El crecimiento poblacional ha agravado esta situación, ya que la mayoría carece del equipamiento necesario para proporcionar este servicio básico en condiciones adecuadas. Durante la temporada agrícola del año 2020, se registraron pérdidas significativas en los cultivos de alfalfa, cañihua, haba de grano y papa en las regiones de Puno. Resaltando, la región de Azángaro, ubicada junto a la cuenca Azángaro, se destaca como una de las áreas más importantes para la agricultura en el departamento de Puno, según la información proporcionada por la Dirección de Información Agraria.

El cambio climático, al elevar la temperatura global, puede intensificar y volver más frecuentes las sequías. Esto ocurre debido a cambios en los patrones de precipitación, aumentando la evaporación y alterando los sistemas atmosféricos que distribuyen la lluvia. Estos cambios

prolongados y anormales en el clima pueden agotar fuentes de agua, secar el suelo y afectar la disponibilidad de recursos, generando impactos severos en la agricultura, la seguridad alimentaria y la estabilidad socioeconómica de la cuenca Azángaro.

Para hacer frente a los impactos de la sequía en la cuenca de Azángaro, se requiere un enfoque integral que abarque estrategias de adaptación al cambio climático. Esto implica la creación de infraestructuras para almacenar agua, la optimización en el uso de este recurso y el impulso de cultivos y ganado capaces de resistir condiciones de escasez hídrica.

Esta problemática no solo afecta la seguridad hídrica, sino que también tiene un impacto significativo en la economía local y en la calidad de vida de las comunidades. Es evidente la necesidad imperante de llevar a cabo un análisis exhaustivo y actualizado sobre las sequías meteorológicas en la cuenca Azángaro, con el fin de comprender la dinámica de estos eventos extremos, evaluar su evolución en el tiempo y proporcionar información clave para la toma de decisiones en políticas de gestión hídrica y estrategias de adaptación al cambio climático.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

- ¿Cuáles son las características en espacio y tiempo de las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro?.

1.4.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la regionalización de las precipitaciones considerando variables climáticas de la Cuenca Azángaro durante el periodo 1981 – 2019?
- ¿Cuáles son las características de las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro mediante el índice estandarizado de precipitación (SPI) en las regiones homogéneas durante el periodo 1981 - 2019?
- ¿Cuáles son las tendencias de las sequías históricas en las regiones homogéneas de la Cuenca Azángaro durante el periodo 1981 - 2019?

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

- Analizar las características en espacio y tiempo de las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro del Perú.

1.5.2 *Objetivos específicos*

- Regionalizar las precipitaciones considerando variables climáticas de la Cuenca Azángaro del Perú durante el periodo 1981 - 2019
- Caracterizar las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro del Perú mediante el índice estandarizado de precipitación (SPI) en las regiones homogéneas durante el periodo 1981 - 2019.
- Analizar las tendencias de las sequías históricas en las regiones homogéneas en la Cuenca Azángaro del Perú durante el periodo 1981 - 2019.

1.6 *Justificación del problema*

El análisis espacio-temporal de las sequías meteorológicas en cuencas específicas como la Azángaro del Perú es esencial para comprender y mitigar los efectos adversos de estos eventos climáticos extremos. Esta región enfrenta desafíos significativos debido a su vulnerabilidad ante la variabilidad climática, lo que ha impactado la disponibilidad de recursos hídricos y la sostenibilidad de las comunidades locales.

Investigaciones previas, como la realizada por Gómez et al. (2016), destacan que las sequías prolongadas afectan negativamente la agricultura, los recursos hídricos y la seguridad alimentaria en cuencas similares. En el contexto del cambio climático, se anticipa una mayor frecuencia e intensidad de estos eventos, lo que podría exacerbar sus efectos, según lo indicado por López y Hernández (2018).

La escasez de información detallada y análisis actualizados sobre las sequías en la cuenca Azángaro dificulta la implementación de estrategias efectivas de gestión del agua y la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades locales y regionales. Un estudio detallado, como el propuesto, permitiría comprender mejor la dinámica de las sequías en esta región, proporcionando datos cruciales para la formulación de políticas de adaptación y mitigación.

El análisis espacio-temporal detallado de las sequías meteorológicas entre 1981 y 2019 en la cuenca Azángaro del Perú no solo contribuiría al conocimiento científico, sino que también proporcionaría información valiosa para el diseño de estrategias de gestión de riesgos, planificación de recursos y medidas de adaptación al cambio climático en la región.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación (Internacionales o Nacionales)

Nacionales

Según Atúncar (2020) en su investigación identificó cuatro regiones homogéneas según sus niveles de precipitación anual. La zona 1 demostró una precipitación anual promedio de 758.9 mm, en segundo lugar la zona 3 con 690.1 mm, luego la zona 4 con 615.4 mm y, por último, la zona 2 con el valor 535.5 mm. Estas regiones también mostraron similitudes en sus patrones mensuales de lluvia, con períodos de incremento (diciembre - marzo) y disminución (junio - agosto). Además, se caracterizaron las sequías históricas en el período entre 1981 y 2016 basándose en el SPI-3 y el SPI-12. El análisis reveló que el número en promedio de eventos de sequía para las cuatro zonas fue de 59, variando en duración de 7 a 11 meses. Los eventos más intensos ocurrieron en diciembre de 1991 hasta agosto de 1992 (SPI-3) y diciembre de 1991 hasta marzo de 1993 (SPI-12). Se observaron tendencias en las series de SPI durante diferentes estaciones del año: mientras que algunas zonas mostraron una tendencia creciente que indicaba un incremento en las lluvias y la reducción de sequías, otras no mostraron tendencias significativas, señalando una mayor estabilidad en las precipitaciones. En resumen, el análisis detallado de las tendencias de las series de SPI durante diferentes estaciones del año reveló patrones variados en las zonas estudiadas, indicando la existencia de fluctuaciones en la ocurrencia de sequías y el comportamiento de las precipitaciones en el transcurso del tiempo en la cuenca del Río Pampas.

Según Constancia e Hilario (2022) en su investigación se identificaron regiones homogéneas basadas en valores históricos de SPI y altitud, utilizando el método de Ward. Se establecieron cuatro regiones homogéneas para SPI3, situándose la Región 1 al sur, las Regiones 2 y 3 en la zona media, y la Región 4 en el norte. Para el SPI6 se identificaron tres regiones, desde el sur hasta el norte de la cuenca. Las precipitaciones más bajas se registraron en la Región 1 con 8.12 mm/año, mientras que en la Región 4 (SPI3) y Región 3 (SPI6) variaron entre 617 y 648 mm/año. En cuanto a las sequías, el análisis histórico (1988-2017) mostró la ocurrencia de 75 eventos de sequía, siendo el evento más severo en enero de 1992, coincidiendo con el fenómeno del Niño, con mayor impacto en la Región 3 (SPI3) y la Región 2 (SPI6). Para las sequías futuras (2025-2054), se estiman 103 eventos bajo RCP 8.5 y 28 eventos bajo RCP 4.5, siendo la Región 3 del SPI3 y SPI6 donde se manifiesta el evento de sequía más drástico. La mayor probabilidad de sequías extremas se proyecta para los años 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2038, 2041, 2042, 2050 y 2052 bajo ambos escenarios de cambio climático. Se pronostica que las áreas más afectadas por sequías serán la zona media alta (Región SPI3) y alta (Región 3 SPI6), donde la agricultura y ganadería son actividades

principales. Se espera un impacto considerable en distritos como Cayarani, Orcopampa, Chilcaymarca, Andagua, entre otros. El análisis de tendencia reveló una Tendencia Significativa Creciente para ciertos trimestres, indicando la ocurrencia de sequías extremas en períodos específicos y su disminución a partir de cierto punto en el futuro.

Según Aramayo (2019) en su tesis de título “Distribución espacial del riesgo de sequía en la región andina de Puno, Perú” en donde tuvo como objetivo determinar la distribución espacial del riesgo de sequía en las UH de la región de Puno. Para ello se basó como método de trabajo un análisis en las 16 UH, de los cuales se obtuvieron los índices de pendiente (IP), fluctuaciones de las precipitaciones, análisis de tendencia y significancia estadística. Para los resultados se obtuvieron que las precipitaciones obtenidas del producto PISCO-Precipitación v1.2, en el lapso de 36 años (1981 a 2016), durante los meses de enero, febrero y marzo. Así mismo, la distribución espacial del riesgo de sequía se determinó mediante el producto del peligro y vulnerabilidad, como resultado las cuencas de Azángaro, Pucará, Huancané, Coata, Ilave, Ilpa y las Intercuencas 0171 y Ramis, es decir, el 82% del área total de la región andina de Puno presentaron riesgo de sequía con categoría alto y muy alto, lo cual afecta a provincias más sobresaliente como Puno y San Román, con mayor concentración poblacional, y las provincias de Azángaro, Melgar, Carabaya y Puno con mayor actividad agropecuaria, siendo las principales fuentes de ingreso de la región Puno.

Según Vargas (2021) en su investigación determinó los índices de sequía a partir de datos generados mediante teledetección en la cuenca del río Ichu, se calcularon los índices SPI y SPEI a diferentes escalas de tiempo, mediante datos de precipitación y temperatura máxima y mínima mensuales del producto satelital PISCO y datos provenientes de Modelos Climáticos Globales (GCM), con variables de modelo CESM1- BGC con escenario RCP8.5, obteniendo como resultado por la validación estadística Nash – Sutclie un valor de 0.82 y correlación de Pearson con un valor de 0.906 (correlación positiva alta), demostrando la validez la hipótesis planteada.

Internacionales

Según Yang y Zhang (2023) se centró en evaluar los riesgos de sequía e inundación en la agricultura de secano mediante el uso de probabilidades condicionales Copula-Bayesianas. Su meta era reducir las pérdidas de alimentos ocasionadas por estos fenómenos. Emplearon el método de probabilidades condicionales de Copula-Bayes para calcular la probabilidad de disminución del rendimiento de los cultivos de secano en diferentes condiciones de sequía e inundación. Los resultados revelaron que las sequías entre mayo y julio, así como las inundaciones de enero a marzo, tuvieron el mayor impacto en los cultivos de secano en tres provincias del noreste. Algunas ciudades, como Huludao, Changchun, Baishan, Baicheng, Yanbian, Hegang y Jiamusi, enfrentan

un riesgo más elevado de sequía, mientras que Yichun y Suihua tienen un mayor riesgo de inundaciones en los cultivos de secano. En términos específicos, cuando los indicadores de sequía disminuyeron en una unidad, la producción de cultivos de secano disminuyó más en Fuxin; por otro lado, cuando estos indicadores aumentaron en una unidad, el rendimiento de los cultivos de secano disminuyó más en Liaoyuan. Estos resultados podrían ofrecer una guía cuantitativa para abordar la seguridad alimentaria en las tres regiones nororientales de China.

Según Kima et al. (2021) en su artículo investigó un modelo basado en el concepto de riesgo, identificando peligros, exposición y vulnerabilidad. Para ello, se planteó un método que implicaba la clasificación en dos áreas: sensibilidad y capacidad de adaptación, divididas en entorno natural/construido y entorno humano. Se enfatizó la necesidad de integrar indicadores geoespaciales controlables en las evaluaciones de riesgos, con el fin de reducir efectivamente los riesgos y aplicar acciones adecuadas en términos de tiempo y espacio. Como resultado, se logró analizar el riesgo de sequía agrícola en Corea del Sur y Kazajistán, además de llevar a cabo análisis espaciales adicionales a una escala práctica y útil. Se determinó que priorizar áreas de riesgo a niveles administrativos y de ubicación específica podría ser fundamental para la toma de decisiones y la formulación de políticas destinadas a reducir riesgos. También se resaltó la importancia de la disponibilidad y calidad de los datos espaciales en la evaluación del riesgo de desastres.

Según Yuliang et al. (2023) aprovechó la información incierta presente en los datos de muestra y propuso un método para calcular los coeficientes de grado de diferencia dinámica para el número de conexiones de cinco elementos. Se desarrolló un modelo cuantitativo para evaluar y diagnosticar riesgos. Como resultado, se determinó que en 2008 los grados de riesgo para el número de conexiones en el norte de Anhui, el centro de Anhui y el sur de Anhui fueron 359 (alto riesgo), 0,072 (riesgo medio) y 0,097 (riesgo medio), respectivamente. En 2017, estos valores fueron 0,103 (riesgo medio), 0,196 (riesgo medio) y 0,368 (bajo riesgo), respectivamente. Se observó una tendencia espaciotemporal en la que el riesgo disminuyó de norte a sur y también decreció con el tiempo. El alto riesgo a largo plazo en el norte de Anhui se atribuyó a factores como la grave amenaza de sequía, baja cobertura forestal, alta exposición a la sequía y baja capacidad de respuesta. En resumen, se concluyó que el método demostró ser eficaz, mostrando una gran sensibilidad a los cambios en el riesgo, y podría aplicarse en otras zonas de producción de cereales. Los resultados ofrecen una base científica para formular medidas específicas destinadas a controlar el riesgo de desastres por sequía agrícola en la provincia de Anhui.

Según Jin et al. (2023) en su artículo tuvo como propósito utilizar la Red de Monitoreo de Sequías Agrícolas a nivel nacional, que cuenta con más de 2000 observaciones in situ, junto con el

Índice Anormal de Déficit de Agua de Cultivos (CWDIa), con el fin de medir las características espaciotemporales de la sequía agrícola entre 1960 y 2020. Los resultados revelaron que la duración y la severidad de la sequía en el norte de China fueron considerablemente mayores que en las áreas del sur, particularmente en la llanura del norte de China y la meseta tibetana del norte. La presencia de sequías graves en el suroeste de China y en la meseta tibetana meridional durante las estaciones de primavera e invierno se originó por los persistentes déficits de agua. Estos descubrimientos subrayan la importancia de integrar el clima y las necesidades de agua de los cultivos en el seguimiento de la sequía agrícola, con el propósito de generar estimaciones confiables y a largo plazo sobre las características de la sequía, basadas en una red nacional de observación.

Según Suazo y Suazo (2023) en su artículo tuvo como propósito investigar la conexión entre la percepción del riesgo y las estrategias de adaptación adoptadas por los agricultores frente a la sequía. La metodología implicó revisar 50 estudios publicados en español e inglés entre 2010 y 2021, obtenidos de bases de datos como Web of Science, Scopus y EBSCO. Los resultados subrayaron una gama de factores que afectan la percepción del riesgo, como la experiencia previa y el nivel educativo, además de influir en las estrategias de adaptación, como el tamaño de las fincas, el género y el acceso al crédito. Se concluyó la necesidad de futuras investigaciones que estén arraigadas en el contexto local, reconociendo las perspectivas locales, tales como conocimientos, creencias, prácticas y medidas adaptativas. También se enfatizó la importancia de proponer e implementar políticas y programas de mitigación del cambio climático a nivel comunitario.

2.2 Bases teóricas

Sequia

Es un evento climático extremo de origen natural, como resultado de la deficiencia de lluvias respecto a lo considerado como normal, originando impactos negativos en la vulnerabilidad de sistemas expuestos. Cabe resaltar, que cuando la sequía se prolonga en el transcurso del tiempo (meses y años), escasea la disponibilidad de agua para satisfacer la demanda de la sociedad y del ambiente. La sequía se clasifica en meteorológica, agrícola, hidrológica, socioeconómica y ecológica (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2021).

Con el aumento del cambio climático y el impacto de las actividades humanas, la frecuencia, intensidad y alcance de los desastres por sequía aumentan progresivamente. Los desastres por sequía han amenazado gravemente la seguridad alimentaria en muchos países y regiones, y el riesgo de desastres por sequía global sigue aumentando (Yuliang y otros, 2023).

Se pueden identificar cuatro tipos diferentes de sequía: meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica, mencionadas en orden de gravedad creciente. Todos los tipos surgen de una

escasez de precipitaciones, pero la vulnerabilidad de la zona afectada determina si una sequía meteorológica puede volverse más grave. El crecimiento demográfico y la gestión insostenible del agua ejercen una presión antropológica sobre el suministro y la demanda de agua. La combinación de una mayor intensidad y frecuencia de las sequías y una gestión insostenible del agua plantea una gran amenaza a la disponibilidad de agua. Esta amenaza aumenta debido al cambio climático que intensifica la presión natural y es un factor de riesgo de desastres (Vermeulen y otros, 2023).

Estaciones meteorológicas y datos climáticos

La recolección y examen de información climática proveniente de estaciones meteorológicas son esenciales para analizar la diversidad en los patrones de precipitación. Esto implica la utilización de pluviómetros para cuantificar la cantidad de precipitación en una ubicación determinada (Ortiz-Díaz y otros, 2018).

Análisis estadístico

Se utilizan métodos estadísticos para reconocer patrones, direcciones y cambios en los datos de precipitación a lo largo del tiempo. Estas herramientas posibilitan la realización de análisis de series temporales y la evaluación de la importancia de las tendencias observadas (González Ornelas & Muñoz, 2022).

Variabilidad climática

Se estudian las fluctuaciones naturales del clima y los cambios a largo plazo en los patrones climáticos. El análisis de la variabilidad del régimen de precipitaciones se enmarca en la evaluación de la variabilidad climática y la posible influencia del cambio climático antropogénico (González Ornelas & Muñoz, 2022).

Agricultura

El agua es esencial para la producción agrícola y juega un papel crucial en la garantía de la alimentación. La agricultura que depende del riego ocupa el 20 % de la superficie cultivada y aporta el 40 % de la producción global de alimentos. Esta técnica es al menos el doble de productiva por unidad de tierra en comparación con la agricultura de secano, lo que permite aumentar la producción y diversificar los cultivos. Sin embargo, debido al crecimiento demográfico, la urbanización y el cambio climático, se espera una mayor competencia por los recursos hídricos, lo que impactará especialmente en la agricultura. Las proyecciones indican que para 2050 la población mundial superará los 10 000 millones de personas y será crucial satisfacer sus necesidades alimentarias, ya sea en áreas urbanas o rurales. Se calcula que la producción agrícola deberá aumentar en un 70 % para entonces, especialmente debido al incremento del consumo de calorías y alimentos más diversos, impulsado por el aumento de ingresos en muchas partes del mundo en desarrollo. (Banco Mundial [GMB], 2022).

Figura 1
Efectos de la sequia



Nota. Obtenido de Suazo y Sandoval (2023)

Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

El Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) es una herramienta crucial en la evaluación de sequías y excesos de humedad. Este índice se calcula para diversos intervalos temporales y se basa en la normalización de la precipitación, permitiendo la comparación de condiciones de sequía entre diferentes áreas geográficas y periodos de tiempo (McKee, 1993).

El SPI se formula mediante la transformación de las series temporales de precipitación en valores con una distribución de probabilidad normal estándar. Esta estandarización permite identificar y cuantificar la intensidad y la duración de los déficits o excesos de lluvia, facilitando así la clasificación de las condiciones de sequía en diferentes niveles (Vicente-Serrano et al., 2010).

Este índice proporciona una representación clara y cuantitativa de las condiciones de humedad o sequía en una región determinada, lo que resulta fundamental para comprender la variabilidad climática y sus efectos en diversos sectores, como la agricultura, la gestión del agua y la planificación ambiental (Hayes et al., 1999).

III. VARIABLES

3.1 Operacionalización de variables (Dimensiones e indicadores)

Tabla 1

Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Variable independiente: Precipitación	El proceso mediante el cual el agua, en sus distintas formas (líquida o sólida), des desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, siendo esencial para la distribución del agua dulce en el planeta	La precipitación, para este estudio, se define operacionalmente como el volumen de agua que cae sobre una unidad de superficie en un tiempo determinado, medido en milímetros.	Histórica	Milímetros (mm)	mm
Variable dependiente: Sequía	La sequía se define como un período prolongado de deficiencia en la cantidad de agua, en forma de precipitación, humedad del suelo o disponibilidad de recursos hídricos, en comparación con los patrones históricos normales en una determinada región.	La sequía se define cuando la precipitación acumulada es inferior al promedio histórico en una región específica durante un intervalo de tiempo.	Sequía meteorológica	Duración	Meses/ años
				Severidad	Adimensional
				Intensidad	Adimensional

Nota. Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA.

4.1 Descripción de la metodología

Etapas del desarrollo del plan de tesis

Análisis de la precipitación mensual de datos pluviométricos del producto PISCO_HyM_GR2M

Recopilación de datos de precipitación: Se obtienen los datos pluviométricos del nuevo subproducto hidrológico del conjunto de datos PISCO_HyM_GR2M en el cual se determinaron 781 subcuencas de las vertientes correspondientes al Pacífico y del Titicaca. De las cuales 673 se ubican en la vertiente del Pacífico, y 108 en la vertiente del Titicaca, el cual contribuye en la comprensión del balance hídrico en zonas donde hay déficit de datos. Actualmente, el producto PISCO_HyM_GR2M se utiliza para el monitoreo de sequías en el SENAHMI. Estos datos incluyen registros de precipitación a lo largo de un período temporal de 1981-2019, lo que permite caracterizar los patrones de sequía en la Cuenca Azángaro.

Análisis Clúster (AC) - (Pre-regionalización)

Mediante el método Ward, definido en 1963. Caracterizado por fusionar grupos (clúster) considerando el valor total de la suma de cuadrados de las diferencias, en cada grupo y el centroide. A continuación, se cuentan con los siguiente pasos:

- x^k al valor de la j-ésima variable sobre el i-ésimo individuo del k-ésimo clúster, suponiendo que dicho clúster posee n_k individuos.
- m^k al centroide del clúster k, con componentes m^k .
- E_k a la suma de cuadrados de los errores del clúster k; es decir, la distancia euclídeana al cuadrado entre cada individuo del clúster k a su centroide.

$$E_k = \pi \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^k - m_j^k)^2$$

- Suma de cuadrados de errores para todos los clústeres; es decir, suponiendo que hay h clúster.

$$E = \pi \sum_{k=1}^h E_k$$

Método del Vector Regional (MVR)

El MVR utiliza el concepto de 'Vector' para el cálculo de la estación, incorporando la noción de Precipitación Media Extendida al período de trabajo. Esto aborda los desafíos asociados con el sesgo que podrían introducir las estaciones más lluviosas sobre las menos lluviosas, evitando así problemas inherentes a un promedio simple. Además, el método aborda la presencia de datos faltantes o diferentes períodos de funcionamiento, que podrían distorsionar los promedios al calcular valores estandarizados o centrados reducidos de la lluvia, especialmente cuando solo se disponen de años húmedos o secos de una determinada estación.

Bajo estos conceptos, se utiliza el método de Mínimos Cuadrados para determinar los Índices Pluviométricos Regionales Anuales " Z_i " y la Precipitación Media Extendida " P_j ". Este proceso se alcanza al minimizar la suma:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_j} - Z_i \right)^2 \quad \dots \quad (1)$$

Donde:

i: índice de año

j: índice de estación

N: número de años

M: número de estaciones

P_{ij} : precipitación anual en la estación j el año i

P_j : precipitación media extendida al período de N años

Z_i : índice pluviométrico regional del año i

Índice Estandarizado de Sequías (SPI-3)

Se calcula el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), utilizando los datos de precipitación obtenidos de las estaciones meteorológicas, este índice cuantifica la intensidad y duración de las sequías en diferentes momentos y ubicaciones. Esto implica determinar valores mínimos de precipitación o períodos de tiempo sin precipitación que indican la ocurrencia de sequías.

Índice tendencia Mann-Kendall

El test de Mann-Kendall es una evaluación estadística que detecta la presencia de una tendencia en una serie temporal. Esta prueba analiza si los datos tienden consistentemente a aumentar o disminuir a lo largo del tiempo, sin cuantificar la magnitud exacta de este cambio. Su resultado se traduce en un índice de tendencia que indica la dirección y fuerza de dicha tendencia,

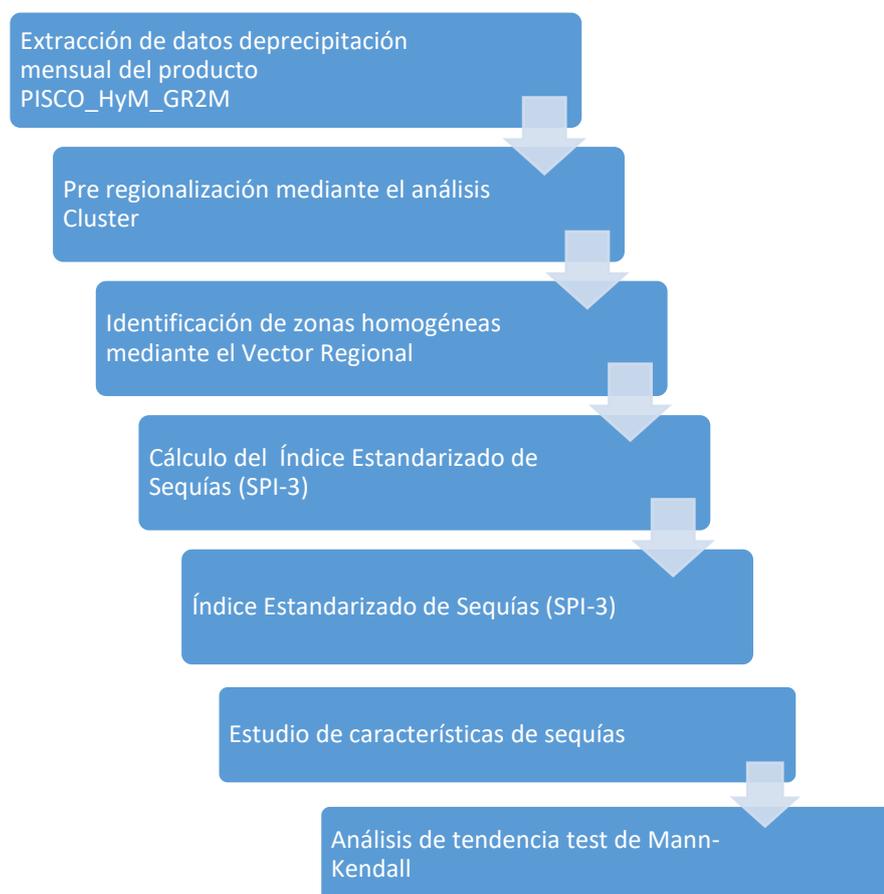
pero no proporciona información sobre la pendiente o la cantidad exacta del cambio observado. Esta herramienta es valiosa en el análisis de series temporales meteorológicas, como la precipitación o la identificación de patrones climáticos, ya que detecta posibles variaciones significativas en los datos a lo largo del tiempo.

Flujograma de procesos

A continuación, se presenta el flujograma de la descripción de la metodología para el análisis del riesgo de sequía en la Cuenca Azángaro

Figura 2

Diagrama de flujo de metodología



4.2 Implementación de la investigación

4.2.1. Pruebas realizadas

El test de Mann-Kendall es una herramienta estadística empleada para analizar tendencias en datos ambientales, como la ocurrencia de sequías. Este método evalúa si hay una

tendencia significativa en un conjunto de datos a lo largo del tiempo, lo que resulta crucial para comprender la frecuencia, duración o intensidad de los eventos de sequía.

Relación con la Sequía:

Análisis de Datos de Sequía: Los investigadores emplean el test de Mann-Kendall para evaluar series temporales de datos de sequía, como el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) o el Índice de Severidad de la Sequía Estándar (SSDI), entre otros. Estos índices cuantifican la falta de agua o la anomalía en la precipitación.

Detección de Tendencias: Se aplica el test de Mann-Kendall a los datos de sequía para identificar si existe una tendencia significativa a lo largo del tiempo. Esto implica verificar si hay cambios sistemáticos y consistentes en la aparición de eventos de sequía.

Relevancia Estadística: La significancia estadística del test permite determinar si las variaciones observadas en los datos son significativas o simplemente el resultado de la variabilidad natural.

En línea con estos argumentos, la aplicación del test de Mann-Kendall resulta fundamental para identificar tendencias significativas en datos climáticos, incluyendo la ocurrencia de sequías, permitiendo así una mejor comprensión de la variabilidad climática y sus implicaciones.

En resumen, el test de Mann-Kendall sigue siendo una herramienta estadística esencial para identificar y analizar tendencias en datos de sequía, proporcionando una base rigurosa para comprender la dinámica de estos eventos climáticos extremos y sus consecuencias.

V. RESULTADOS

5.1.1 Subcuencas ubicadas en la Cuenca Azángaro según PISCO_HyM_GR2M

Se determinaron 16 subcuencas que contienen los valores medios de área de precipitación pertenecientes a la cuenca Azángaro.

Tabla 2

Subcuencas de la Cuenca Azángaro

Código de subcuenca	Área	Vertiente	Latitud	Longitud	Altitud	Área
452	458.072	Titicaca	-70.242	-14.499	4178	0.038187
614	315.457	Titicaca	-70.234	-14.185	4458	0.026261
622	327.426	Titicaca	-70.538	-14.281	4518	0.027291
623	333.715	Titicaca	-70.654	-14.259	4635	0.027821
624	380.171	Titicaca	-70.374	-14.275	4354	0.031673
643	239.585	Titicaca	-70.524	-14.457	4022	0.019984
649	260.074	Titicaca	-70.359	-14.446	4569	0.021683
657	1226.731	Titicaca	-70.75	-14.368	4442	0.102343
676	397.82	Titicaca	-70.363	-14.623	3960	0.033194
682	2573.356	Titicaca	-69.866	-14.457	4383	0.214257
710	658.3	Titicaca	-70.455	-14.711	3889	0.054963
713	351.567	Titicaca	-70.177	-14.709	3982	0.029331
715	181.362	Titicaca	-70.254	-14.84	3859	0.015143
719	513.657	Titicaca	-70.053	-14.802	4064	0.042857
733	130.24	Titicaca	-70.084	-14.941	3921	0.010874
781	504.122	Titicaca	-70.173	-15.059	3836	0.042126

En la siguiente figura se presencia las subcuencas pertenecientes a la Cuenca Azángaro

Figura 3

Subcuencas de la Cuenca Azángaro. Fuente: Elaboración propia

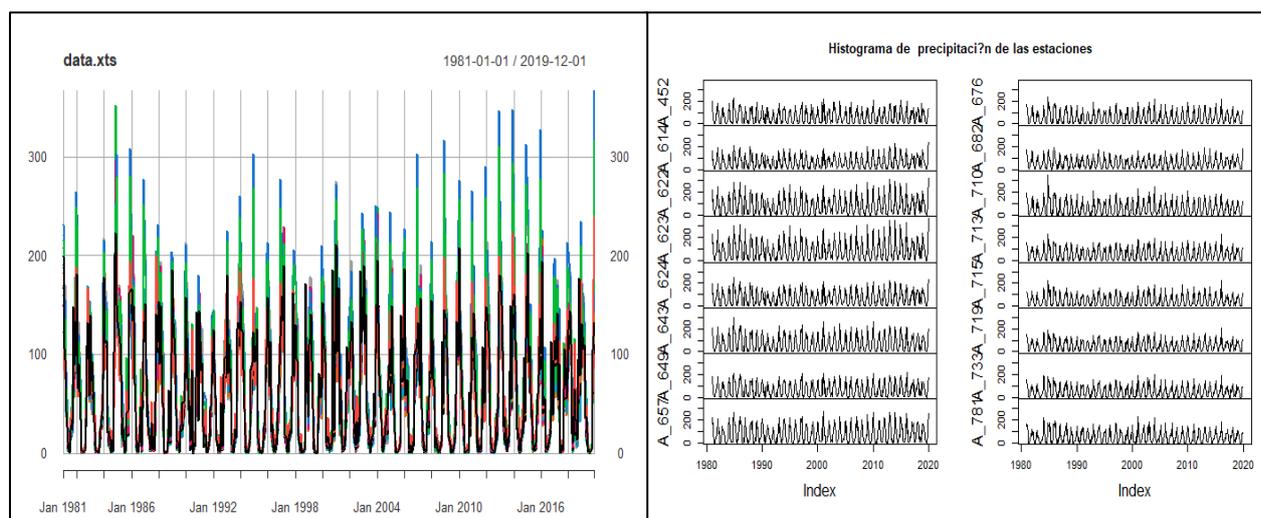


5.1.2 Descarga de datos pluviométricos del producto PISCO_HyM_GR2M

Se procedió con la descarga de los datos pluviométricos de las 16 subcuencas pertenecientes a la Cuenca Azángaro mediante el tutorial de descarga emitido por la Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas del SENAHMI, haciendo uso del lenguaje de programación R studio.

Figura 4

Serie histórica de precipitación de las subcuencas pertenecientes a la Cuenca Azángaro



5.1.3 Identificación de zonas homogéneas

Se procedió a la identificación de las zonas homogéneas, mediante el Análisis de Conglomerados (Clúster) en referencia al método Ward. En primer lugar, se estandarizaron los datos de latitud, longitud, altitud y precipitación multianual a fin de evitar influencia de alguna variable sobre otra.

Para efectos de visualizar la agrupación preliminar, en la Figura 5 se presenta el dendrograma, en el cual se muestra los conglomerados y sus niveles de similitud.

Figura 5

Dendograma de los valores de precipitación de las subcuencas pertenecientes a la Cuenca Azángaro.

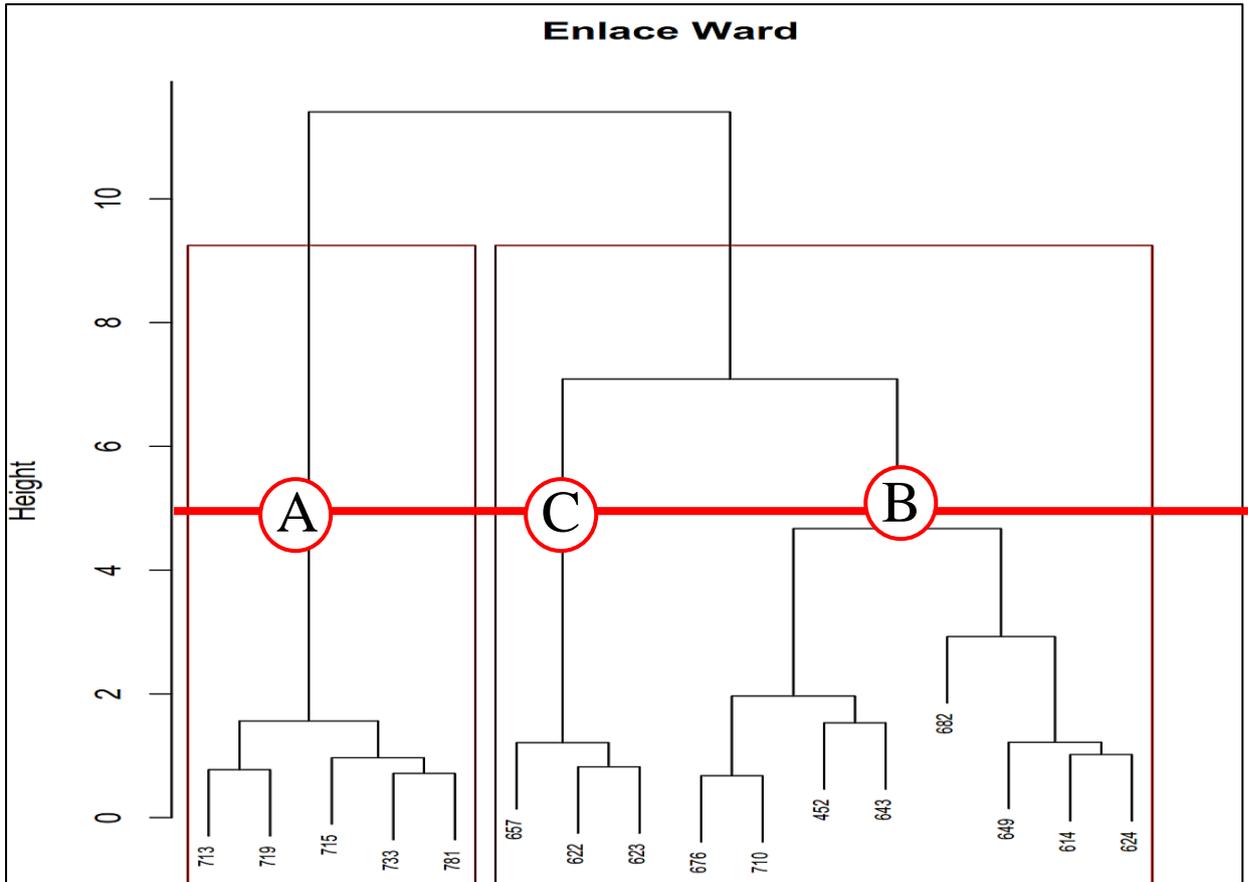
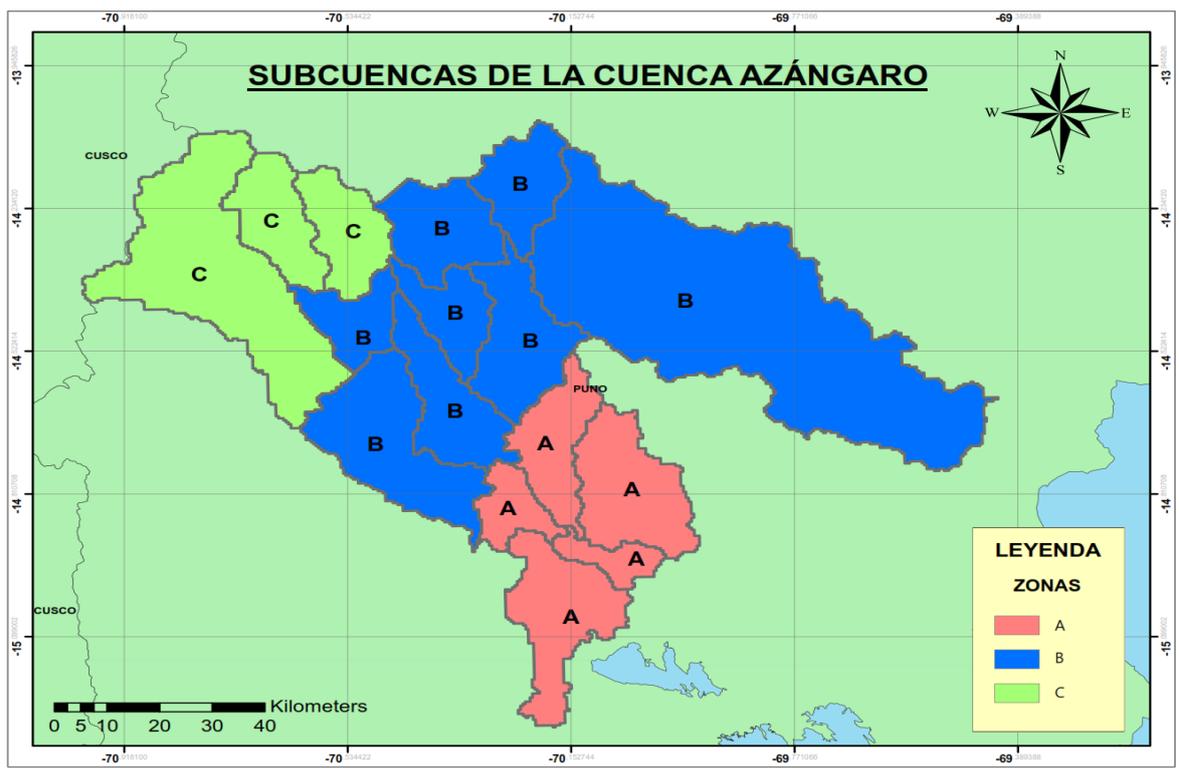


Figura 6

Agrupación previa de las subcuencas.



5.1.4 Método del Vector Regional (MVR)

A continuación, se verificará los agrupamientos del análisis clúster en las zonas homogéneas determinadas. Se reconocerá como zona homogénea a todos aquellos agrupamientos que cumplan los siguientes requisitos:

Tabla 3

Verificación del vector regional

Análisis visual	Análisis Estadístico
<ul style="list-style-type: none">El comportamiento del vector regional (VR) coincide al patrón anual de las estaciones, de acuerdo a lo observado de forma visual.	<ul style="list-style-type: none">La desviación estándar es menor a 0.4, según Espinoza (2005).El coeficiente de correlación es mayor a 0.75, según Espinoza (2005)

4.6.4.1. Zona homogénea A

Tabla 4

Subcuencas agrupadas en la zona A

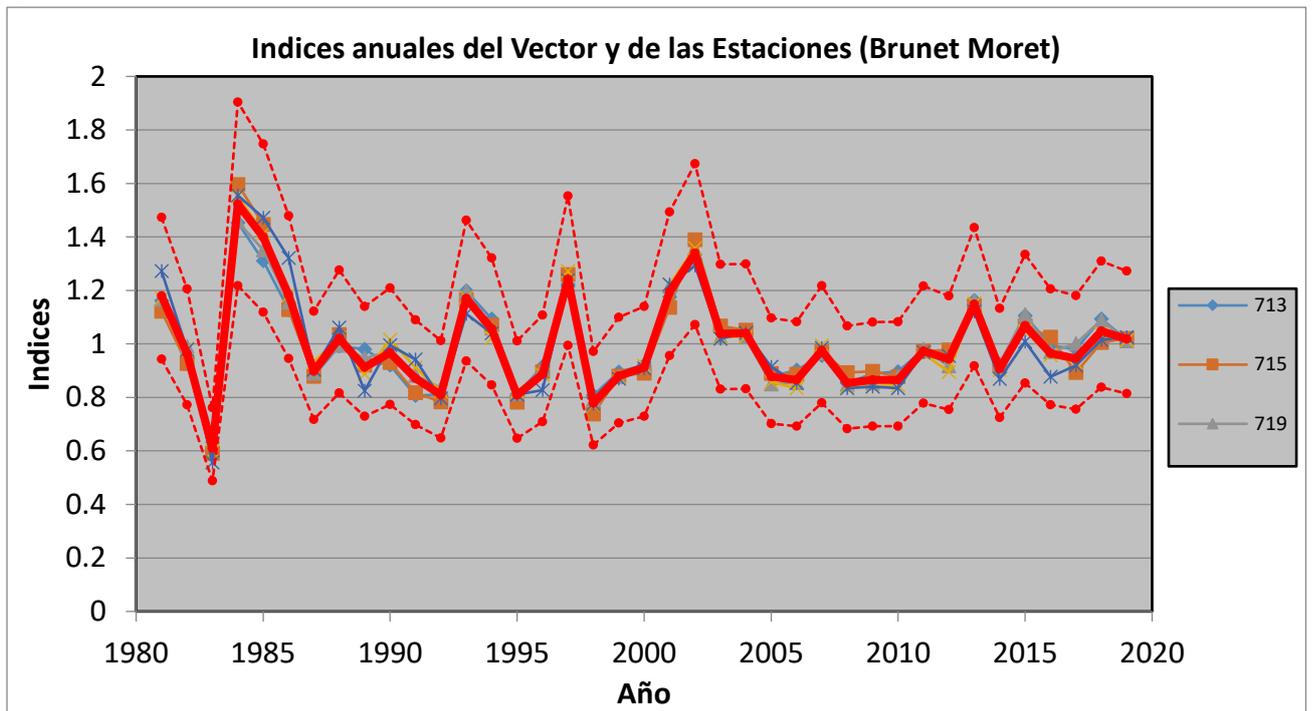
Nombre de la Estación	XX	YY
713	-14.709	-70.177
715	-14.84	-70.254
719	-14.802	-70.053
733	-14.941	-70.084
781	-15.059	-70.173

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7 se exhiben los índices anuales correspondientes al VR y a las subcuencas de la zona A. Se observa que todas las estaciones reflejan el patrón del vector regional, representado por la línea roja, y la mayoría de ellas se sitúan dentro de las bandas de confianza.

Figura 7

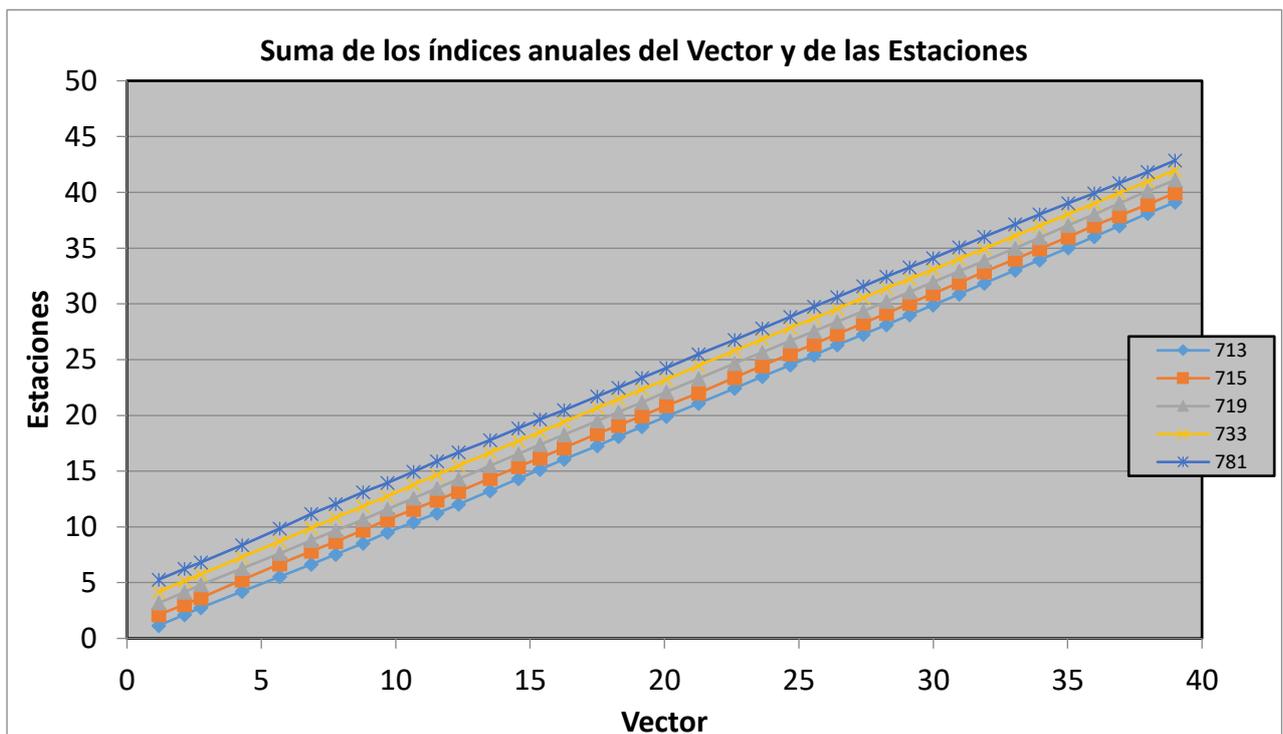
Índices correspondientes al vector regional y a las estaciones en la zona A durante el periodo de análisis de 1981 a 2019.



En la Figura 8 se presenta la agregación de los índices anuales del VR y de las subcuencas de la zona A, mostrando un gráfico de índices acumulados.

Figura 8

Total de índices del vector regional (VR) y de las subcuencas en la zona 1 durante el periodo de análisis de 1981 a 2019.



La revisión de doble masa del vector o la acumulación de índices del VR no muestra signos de rupturas en todas las estaciones, lo que indica una evaluación precisa de la consistencia de la precipitación en la zona A. Por último, el análisis de desviación estándar y la correlación entre la estación y el VR sugieren que las estaciones forman un conjunto homogéneo, según se especifica en la Tabla 5.

Tabla 5

Estadísticas asociadas al vector regional en la zona A

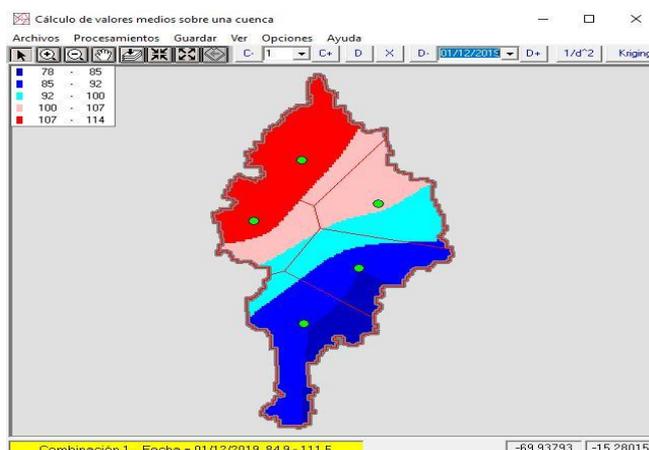
Id Estación	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
713	0.034	0.984
715	0.034	0.985
719	0.025	0.991
733	0.021	0.994

Nota: Elaboración propia

Después de llevar a cabo el análisis visual y estadístico, se procedió a describir el patrón de lluvias en la región homogénea A. Para lograr esto, se creó la serie mensual correspondiente a esta área mediante la interpolación mensualizada utilizando el método de Kriging con la ayuda de la herramienta hidroinformática Hydracces. Este proceso es bastante laborioso debido al tiempo computacional requerido; implica realizar una interpolación mes a mes (durante 12 meses) a lo largo de un período de 39 años, sumando un total de 468 interpolaciones. La interpolación se llevó a cabo utilizando cada una de las estaciones localizadas dentro de la zona A. A modo de ejemplo, la Figura 9 se ilustra el proceso de interpolación mediante el método de Kriging

Figura 9

Interpolación realizada mediante el método de Kriging para la zona 1 en el mes de diciembre del 2019.



4.6.4.3. Zona homogénea B

Tabla 6

Subcuencas agrupadas en la zona B

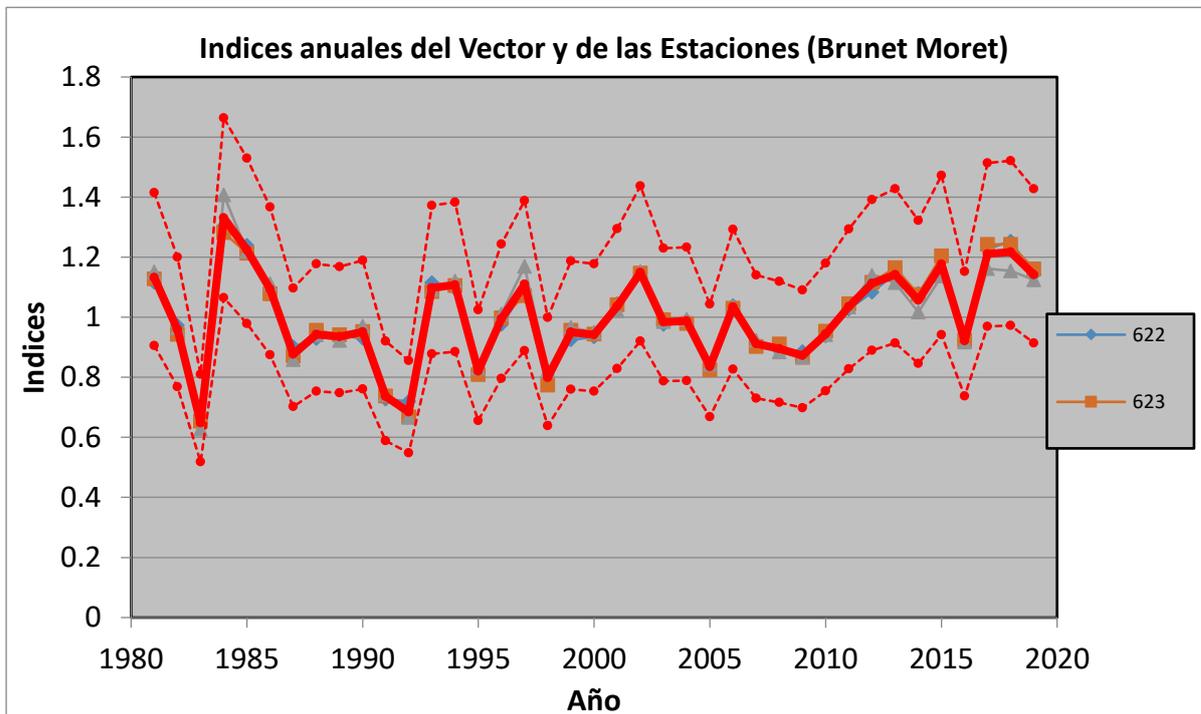
Nombre de la Estación	XX	YY
622	-14.281	-70.538
623	-14.259	-70.654
657	-14.368	-70.75

Nota: Elaboración propia

En la Figura 15 se exhiben los índices anuales correspondientes al VR y a las subcuencas de la zona B. Se observa que todas las estaciones reflejan el patrón del vector regional, representado por la línea roja, y la mayoría de ellas se sitúan dentro de las bandas de confianza.

Figura 10

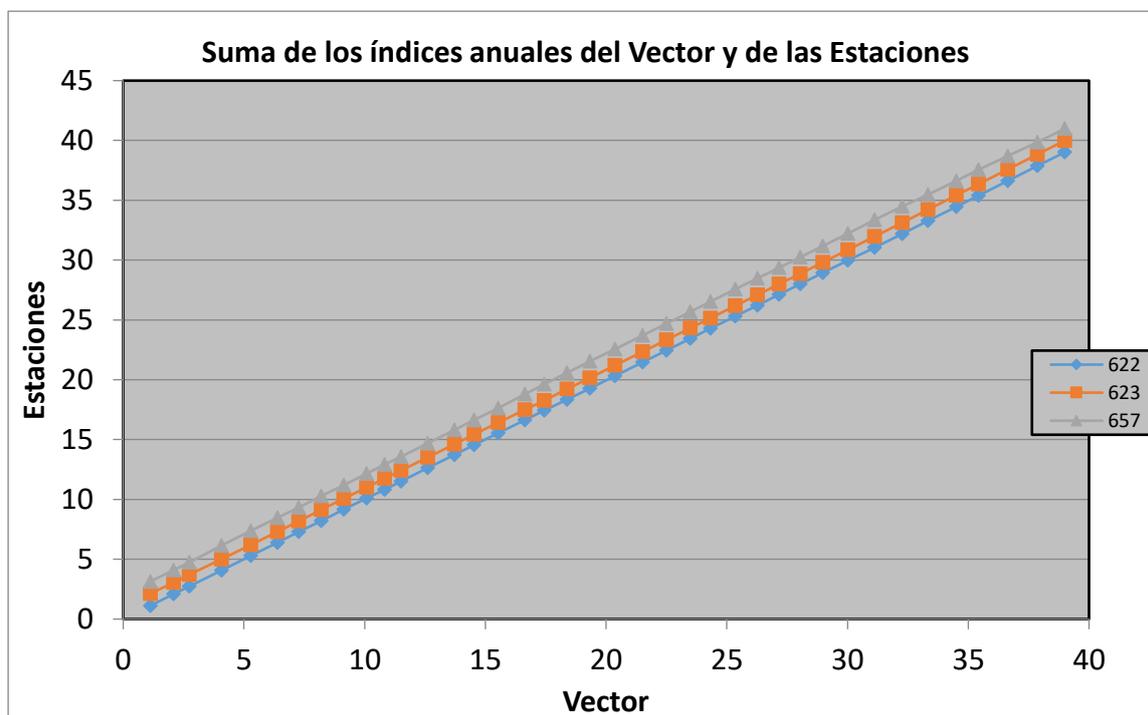
Índices correspondientes al vector regional y a las estaciones en la zona B durante el periodo de análisis de 1981 a 2019.



En la Figura 11 se presenta la agregación de los índices anuales del VR y de las subcuencas de la zona B, mostrando un gráfico de índices acumulados.

Figura 11

Total de índices del vector regional (VR) y de las estaciones en la zona B durante el periodo de análisis de 1981 a 2019.



La evaluación de doble masa del vector o la suma de índices del vector regional no revela rupturas en ninguna de las subcuencas, indicando que el análisis de consistencia de precipitación en la zona B fue llevado a cabo de manera precisa. En última instancia, los análisis de la Desviación Estándar de los Desvíos y la correlación entre la estación y el VR indican que las estaciones forman parte de un conjunto homogéneo, según se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Subcuencas que corresponden a la Zona B

Id Estación	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
622	0.016	0.995
623	0.017	0.994
657	0.025	0.986

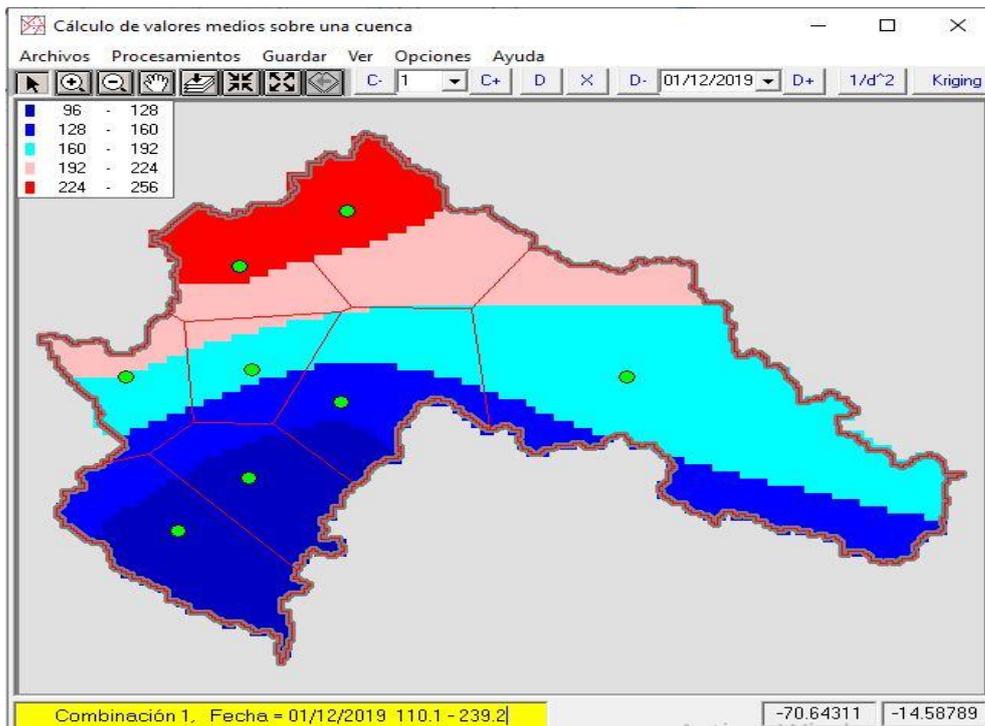
Nota: Elaboración propia

Después de realizar el análisis visual y estadístico, se procedió a describir el patrón de precipitaciones en la zona homogénea B. Para lograr este objetivo, se generó la serie mensual correspondiente a esta área mediante la interpolación mensualizada usando el

método de Kriging con el soporte de la herramienta hidroyinformática Hydraces. Este proceso es bastante exigente en términos de tiempo computacional, dado que implica realizar una interpolación mes a mes (durante 12 meses) a lo largo de 39 años, sumando un total de 468 interpolaciones. La interpolación se llevó a cabo utilizando cada una de las subcuencas ubicadas dentro de la zona B. A modo de ejemplo, la Figura 12 ilustra el proceso de interpolación mediante el método de Kriging.

Figura 12

Interpolación realizada mediante el método de Kriging para la zona B



4.6.4.3. Zona homogénea C

Tabla 8 Subcuencas agrupadas en la zona C

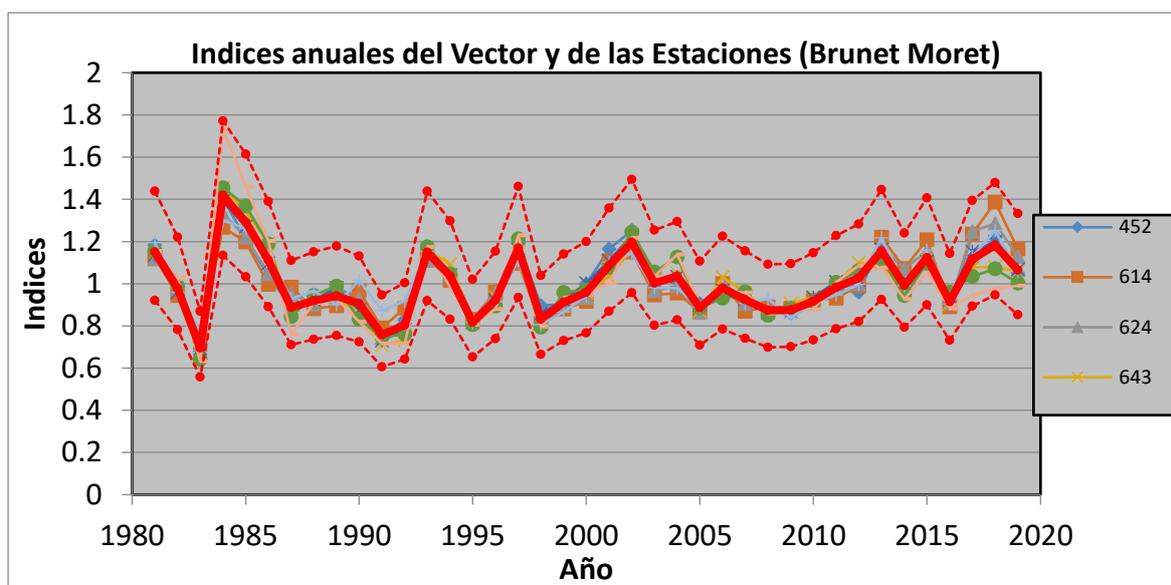
Nombre de la Estación	XX	YY
452	-14.499	-70.242
614	-14.185	-70.234
624	-14.275	-70.374
643	-14.457	-70.524
649	-14.446	-70.359
676	-14.623	-70.363
682	-14.457	-69.866
710	-14.711	-70.455

Nota: Elaboración propia

En la Figura 13 se exhiben los índices anuales correspondientes al vector regional (VR) y a las subcuencas de la zona C. Se observa que todas las subcuencas reflejan el patrón del vector regional, representado por la línea roja, y la mayoría de ellas se sitúan dentro de las bandas de confianza.

Figura 13

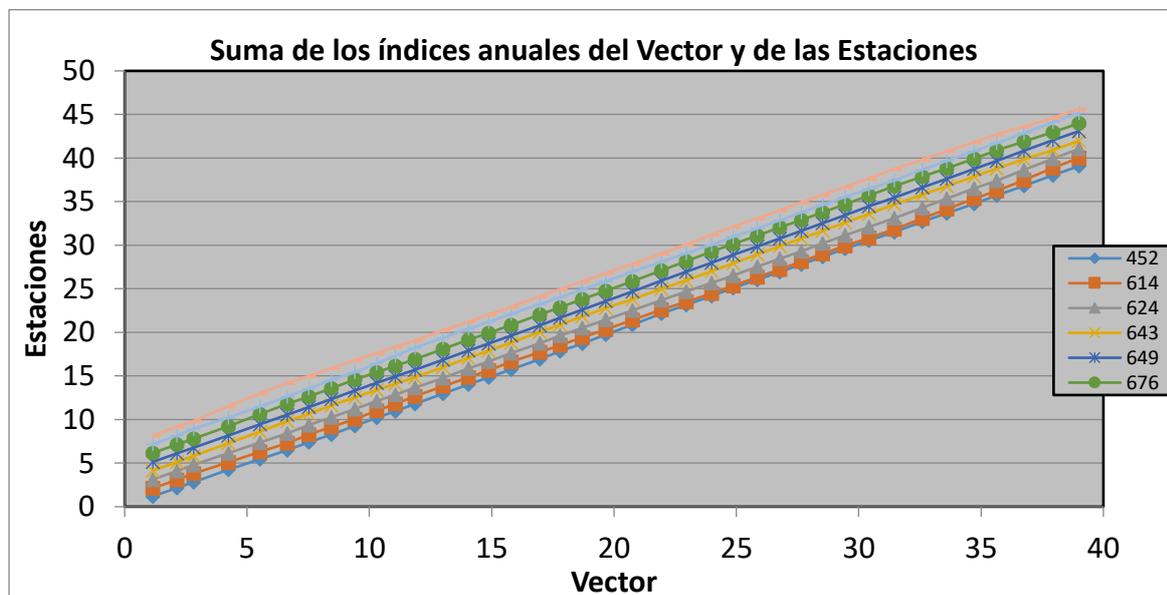
Índices correspondientes al vector regional y a las subcuencas en la zona C durante el periodo de análisis de 1981 a 2019.



En la Figura 14 se presenta la agregación de los índices anuales del vector regional (VR) y de las subcuencas de la zona C, mostrando un gráfico de índices acumulados.

Figura 14

Total de índices del vector regional (VR) y de las estaciones en la zona C durante el periodo de análisis de 1981 a 2019.



La evaluación de doble masa del vector o la suma de índices del vector regional no detecta cambios significativos en ninguna de las subcuencas, lo que señala que la evaluación de la consistencia de la precipitación en la zona se realizó con precisión. En resumen, al analizar la Desviación Estándar de los Desvíos y la correlación entre la estación y el VR, se concluye que las estaciones forman parte de un conjunto homogéneo, como se describe en la Tabla 09.

Tabla 9 Estaciones que corresponden a la Zona C

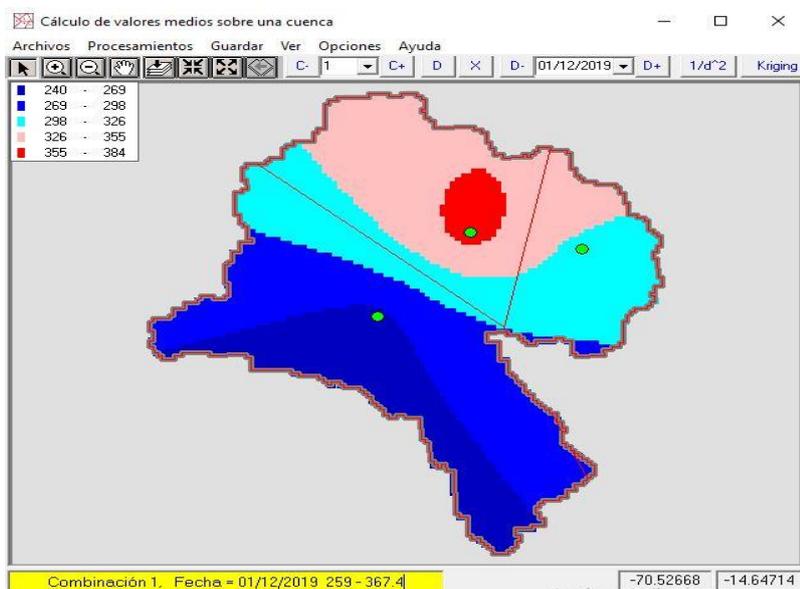
Id Estación	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
452	0.034	0.974
614	0.07	0.888
624	0.044	0.956
643	0.039	0.969
649	0.019	0.992
676	0.047	0.962
682	0.05	0.941
710	0.089	0.914

Nota: Elaboración propia

Después de realizar el análisis visual y estadístico, se procedió a describir el patrón de lluvias en la región homogénea C. Para lograr esto, se generó la serie mensual correspondiente a esta área mediante la interpolación mensualizada utilizando el método de Kriging con la ayuda de la herramienta hidrológica Hydracces. Este proceso es bastante demandante en términos de tiempo computacional, ya que implica realizar una interpolación mes a mes (durante 12 meses) a lo largo de 39 años, sumando un total de 468 interpolaciones. La interpolación se llevó a cabo utilizando cada una de las estaciones ubicadas dentro de la zona C. Como ejemplo visual, se presenta en la Figura 15 la interpolación realizada mediante el método de Kriging.

Figura 15

Interpolación realizada mediante el método de Kriging para la zona 4.



5.1.5 Caracterización de las sequías

Tras delimitar áreas con condiciones similares mediante el Análisis de Vector Regional y obtener registros mensuales históricos (1981-2019) para cada zona mediante la técnica de interpolación de Kriging, se procedió a realizar la evaluación de sequías utilizando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) durante el mismo periodo. Se llevó a cabo análisis para períodos de sequía a corto plazo (de 3 meses). La caracterización de las sequías en cada área homogénea involucró en determinar su intensidad, duración y severidad.

5.1.6 Sequías a corto plazo (SPI-3)

Mediante el soporte de la herramienta Estándar Precipitation Index Calculator, se determinó con precisión el SPI-3 para cada zona homogénea. Las Figuras 16, 17 y 18 muestran la evolución temporal del SPI-3 para las zonas A, B y C, respectivamente. Estos gráficos son esenciales para comprender cómo ha variado el índice SPI 3 a lo largo del tiempo en cada área, lo que permite observar de manera más clara las condiciones de sequía en esas zonas específicas.

Figura 16

Progresión cronológica del (SPI-3) en la zona homogénea A.

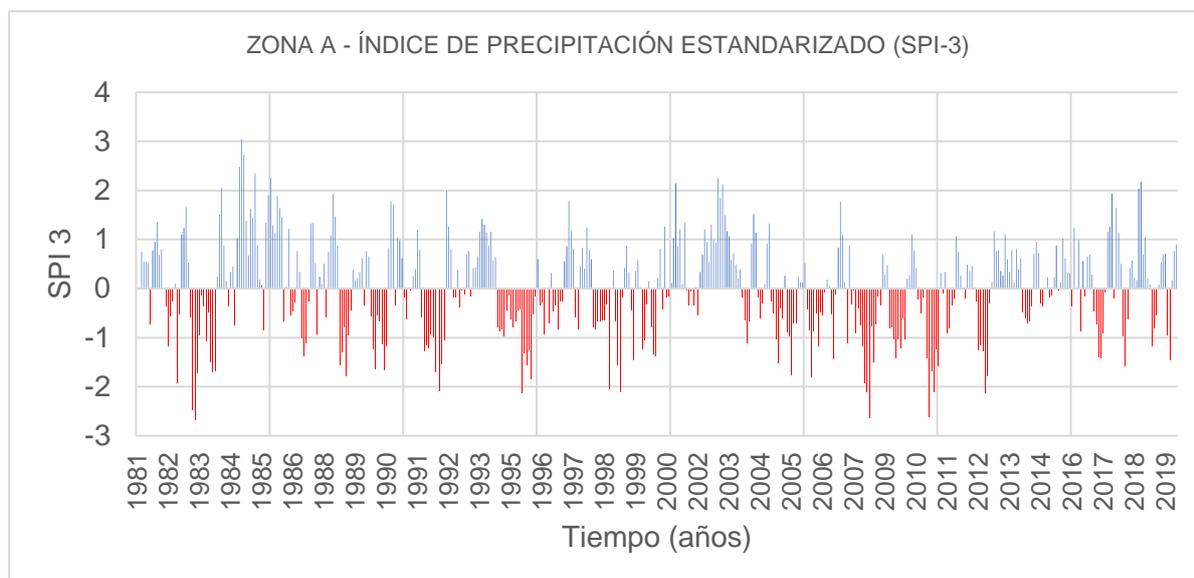


Figura 17

Progresión cronológica del (SPI-3) en la zona homogénea B.

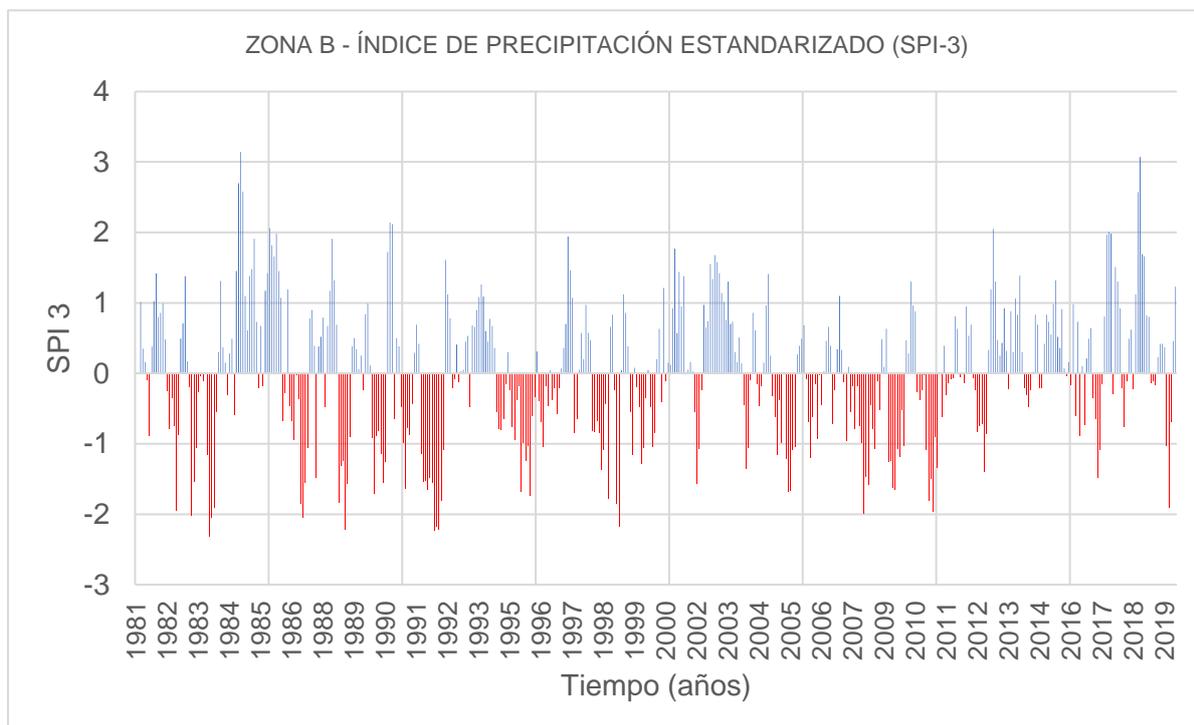
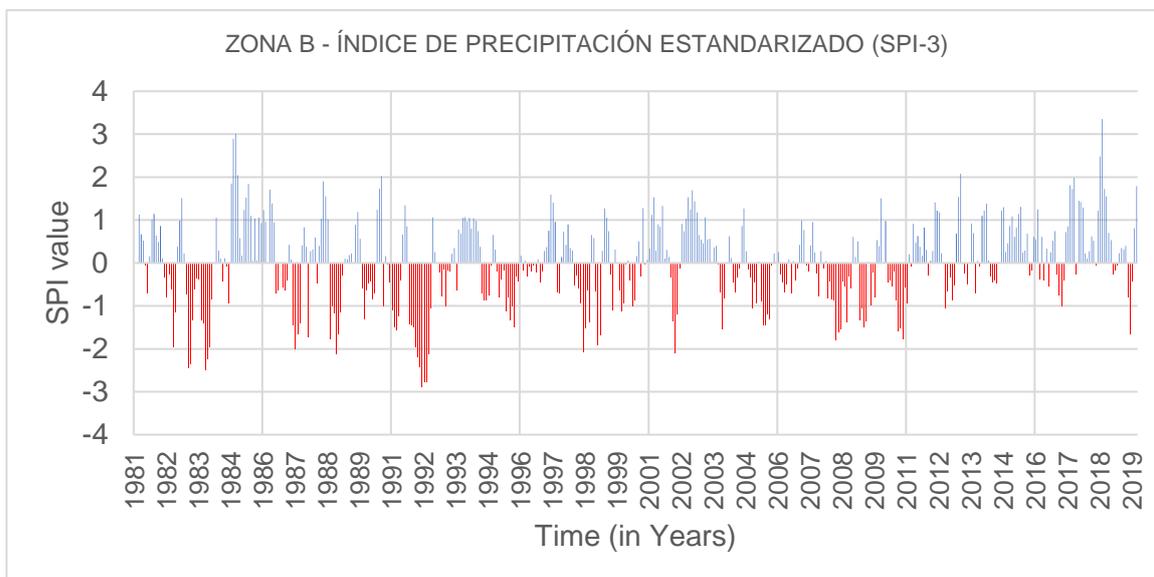


Figura 18

Progresión cronológica del (SPI-3) en la zona homogénea C.



Como percepción general, se notó una variación temporal similar en los valores de SPI-3 en las tres zonas homogéneas. Para definir la sequía, se utilizó un umbral característico de -1 ($SPI-3 < -1$).

A partir de los gráficos previos, se evidencia en las tres zonas condiciones similares siendo el periodo de sequía más severo a finales de 1991 y se prolongó hasta mediados de 1992. Además, se destaca que esta situación fue especialmente intensa en las zonas homogénea C, alcanzando un punto máximo de intensidad cercano a -3.0 en el índice correspondiente.

Seguidamente, se exhiben en la Tabla 10 los hallazgos (máximos) derivados de la caracterización de sequía correspondiente a cada una de las zonas homogéneas:

Tabla 10*Atributos de los periodos de sequía (SPI-3) de las zonas homogéneas*

Zona	N° de meses SPI < -1	Duración máxima	Intensidad Máxima	Severidad Máxima
A	112	11	-2.7	-13.7
B	120	12	-2.3	-17.4
C	116	13	-2.9	-21.6

Como se observa en la Tabla 10, la cantidad de meses con sequía moderada oscila entre 112 (Zona A) y 120 (Zona B). La duración máxima es consistente en todas las áreas, variando de 11 meses (Zona A) a 13 meses (Zona C). Respecto a las intensidades máximas, estas varían de -2.9 (Zona C) a -2.3 (Zona B), mientras que las severidades máximas oscilan entre 13.7 (Zona A) y 21.6 (Zona C).

Los resultados del análisis de las sequías para la zona homogénea A se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11*Atributos de las sequías con SPI-3 en la región homogénea A.*

Fecha de inicio	Fecha final	Duración	Intensidad	Severidad
1982-03-01	1982-06-01	3	-1.2	-1.0
1982-07-01	1982-09-01	2	-1.9	-1.4
1983-02-01	1984-01-01	11	-2.7	-13.7
1987-03-01	1987-07-01	4	-1.4	-2.8
1988-08-01	1989-02-01	6	-1.8	-5.8
1989-11-01	1990-06-01	7	-1.7	-7.0
1991-10-01	1992-08-01	10	-2.1	-12.9
1995-06-01	1996-01-01	7	-2.1	-7.7
1998-09-01	1998-11-01	2	-2.0	-1.1
1999-01-01	1999-04-01	3	-2.1	-2.9
1999-08-01	1999-09-01	1	-1.5	-0.5
1999-12-01	2000-03-01	3	-1.2	-1.6
2000-05-01	2000-07-01	2	-1.4	-1.7
2003-11-01	2004-01-01	2	-1.1	-0.8
2004-12-01	2005-04-01	4	-1.5	-2.5
2005-07-01	2005-10-01	3	-1.8	-2.2
2006-04-01	2006-11-01	7	-1.8	-4.4
2007-02-01	2007-04-01	2	-1.4	-0.6
2007-08-01	2007-09-01	1	-1.1	-0.1
2008-03-01	2008-12-01	9	-2.6	-10.3
2009-05-01	2009-11-01	6	-1.4	-5.3

2010-08-01	2011-02-01	6	-2.6	-9.6
2012-07-01	2013-01-01	6	-2.1	-6.9
2017-01-01	2017-05-01	4	-1.4	-2.8
2018-01-01	2018-03-01	2	-1.6	-1.2
2019-01-01	2019-04-01	3	-1.2	-1.5
2019-09-01	2019-10-01	1	-1.5	-0.5

En la Tabla 11 se registra que el período más prolongado de sequía meteorológica ocurrió desde el 1 de febrero de 1983 hasta el 1 de enero de 1984, con una extensión de 11 meses. Durante este lapso, se observó una intensidad de -2.7 y una severidad de 13.7.

En la Tabla 12 se exhiben los resultados derivados de la caracterización de las condiciones de sequía para la zona homogénea B:

Tabla 12

Atributos de las sequías con SPI-3 en la región homogénea B.

Fecha de inicio	Fecha final	Duración	Valor extremo	Severidad
1982-07-01	1982-09-01	2	-2.0	-1.8
1983-02-01	1984-02-01	12	-2.3	-13.0
1987-03-01	1987-07-01	4	-2.1	-5.5
1987-10-01	1987-11-01	1	-1.5	-0.5
1988-08-01	1989-02-01	6	-2.2	-8.1
1989-12-01	1990-06-01	6	-1.7	-6.3
1991-02-01	1991-06-01	4	-1.6	-2.7
1991-09-01	1992-08-01	11	-2.2	-17.4
1995-06-01	1996-01-01	7	-1.7	-6.6
1996-04-01	1996-07-01	3	-1.0	-0.7
1998-06-01	1998-10-01	4	-1.8	-3.7
1999-01-01	1999-03-01	2	-2.2	-3.0
1999-08-01	1999-09-01	1	-1.2	-0.2
1999-12-01	2000-03-01	3	-1.3	-1.7
2000-05-01	2000-07-01	2	-1.0	-0.9
2002-01-01	2002-04-01	3	-1.6	-1.9
2003-11-01	2004-02-01	3	-1.4	-1.5
2005-01-01	2005-04-01	3	-1.2	-1.5
2005-05-01	2005-10-01	5	-1.7	-5.7
2006-04-01	2006-10-01	6	-1.2	-2.4
2008-04-01	2008-12-01	8	-2.0	-7.0
2009-03-01	2009-11-01	8	-1.7	-8.6
2010-08-01	2011-04-01	8	-2.0	-8.2
2012-10-01	2012-12-01	2	-1.4	-1.3
2017-01-01	2017-04-01	3	-1.5	-1.7

2019-08-01	2019-11-01	3	-1.9	-2.6
------------	------------	---	------	------

En la Tabla 12 se registra que el período más prolongado de sequía meteorológica ocurrió desde el 1 de febrero de 1983 hasta el 1 de febrero de 1984, con una extensión de 12 meses. Durante este lapso, se observó una intensidad de -2.3 y una severidad de 13.0

En la Tabla 13 se exhiben los resultados derivados de la caracterización de las condiciones de sequía para la zona homogénea C:

Tabla 13

Atributos de las sequías con SPI-3 en la región homogénea C.

Fecha de inicio	Fecha final	Duración	Valor extremo	Severidad
1982-07-01	1982-09-01	2	-2.0	-2.1
1983-02-01	1984-03-01	13	-2.5	-16.8
1987-03-01	1987-07-01	4	-2.0	-5.5
1987-10-01	1987-11-01	1	-1.7	-0.7
1988-08-01	1989-03-01	7	-2.1	-8.2
1989-12-01	1990-06-01	6	-1.3	-3.4
1990-09-01	1990-10-01	1	-1.0	0.0
1991-01-01	1991-06-01	5	-1.6	-4.9
1991-09-01	1992-08-01	11	-2.9	-21.6
1993-02-01	1993-05-01	3	-1.0	-0.4
1995-06-01	1996-01-01	7	-1.5	-5.5
1998-06-01	1998-10-01	4	-2.1	-4.6
1999-01-01	1999-03-01	2	-1.9	-2.6
1999-08-01	1999-09-01	1	-1.1	-0.1
1999-12-01	2000-03-01	3	-1.1	-1.1
2000-05-01	2000-07-01	2	-1.0	-0.9
2001-12-01	2002-04-01	4	-2.1	-3.8
2003-11-01	2004-01-01	2	-1.6	-1.4
2005-01-01	2005-04-01	3	-1.1	-1.5
2005-06-01	2005-11-01	5	-1.5	-4.5
2008-04-01	2008-12-01	8	-1.8	-7.2
2009-03-01	2009-11-01	8	-1.5	-7.3
2010-09-01	2011-02-01	5	-1.8	-5.4
2012-07-01	2012-12-01	5	-1.1	-2.5
2017-01-01	2017-03-01	2	-1.0	-0.4
2019-09-01	2019-11-01	2	-1.7	-1.1

En la Tabla 13 se registra que el período más prolongado de sequía meteorológica ocurrió desde el 1 de febrero de 1983 hasta el 1 de marzo del 1984, con una extensión de 13 meses. Durante este lapso, se observó una intensidad de -2.5 y una severidad de 16.8

5.1.7 Análisis de tendencias de las sequías

Tendencias de sequía a corto plazo (SPI-3)

Se utilizó la prueba estadística de Mann-Kendall para analizar las tendencias en cada una de las regiones homogéneas. Este método permite determinar si existe un aumento o una disminución en la tendencia de la serie de SPI-3. Se evaluaron estas tendencias considerando los periodos estacionales DEF (diciembre, enero y febrero), MAM (marzo, abril y mayo), JJA (junio, julio y agosto) y SON (septiembre, octubre y noviembre). Los resultados están detallados en la Tabla 14.

Tabla 14

Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 1981 - 1989

Rango de evaluación	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia A=0.05	Mann-Kendall	Tendencia
DEF	A	-0.54	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	-0.52	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	-0.31	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
MAM	A	0.73	1.96	S	Creciente
	B	0.31	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.10	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
JJA	A	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	1.35	1.96	S	Creciente
	C	1.56	1.96	S	Creciente
SON	A	-1.35	1.96	S	Decreciente
	B	0.77	1.96	S	Decreciente
	C	-0.94	1.96	S	Decreciente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15*Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 1990 - 1999*

Rango de evaluación	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia	Mann-Kendall	Tendencia
			A=0.05		
DEF	A	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.716	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
MAM	A	1.252	1.96	S	Creciente
	B	1.61	1.96	S	Creciente
	C	1.61	1.96	S	Creciente
JJA	A	-1.789	1.96	S	Decreciente
	B	-1.342	1.96	S	Decreciente
	C	-1.163	1.96	S	Decreciente
SON	A	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16*Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 2000 - 2009*

Rango de evaluación	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia	Mann-Kendall	Tendencia
			A=0.05		
DEF	A	-1.073	1.96	S	Decreciente
	B	0.357	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
MAM	A	-1.073	1.96	S	Decreciente
	B	-1.61	1.96	S	Decreciente
	C	-1.61	1.96	S	Decreciente
JJA	A	-2.504	1.96	S	Decreciente

	B	-2.147	1.96	S	Decreciente
	C	-2.147	1.96	S	Decreciente
	A	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
SON	B	-2.147	1.96	S	Decreciente
	C	-2.415	1.96	S	Decreciente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 desde el año 2010 - 2019

Rango de evaluación	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia A=0.05	Mann-Kendall	Tendencia
	A	-1.431	1.96	S	Decreciente
DEF	B	-1.431	1.96	S	Decreciente
	C	-1.09	1.96	S	Decreciente
	A	1.431	1.96	S	Creciente
MAM	B	1.252	1.96	S	Creciente
	C	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	A	1.163	1.96	S	Creciente
JJA	B	1.073	1.96	S	Creciente
	C	1.252	1.96	S	Creciente
	A	1.968	1.96	S	Creciente
SON	B	1.431	1.96	S	Creciente
	C	1.61	1.96	S	Creciente

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de resultados para períodos estacionales DEF (diciembre, enero y febrero)

Durante los años 1981-1989 y 1990-1999, no se identificaron tendencias significativas en las precipitaciones para las zonas A, B y C. Sin embargo, a partir del año 2000, se observaron cambios significativos en las precipitaciones que parecieron correlacionarse con la presencia de sequías. En el período 2000-2009, la serie A mostró una tendencia decreciente en las lluvias, lo que posiblemente contribuyó a un incremento en la ocurrencia de sequías para esta serie específica. A pesar de ello, las series B y C no reflejaron tendencias claras en las precipitaciones que se asociaran directamente con la presencia de sequías en esos años.

La década siguiente, entre 2010 y 2019, reveló un panorama más consistente en cuanto a la relación entre las precipitaciones y la ocurrencia de sequías. Durante este período, todas las series (A, B y C) experimentaron tendencias decrecientes significativas en las lluvias. Esta disminución en las precipitaciones parece haber coincidido con un aumento en la ocurrencia de sequías, lo que sugiere una relación más fuerte entre la disminución de las lluvias y la presencia de sequías en estos años más recientes. En resumen, mientras que en las primeras dos décadas analizadas no se identificaron tendencias significativas, a partir del cambio de milenio se observó una tendencia emergente. La disminución significativa en las lluvias a partir del año 2000, especialmente marcada entre 2010 y 2019, parece haber estado asociada de manera más directa con la ocurrencia de sequías en las series analizadas.

Tabla 18

Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en el periodo estacional DEF (diciembre, enero y febrero)

Año	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia A=0.05	Mann-Kendall	Tendencia
1981-1989	A	-0.54	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	-0.52	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	-0.31	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
1990-1999	A	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.716	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
2000-2009	A	-1.073	1.96	S	Decreciente
	B	0.357	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
2010-2019	A	-1.431	1.96	S	Decreciente
	B	-1.431	1.96	S	Decreciente
	C	-1.09	1.96	S	Decreciente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Cambios estacionales (verano) en el SPI-3 de la zona A.

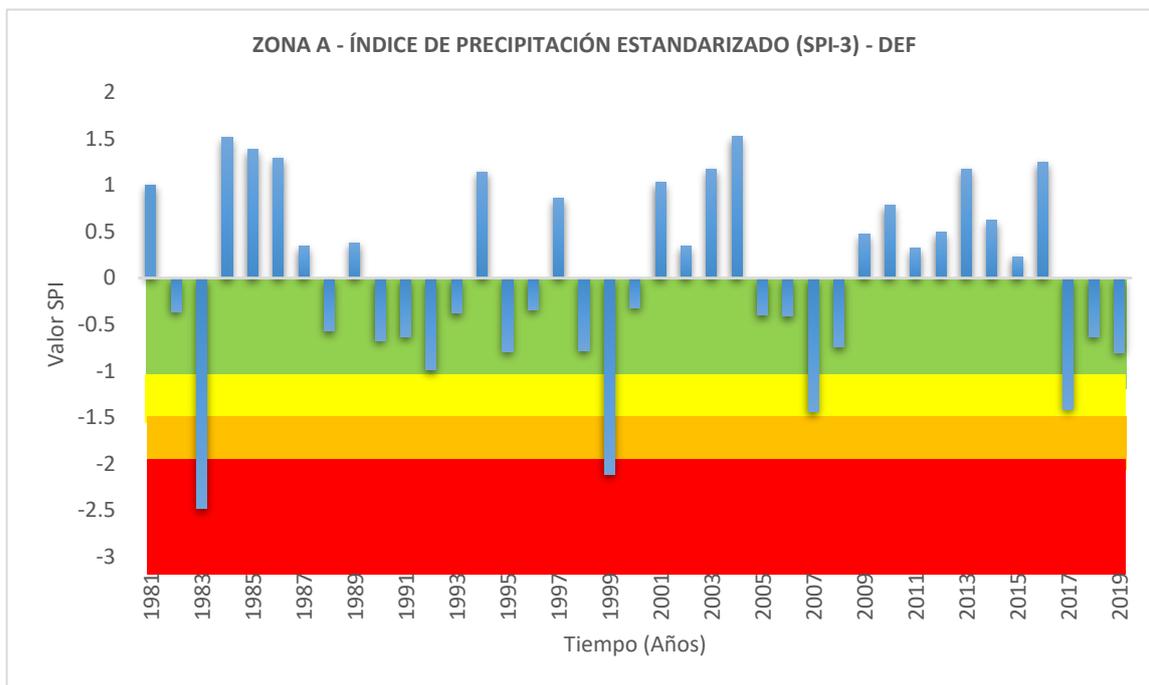


Tabla 20

Cambios estacionales (verano) en el SPI-3 de la zona B.

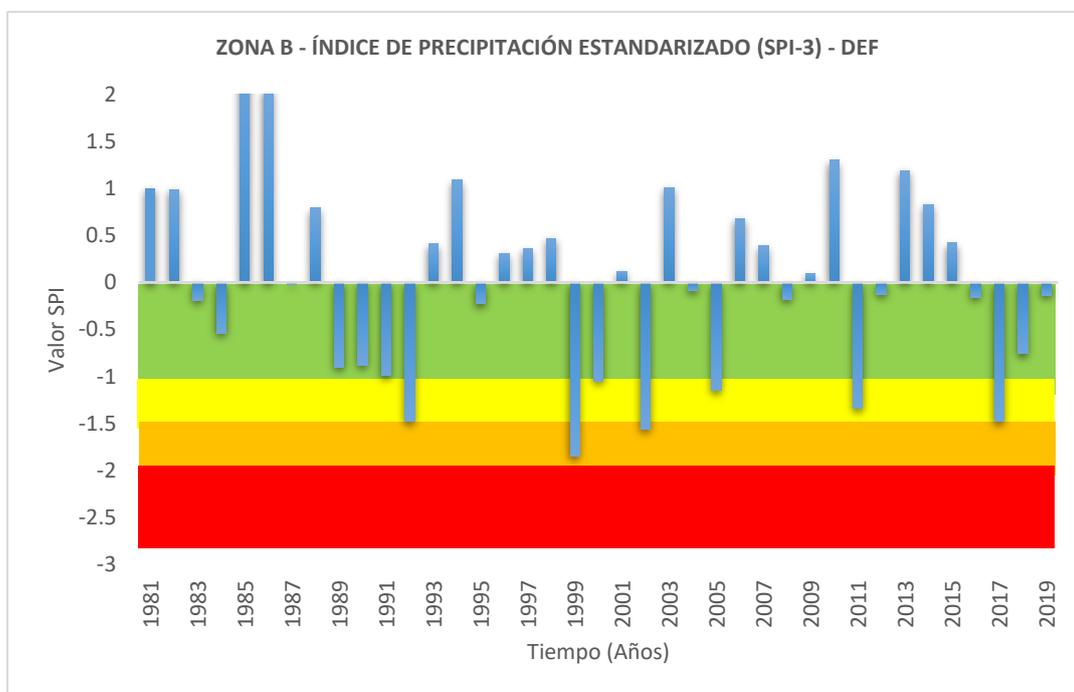
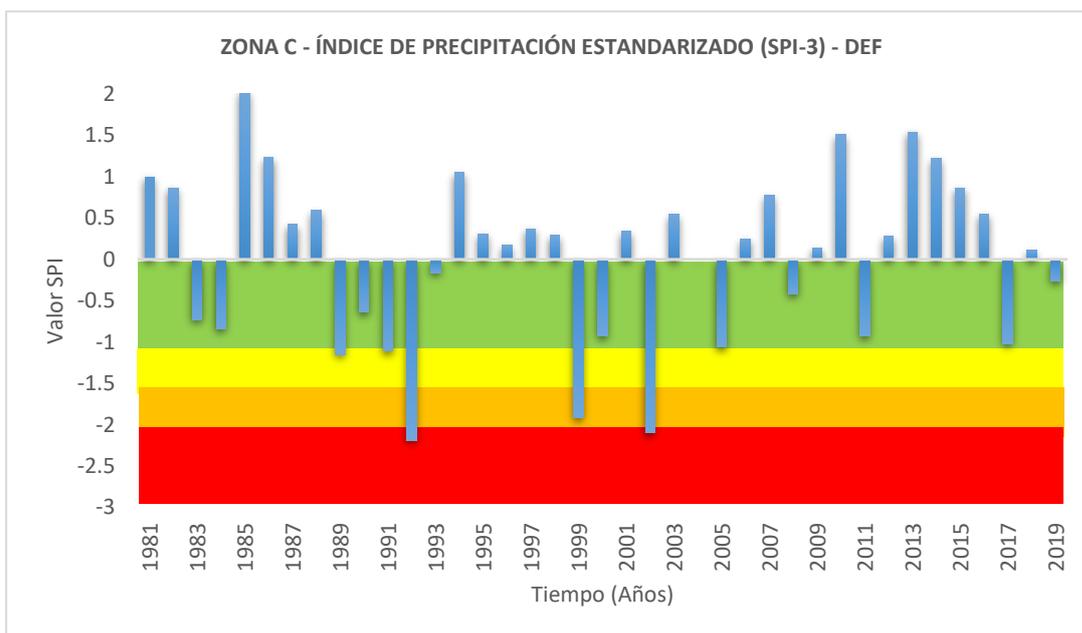


Tabla 21

Cambios estacionales (verano) en el SPI-3 de la zona C.



Interpretación de resultados para períodos estacionales MAM (marzo, abril y mayo)

Los resultados muestran patrones interesantes en relación con las tendencias de precipitación y su impacto en la ocurrencia de sequías para las zonas A, B y C a lo largo de diferentes períodos de tiempo. Durante los años 1981-1989, la zona A mostró una tendencia significativamente creciente en las precipitaciones, lo que podría haber contribuido a un escenario menos propenso a la ocurrencia de sequías en esta región. Sin embargo, las zonas B y C no revelaron tendencias claras en las precipitaciones que se asociaran directamente con la presencia o ausencia de sequías. Entre 1990 y 1999, todas las zonas (A, B y C) exhibieron tendencias crecientes significativas en las precipitaciones, lo que podría haber sido un factor favorable para reducir la ocurrencia de sequías en estas áreas durante este período. El período 2000-2009 reveló una tendencia decreciente significativa en las precipitaciones para las zonas A, B y C, lo que posiblemente contribuyó a un aumento en la ocurrencia de sequías en estas regiones durante esos años. Finalmente, entre 2010 y 2019, las zonas A y B mostraron tendencias crecientes significativas en las precipitaciones, lo que nuevamente podría haber influenciado favorablemente la disminución de sequías en esas áreas. Sin embargo, la zona C no mostró una tendencia clara en las precipitaciones asociada con la ocurrencia de sequías. En resumen, se observa una variabilidad en las tendencias de precipitación y su relación con las sequías a lo largo de los diferentes períodos analizados.

Mientras que en algunos años las tendencias crecientes en las precipitaciones parecen haber favorecido la reducción de sequías, en otros años, las tendencias decrecientes podrían haber contribuido a un aumento en la ocurrencia de sequías en estas áreas específicas.

Tabla 22

Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en la zona A

Año	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia A=0.05	Mann-Kendall	Tendencia
1981-1989	A	0.73	1.96	S	Creciente
	B	0.31	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.10	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
1990-1999	A	1.252	1.96	S	Creciente
	B	1.61	1.96	S	Creciente
	C	1.61	1.96	S	Creciente
2000-2009	A	-1.073	1.96	S	Decreciente
	B	-1.61	1.96	S	Decreciente
	C	-1.61	1.96	S	Decreciente
2010-2019	A	1.431	1.96	S	Creciente
	B	1.252	1.96	S	Creciente
	C	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Cambios estacionales (otoño) en el SPI-3 de la zona A.

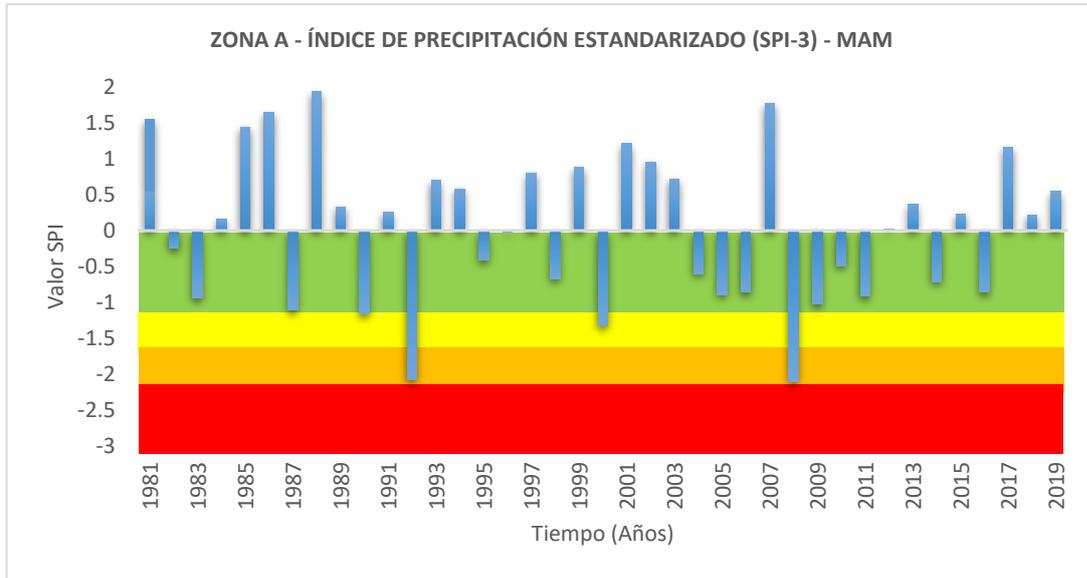


Tabla 24

Cambios estacionales (otoño) en el SPI-3 de la zona B.

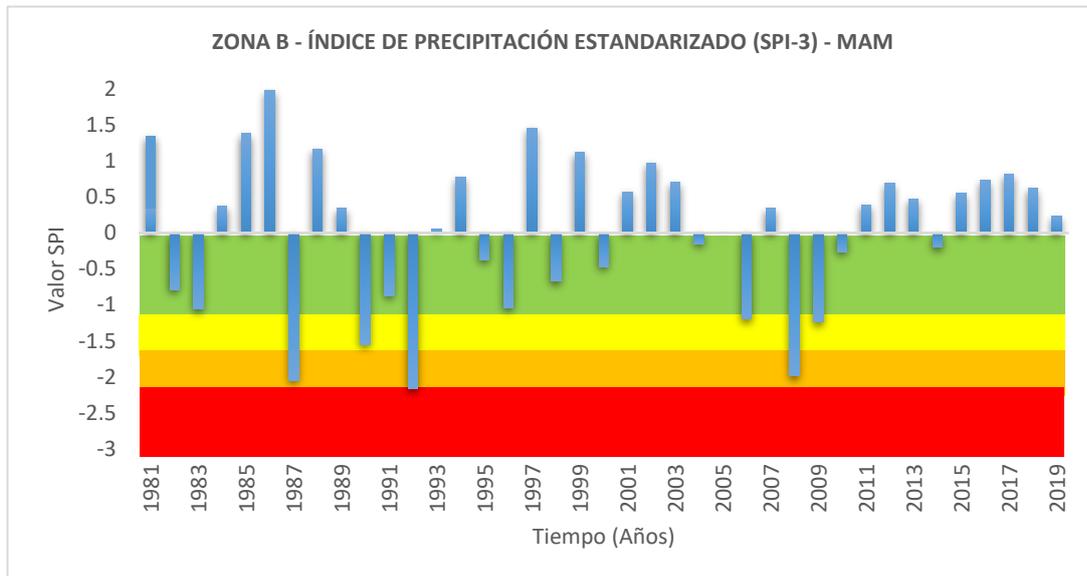
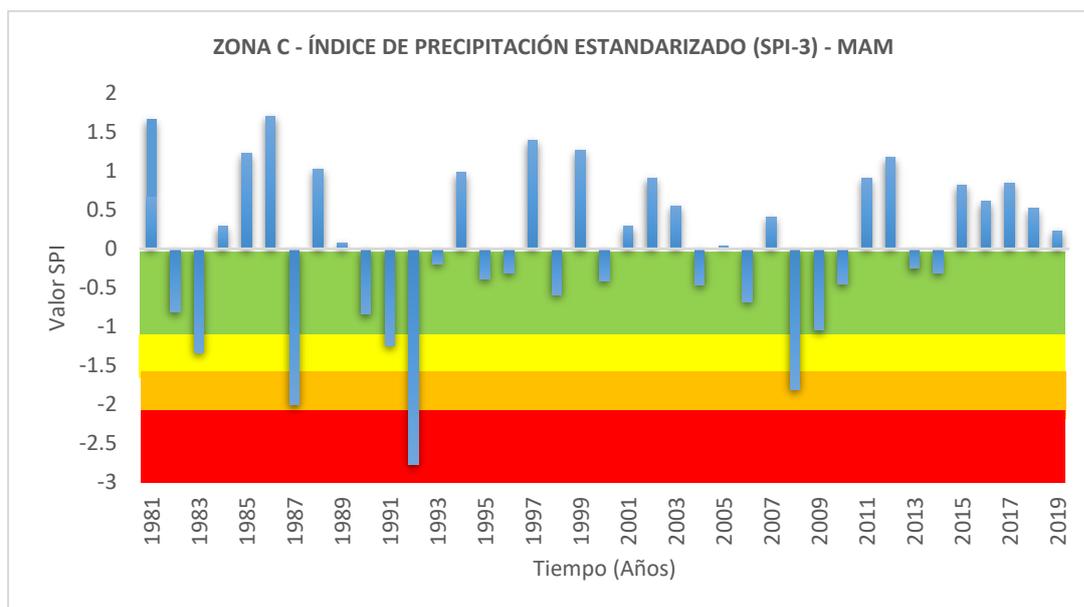


Tabla 25

Cambios estacionales (otoño) en el SPI-3 de la zona C.



Interpretación de resultados para períodos estacionales JJA (junio, julio y agosto)

Durante los años 1981-1989, la zona A no mostró una tendencia significativa en las precipitaciones, mientras que las zonas B y C exhibieron tendencias crecientes significativas en las lluvias. Este aumento en las precipitaciones podría haber contribuido a un escenario menos propenso a la ocurrencia de sequías en las zonas B y C durante este período. Entre 1990 y 1999, todas las zonas (A, B y C) presentaron tendencias decrecientes significativas en las precipitaciones, lo que posiblemente contribuyó a un aumento en la ocurrencia de sequías en estas áreas durante este lapso de tiempo. El período 2000-2009 reveló una tendencia decreciente continua y significativa en las precipitaciones para las zonas A, B y C, lo que podría haber contribuido aún más al incremento de sequías en estas áreas. Finalmente, entre 2010 y 2019, todas las zonas (A, B y C) exhibieron tendencias crecientes significativas en las precipitaciones. Esta tendencia al aumento de lluvias puede haber sido un factor contribuyente a una disminución en la ocurrencia de sequías en estas regiones durante estos años. En resumen, se observa una relación clara entre las tendencias de precipitación y la ocurrencia de sequías a lo largo de los diferentes períodos analizados. Las tendencias crecientes en las lluvias favorecen la reducción de sequías, mientras que las tendencias decrecientes contribuyen al aumento en la ocurrencia de sequías en estas áreas específicas durante los respectivos períodos de tiempo.

Tabla 26*Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en la zona A*

Año	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia	Mann-Kendall	Tendencia
			A=0.05		
1981-1989	A	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	1.35	1.96	S	Creciente
	C	1.56	1.96	S	Creciente
1990-1999	A	-1.789	1.96	S	Decreciente
	B	-1.342	1.96	S	Decreciente
	C	-1.163	1.96	S	Decreciente
2000-2009	A	-2.504	1.96	S	Decreciente
	B	-2.147	1.96	S	Decreciente
	C	-2.147	1.96	S	Decreciente
2010-2019	A	1.163	1.96	S	Creciente
	B	1.073	1.96	S	Creciente
	C	1.252	1.96	S	Creciente

Fuente: Elaboración propia

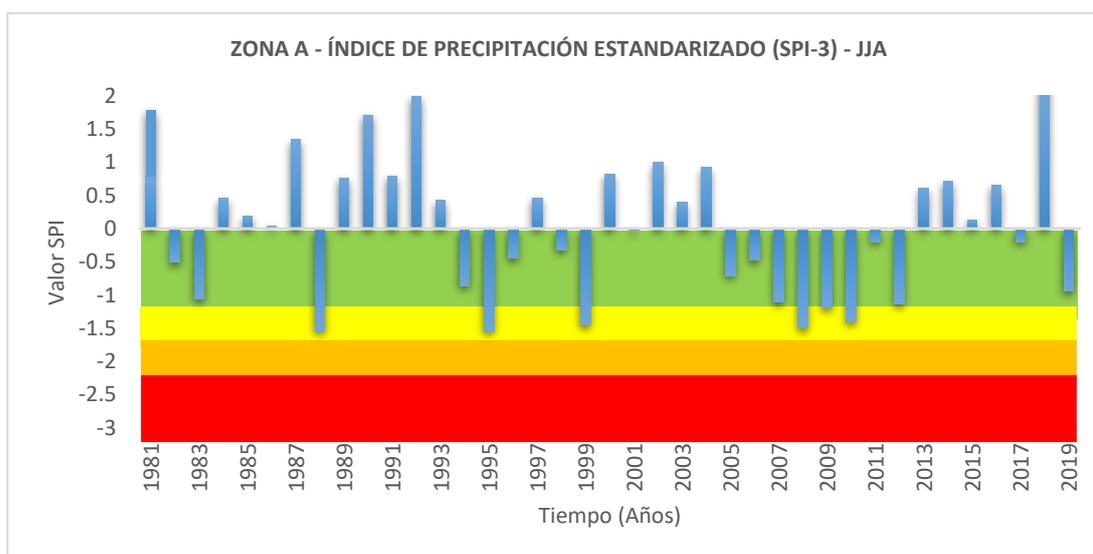
Tabla 27*Cambios estacionales (invierno) en el SPI-3 de la zona A.*

Tabla 28

Cambios estacionales (invierno) en el SPI-3 de la zona B.

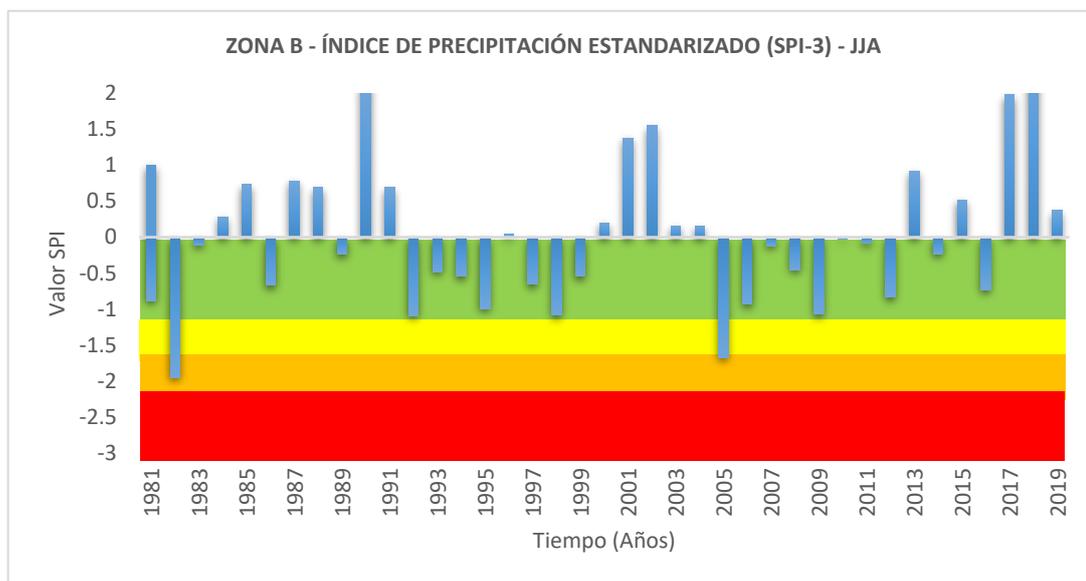
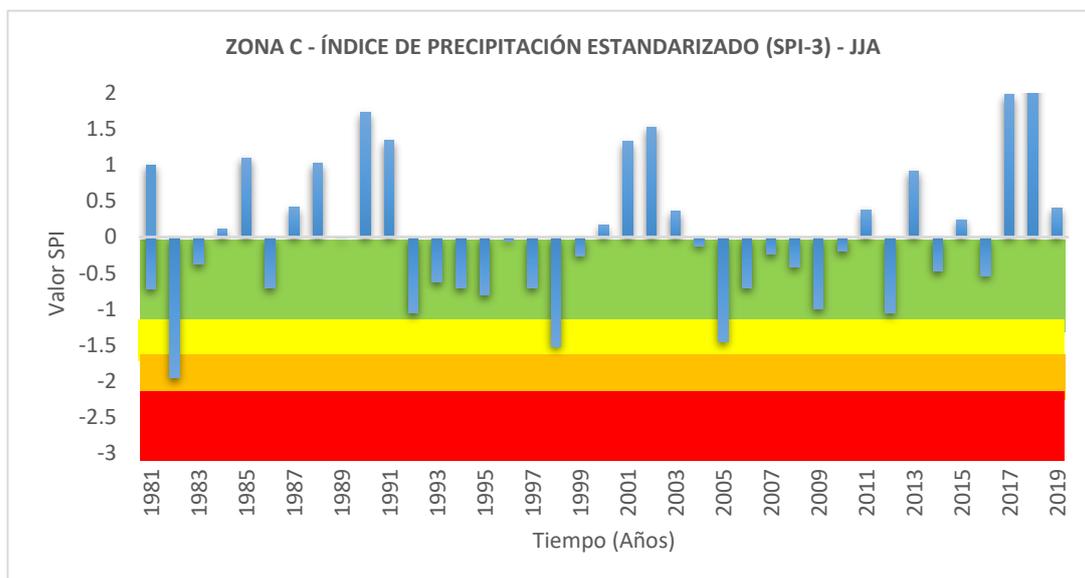


Tabla 29

Cambios estacionales (invierno) en el SPI-3 de la zona C.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación de resultados para períodos estacionales SON (septiembre, octubre y noviembre)

Estos resultados revelan patrones distintos en las tendencias de precipitación y su relación con la ocurrencia de sequías para las zonas A, B y C a lo largo de diferentes períodos de tiempo. Durante los años 1981-1989, las zonas A, B y C mostraron tendencias decrecientes significativas en las precipitaciones. Esta disminución en las lluvias podría haber contribuido a un escenario más propenso a la ocurrencia de sequías en estas áreas durante este período. En el período 1990-1999, las zonas A, B y C no revelaron tendencias claras en las precipitaciones que se asociaran directamente con la presencia o ausencia de sequías. No se identificaron patrones significativos que indicaran un cambio marcado en las lluvias que influenciara la ocurrencia de sequías. Entre 2000 y 2009, las zonas A, B y C mostraron patrones variados en las tendencias de precipitación. Mientras que la zona A no presentó una tendencia clara, las zonas B y C experimentaron tendencias decrecientes significativas en las lluvias, lo que posiblemente contribuyó a un aumento en la ocurrencia de sequías en esas áreas específicas. En el último período, entre 2010 y 2019, todas las zonas (A, B y C) exhibieron tendencias crecientes significativas en las precipitaciones. Esta tendencia al aumento de lluvias puede haber sido un factor clave para reducir la ocurrencia de sequías en estas regiones durante estos años. En resumen, se observa una variabilidad en las tendencias de precipitación y su impacto en las sequías a lo largo de los diferentes períodos analizados. Mientras que las tendencias decrecientes en las lluvias se asocian con un aumento en la ocurrencia de sequías, las tendencias crecientes favorecen la reducción de sequías en estas áreas específicas durante los respectivos períodos de tiempo.

Tabla 30*Resultado del test de Mann-Kendall para el SPI-3 en la zona A*

Año	Zona homogénea	Prueba estadística	Nivel de significancia	Mann-Kendall	Tendencia
			A=0.05		
1981-1989	A	-1.35	1.96	S	Decreciente
	B	0.77	1.96	S	Decreciente
	C	-0.94	1.96	S	Decreciente
1990-1999	A	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	0	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	C	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
2000-2009	A	0.537	1.96	NS	Serie de tiempo estacional
	B	-2.147	1.96	S	Decreciente
	C	-2.415	1.96	S	Decreciente
2010-2019	A	1.968	1.96	S	Creciente
	B	1.431	1.96	S	Creciente
	C	1.61	1.96	S	Creciente

Fuente: Elaboración propia

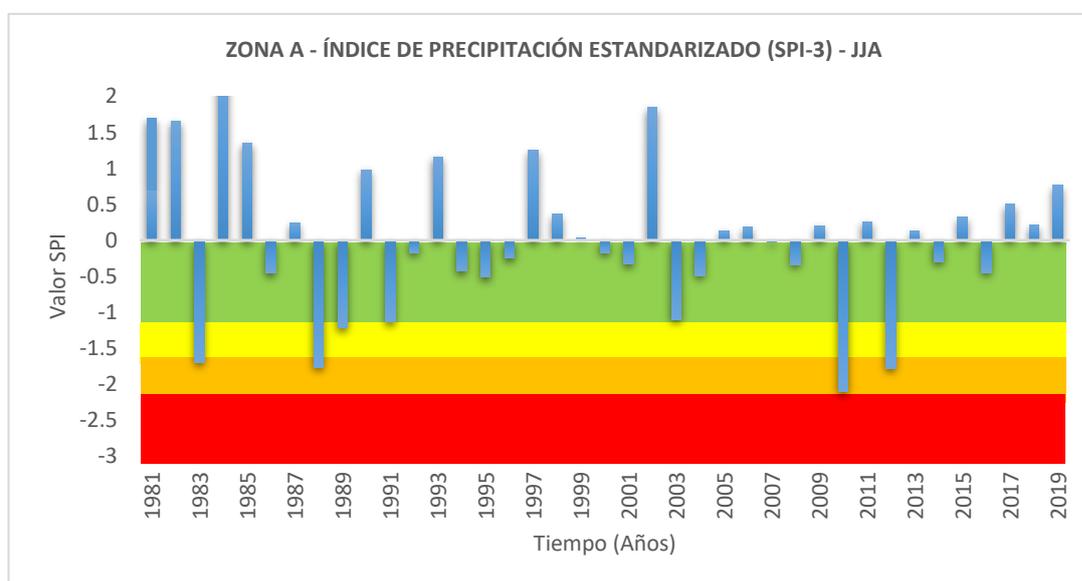
Tabla 31*Cambios estacionales (primavera) en el SPI-3 de la zona A.*

Tabla 32

Cambios estacionales (primavera) en el SPI-3 de la zona B.

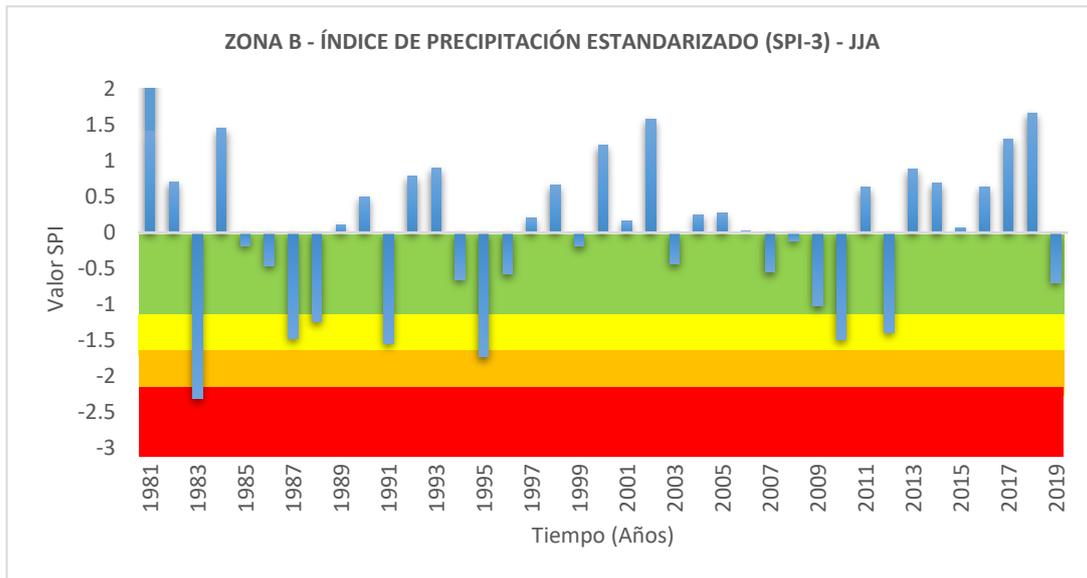
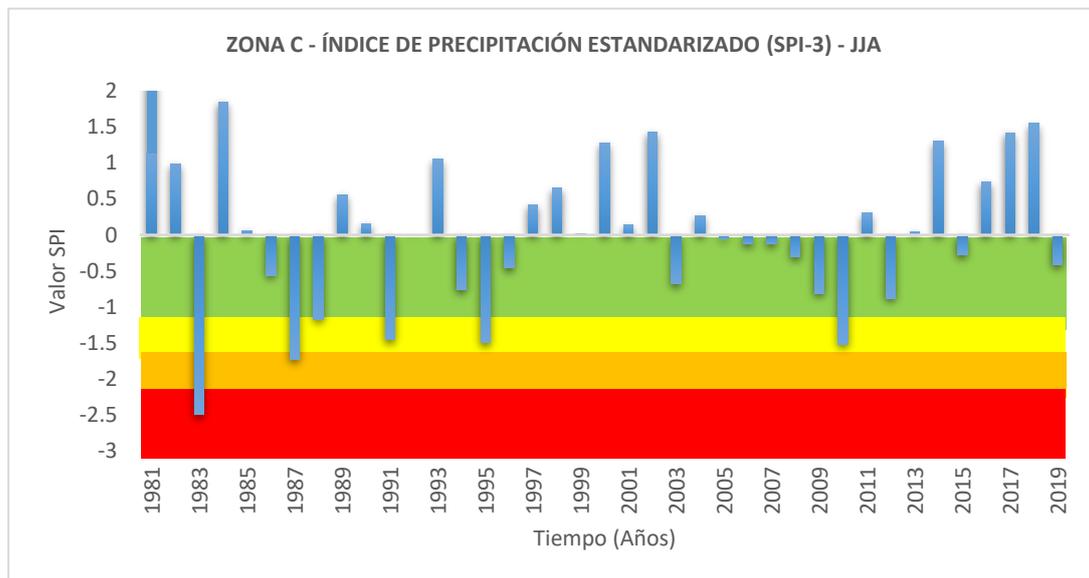


Tabla 33

Cambios estacionales (primavera) en el SPI-3 de la zona C.



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Espino (2017) resalta que las lluvias en la cuenca del Titicaca, se observa un patrón estacional consistente. De igual forma la cuenca del río Azángaro perteneciente a la vertiente del Titicaca coinciden en que las precipitaciones muestran una tendencia a aumentar desde el último trimestre del año, alcanzando su punto máximo en enero, para luego disminuir gradualmente hasta llegar a su mínimo en julio. Ambas investigaciones resaltan la intensidad máxima de las lluvias durante el mes de enero y su mínima durante julio, señalando una estacionalidad característica en la distribución de la precipitación a lo largo del año en la cuenca del Titicaca. Esta consistencia en los hallazgos fortalece la validez de los resultados y proporciona una comprensión más sólida del comportamiento climático estacional en esta región específica.

Los resultados obtenidos en las regiones homogéneas, donde se identificaron periodos de sequía con sus respectivas duraciones, intensidades y severidades, muestran una interesante correspondencia temporal con el contexto histórico descrito según (Lovón, 1985) Este contexto señala condiciones climáticas excepcionales en el Perú durante 1982 y 1983, con intensas precipitaciones en el norte y una sequía extrema en el sur del país.

Los eventos de sequía identificados en estas regiones presentan similitudes notables con la descripción de Lovón, evidenciando periodos de sequía prolongada, intensidad significativa y severidad extrema durante esos años específicos. Estos hallazgos respaldan la consistencia entre los datos analizados y el contexto climático histórico, sugiriendo que el estudio captura de manera fidedigna los impactos de la sequía en esa región durante el período mencionado. Esta concordancia entre los eventos de sequía identificados en el análisis y la narrativa histórica subraya la importancia de considerar el contexto histórico al interpretar los resultados. Además, resalta la validez y relevancia de los datos obtenidos en las regiones homogéneas, respaldando la correlación entre las condiciones de sequía detectadas y el contexto climático histórico en el sur del Perú. Por lo tanto, estos resultados ofrecen una sólida base para comprender la dinámica de la sequía en la región estudiada y respaldan la consistencia de los datos analíticos con el contexto climático histórico, lo que fortalece la credibilidad y la relevancia de los hallazgos en el marco de la investigación.

Además, contrastando un estudio previo de Aramayo (2019) realizado en la región andina de Puno, se observa una correspondencia en la detección de eventos de sequía en años específicos, como 1990 y 1992. Estos hallazgos resaltan la importancia de entender la variabilidad de la sequía en diferentes contextos geográficos y temporales. Sin embargo, es crucial destacar que la precisión y detalle en la descripción de la duración, intensidad y

severidad de la sequía en las regiones homogéneas brindan una perspectiva más detallada sobre la dinámica específica de este fenómeno en áreas específicas.

Este enfoque detallado no solo enriquece nuestra comprensión de la sequía en la región, sino que también proporciona información valiosa para abordar estrategias de mitigación y adaptación. La variabilidad de la sequía exige enfoques flexibles y adaptativos para gestionar sus impactos, y estos análisis detallados son fundamentales para diseñar respuestas efectivas ante este desafío climático.

Períodos estacionales DEF (diciembre, enero y febrero)

Los resultados muestran una evolución en la relación entre las precipitaciones y la presencia de sequías a lo largo del tiempo. Durante 1981-1989 y 1990-1999 no se hallaron patrones claros en las lluvias asociados a las sequías. Sin embargo, a partir del 2000, se observaron cambios significativos en las precipitaciones que parecían correlacionarse con las sequías. En el período 2000-2009, la serie A mostró una disminución en las lluvias, posiblemente relacionada con un aumento en las sequías, mientras que B y C no reflejaron patrones claros. En contraste, entre 2010 y 2019, todas las series experimentaron disminuciones en las lluvias, coincidiendo con un aumento en las sequías. Esto destaca la asociación más fuerte entre la disminución de lluvias y la presencia de sequías en estos años más recientes.

Períodos estacionales MAM (marzo, abril y mayo)

Los resultados revelan patrones variables en la relación entre la precipitación y la presencia de sequías en las zonas A, B y C durante diversos períodos. En 1981-1989, la zona A mostró un incremento significativo en las lluvias, posiblemente vinculado con una menor propensión a sequías. Sin embargo, no se identificaron patrones claros en B y C. Entre 1990-1999, todas las zonas tuvieron tendencias crecientes en lluvias, sugiriendo una posible reducción de sequías. El período 2000-2009 presentó disminuciones significativas en la precipitación para todas las zonas, asociadas probablemente con un aumento en las sequías. En 2010-2019, A y B exhibieron tendencias crecientes en lluvias, relacionadas probablemente con una disminución de sequías, pero la zona C no mostró una relación clara. Estos resultados evidencian la variabilidad en cómo las tendencias de precipitación pueden influir en la presencia o ausencia de sequías en áreas específicas.

Períodos estacionales JJA (junio, julio y agosto)

Los resultados revelan una relación directa entre las tendencias de precipitación y la presencia de sequías en las zonas estudiadas a lo largo de distintos períodos. Durante 1981-1989, las zonas B y C mostraron tendencias crecientes en las lluvias, posiblemente vinculadas con una menor ocurrencia de sequías en esas áreas. Sin embargo, entre 1990-1999, todas las zonas experimentaron declives en las precipitaciones, lo que probablemente incrementó las sequías. El periodo 2000-2009 continuó con declives significativos en la lluvia para todas las zonas, intensificando posiblemente las sequías. Finalmente, entre 2010 y 2019, todas las zonas mostraron aumentos significativos en las precipitaciones, lo que pudo contribuir a reducir las sequías en estos periodos. Estos hallazgos enfatizan la relación directa entre las tendencias de precipitación y la presencia o ausencia de sequías en estas áreas específicas durante diferentes lapsos de tiempo.

Períodos estacionales SON (septiembre, octubre y noviembre)

Los resultados reflejan patrones diversos en las tendencias de lluvia y su vínculo con las sequías en las zonas A, B y C a lo largo de varios periodos. Durante 1981-1989, todas las zonas mostraron descensos significativos en la lluvia, posiblemente contribuyendo a un aumento en las sequías. En 1990-1999 no se observaron patrones claros en las precipitaciones asociados con las sequías. El periodo 2000-2009 reveló variabilidad: mientras la zona A careció de una tendencia clara, B y C experimentaron descensos en la lluvia, probablemente relacionados con un incremento en las sequías. En el último periodo, 2010-2019, todas las zonas mostraron aumentos notables en la lluvia, posiblemente contribuyendo a la reducción de las sequías. Estos hallazgos subrayan la variabilidad en cómo las tendencias de lluvia afectan la presencia o ausencia de sequías en estas áreas a lo largo del tiempo.

VII. CONCLUSIONES

Se regionalizó mediante el Análisis de Conglomerados (Clúster) con el método Ward para identificar zonas homogéneas en base a datos estandarizados de latitud, longitud, altitud y precipitación multianual. Se identificaron tres zonas homogéneas (A, B y C), para la verificación de estos agrupamientos se llevó a cabo visualmente y mediante análisis estadístico, asegurando que las estaciones cumplieran con criterios como el patrón anual sea coincidente con el vector regional y la desviación estándar sea inferior a 0.4, además, los coeficientes de correlación sean mayores a 0.75. Los resultados mostraron consistencia y homogeneidad en las tres zonas A, B y C. Posteriormente, se caracterizó el régimen pluvial de esta zona mediante la generación de series mensuales con el método de Kriging que implicó la interpolación de datos de múltiples estaciones a lo largo de 39 años para cada uno de los 12 meses. Este enfoque proporcionó una comprensión detallada del comportamiento de la precipitación de las tres zonas A, B y C.

Se realizó un análisis detallado de períodos de sequía SPI 3 en tres zonas homogéneas (A, B y C), evaluando la intensidad, duración y severidad de las sequías. Utilizando el Estándar Precipitation Index Calculator, se precisó el SPI-3 para cada zona y se visualizó su evolución temporal, esenciales para comprender las condiciones de sequía en cada área. Se identificó un periodo particularmente severo a finales de 1991 hasta mediados de 1992 en las tres zonas, destacándose la intensidad máxima en la zona C, alcanzando un índice cercano a -3.0. Los resultados muestran una consistencia en la duración máxima de la sequía en todas las áreas, variando de 11 a 13 meses, así como a los valores de intensidad que oscilan varían de -2.9 (Zona C) a -2.3 (Zona B), mientras que las severidades máximas oscilan entre 13.7 (Zona A) y 21.6 (Zona C).

Los resultados del análisis de tendencia realizado mediante el test de Mann-Kendall con un nivel de significancia de 1.96 para los valores del SPI-3 en los periodos estacionales DEF, MAM, JJA y SON en las áreas A, B y C a lo largo de distintos períodos. Durante los años 1981-1989, en los periodos DEF, MAM, JJA y SON, se identificaron tendencias decrecientes en las precipitaciones en todas las zonas, lo que posiblemente contribuyó a un incremento en la ocurrencia de sequías. Sin embargo, entre 1990 y 1999, mientras todas las zonas mostraron tendencias crecientes en MAM y JJA, no se identificaron patrones claros asociados con las sequías en DEF y SON. La transición al nuevo milenio mostró una tendencia decreciente en las precipitaciones durante 2000-2009 en DEF, MAM y SON, posiblemente aumentando las sequías. Por último, en el periodo 2010-2019, todas las zonas

mostraron tendencias crecientes en MAM, JJA y SON, sugiriendo una reducción de sequías. La ausencia de tendencia en ciertos lapsos de tiempo sugiere una complejidad en la dinámica de la sequía en la cuenca de Azángaro, lo que podría relacionarse con variaciones climáticas complejas y la influencia de múltiples factores en la variabilidad de la precipitación. Este hallazgo destaca la necesidad de investigaciones más detalladas para comprender mejor la variabilidad de la sequía en esta región específica y su relación con los patrones climáticos estacionales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aramayo, W. (2019). *Distribucion espacial del riesgo de sequia en la region andina de Puno, Perú*. [Tesis para optar el grado academico de Maestria, Universidad Agraria la Molina], Repositorio de la UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3815/aramayo-alonso-wendy-lu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Banco Central de Reserva del Perú [BCRP]. (2023). *Actividad economica: Abril 2023*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2023/nota-de-estudios-45-2023.pdf>
- Banco Mundial [GMB]. (2022). *El agua en la agricultura*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#:~:text=El%20agua%20es%20un%20insumo,alimentos%20en%20todo%20el%20mundo>.
- Castillo, M., Ibañez, L., Valdes, J., Arteaga, R., & Vasquez, M. (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-03>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2014). *Manual para la evaluacion de riesgos originados por fenomenos naturales*. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- González Ornelas, I., & Muñoz, G. (2022). Capacidad adaptativa ante variabilidad climática en tres comunidades rurales en Sierra De San Pedro Mártir. *Frontera norte*, 33. <https://doi.org/https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2114>
- Jin, N., Shi, Y., Niu, W., & He, L. (2023). Spatial and temporal patterns of agricultural drought in China during 1960–2020 characterized by use of the crop water deficit Abnormal Index. *Journal of Hydrology*, 627. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130454>
- Kima, S., Sugyeong, P., Altynay, L., Kim, J., Eunbeen, P., Sun, G., . . . Lim, C. (2021). Desarrollo de un índice espacial de riesgo de sequía agrícola con indicadores geoespaciales controlables: un estudio de caso para Corea del Sur y Kazajstán. *Revista Internacional de Reducción del Riesgo de Desastres*, 54. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102056>

- Ledesma, J. (2019). *Análisis comparativo de la estimación del nivel de riesgo de desastres del centro poblado Huallamayo, Paucartambo - Pasco*. [Tesis para optar el grado académico de Ingeniero, Universidad Nacional del Centro del Perú], Repositorio de la UNCP. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6266/LISTO_T010_47465999_T-JHONATAN%20LEDESMA%20MERCADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mamani Huaman, K., & Quispe Canal, A. (2022). *Gestión de riesgos de desastres naturales y productividad agrícola en el distrito de Pisac, Provincia de Calca, departamento del Cusco año 2019*. [Tesis para optar el grado académico de Economista, Universidad Andina del Cusco], Repositorio de la Universidad Andina del Cusco. https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/5364/Kilder_Adriana_Tesis_bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Núñez, T., Ruiz, S., Palomeque, M., & Galindo, A. (2022). Comportamiento de índices de sequía meteorológica a través de las dimensiones espaciales y temporales. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3298>
- Ortiz-Díaz, H., Escobar-Amado, C., & Sepúlveda-Mora, S. (2018). Análisis estadístico de variables climatológicas en la ciudad de Cucuta. *Revista Respuestas*, 23(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22463/issn.0122-820X>
- Pérez-Briceño, P., Alfaro, E., Hidalgo, H., & Jiménez, F. (2017). Distribución espacial de impactos de eventos hidrometeorológicos en América Central. *Revista climatológica*, 16. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/74079/Distribuci%C3%B3n%20espacial%20de%20impactos%20de%20eventos%20hidrometeorol%C3%B3gicos%20en%20Am%C3%A9rica%20Central.pdf?sequence=1>
- Pinedo Ortiz, A. (2022). *Propuesta de mejora de la gestión del riesgo de desastres en la Municipalidad Provincial de Huamanga periodo 2021 - 2023*. [Tesis para optar el grado académico de Maestro, Universidad Continental], Repositorio de la UC. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11628/1/IV_PG_MG_P_TI_Pinedo_Ortiz_2022.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2021). *Análisis de pronósticos de sequías y peligros asociados con base en saberes ancestrales y conocimiento científico*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-91.pdf>

- Suazo, C., & Sandoval, J. (2023). Revisión sistemática de la percepción de riesgo en agricultores ante la sequía: factores de influencia, contenidos percibidos, estrategias de adaptación y prácticas asociadas. *Scientia Agropecuaria*, 14(1). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.013>
- Valdivia, D. (2023). *Sequía por Fenómeno El Niño pone en peligro la producción agrícola en nueve regiones del Perú*. Infobae: <https://www.infobae.com/peru/2023/10/16/sequia-por-fenomeno-el-nino-pone-en-peligro-la-produccion-agricola-en-nueve-regiones-del-peru/>
- Vargas, A. (2021). *Estimacion de indices de sequia en la cuenca del rio Ichu utilizando datos generados por teledeteccion - Huancavelica - 2019*. [Tesis para optar el grado academico de Ingeniero, Universidad Nacional de Huancavelica], Repositorio de la UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/9ce2ba53-b28f-46d1-b021-3c632dee0498>
- Vermeulen, S., Cools, J., Staes, J., & Passel, S. (2023). A review of economic assessments of drought risk reduction approaches in agriculture. *Journal of Environmental Management*, 345. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118909>
- Yang, W., & Zhang, L. (2023). Drought and flood risk assessment for rainfed agriculture based on Copula-Bayesian conditional probabilities. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109812>
- Yuliang, Y., Jiang, S., & Shaowei, C. (2023). Spatiotemporal characteristics and obstacle factors identification of agricultural drought disaster risk: A case study across Anhui Province, China. *Agricultural Water Management*, 289. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108554>

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (pp. 179–184). American Meteorological Society.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718.

Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wall, N., & Widhalm,

M. (1999). The Lincoln declaration on drought indices: Universal meteorological drought index recommended. National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln.

Yue, S., Pilon, P., & Cavadias, G. (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259(1-4), 254-271.

Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196.

Sneyers, R. (1990). On the statistical analysis of series of observations. WMO Technical Note, 143, 192.

López, M. (2016, 7 diciembre). Perú: declaran en emergencia hídrica 37 valles de producción agrícola debido a sequías. Noticias ambientales.
<https://es.mongabay.com/2016/12/sequia-emergencia-agua-peru/>

Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3), 111-120.

Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, 3(1), 52-58.

Sheffield, J., Wood, E. F., & Roderick, M. L. (2012). Little change in global drought over the past 60 years. *Nature*, 491(7424), 435-438.

Cook, B. I., Ault, T. R., & Smerdon, J. E. (2015). Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains. *Science Advances*, 1(1), e1400082.

Veroy Reyes, C. M., Valerio Martínez, R. O., Crespo, C. L., & Aguilar, G. E. (2015). Análisis de la sequía en la subcuenca del río Bonito mediante el índice de precipitación estandarizado. *Revista Ciencia y Tecnología*.

Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J., & Barbosa, P. (2018). The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, 1-14.

Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., & Pegion, P. (2012). On the increased frequency of Mediterranean drought. *Journal of Climate*, 25(6), 2146-2161.

Jin, N., Shi, Y., Niu, W., & He, L. (2023). Spatial and temporal patterns of agricultural drought in China during 1960–2020 characterized by use of the crop water deficit Abnormal Index. *Journal of Hydrology*.

Lynch, B. D. (2012). Vulnerabilities, competition and rights in a context of climate change toward equitable water governance in Peru's Rio Santa Valley. *Global Environmental Change*.

Serrano, V., & Martin, S. (2011). Spatial and temporal evolution of droughts in the middle Ebro Valley: Causes and environmental consequences. ProQuest.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
<p>Problema General</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las características en espacio y tiempo de las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro? <p>Problema Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es la regionalización de las precipitaciones considerando variables climáticas de la Cuenca Azángaro durante el periodo 1981 – 2019? - ¿Cuáles son las características de las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro mediante el índice estandarizado de precipitación (SPI) en las regiones homogéneas durante el periodo 1981 - 2019? - ¿Cuáles son las tendencias de las sequías históricas en las regiones homogéneas de la Cuenca Azángaro durante el periodo 1981 - 2019? 	<p>Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar las características en espacio y tiempo de las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regionalizar las precipitaciones considerando variables climáticas de la Cuenca Azángaro durante el periodo 1981 - 2019 -Caracterizar las sequías meteorológicas en la Cuenca Azángaro mediante el índice estandarizado de precipitación (SPI) en las regiones homogéneas durante el periodo 1981 - 2019. - Analizar las tendencias de las sequías históricas en las regiones homogéneas de la Cuenca Azángaro durante el periodo 1981 - 2019. 	Histórica	Milímetros (mm)	mm	<p>Tipo investigación No experimental</p> <p>Nivel de investigación Descriptiva</p> <p>Diseño de investigación No experimental, longitudinal</p> <p>Enfoque de investigación Cuantitativo y cualitativo</p> <p>Técnica - Revisión documental</p>	
		Sequía meteorológica	Duración	Meses/ años		
		Severidad	Adimensional			
			Intensidad	Adimensional		

Anexo 2. Datos de precipitación de las subcuencas de Azángaro

Precipitación mensual de la subcuenca 452

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	199.5	106.6	94.4	42.8	11.2	3.5	1.1	23.5	33.5	148.3	89.8	132.9
1982	181.7	66.3	90.9	34.6	2.7	2.3	1	4.2	34.8	108.4	132.2	58.4
1983	140	73	93.1	32	22	2.9	1.7	1.1	8.1	24.9	42.3	79.5
1984	178.3	111.7	114.1	20.5	22.1	12.3	3.2	13.1	4.1	200.9	222.6	150.8
1985	133.6	119.5	111.5	79.7	37	13.9	0.6	2	40.3	43.7	162	164.3
1986	166.5	134.1	149.5	71.7	13.6	1.7	1.3	10.5	46.1	7.3	61.5	114.6
1987	151.1	79.6	50.2	27.1	10.7	4.3	30.7	3.4	4.5	51.7	140.2	112.8
1988	154	90.5	149.5	51.2	46.8	1.2	0.5	0.7	11.1	63.9	16.2	101.4
1989	185.6	132.3	101.1	45.5	12.4	11.1	0.9	27.4	29.9	50.6	52.4	80.6
1990	157.5	76.1	54.5	30.1	12.1	84.1	0.6	7	9.8	143.2	92.8	37.4
1991	124.8	82	56.2	13.7	2.5	9.3	1.2	50.7	7.4	79.4	95.4	98.9
1992	180.2	80.5	111.2	61.7	9.1	6.7	2.7	24.3	17.9	125.2	132.1	126.1
1993	153.9	124.2	123.5	45.2	18.7	3.1	0.7	5.3	13.7	85.6	91.2	122.1
1994	101.8	92.3	125.7	15.7	10.2	2.4	1.6	0.8	12.5	43.9	89.7	106.7
1995	157.9	68	112.9	22.1	29.2	1.3	2.7	8.2	14.6	68.8	89.8	118.6
1996	159.2	134	190	19.1	15.6	1.2	1.4	18.5	24.3	77.5	161.7	89.7
1997	130.4	96.3	93.3	18.2	2.4	10.1	0.6	2.7	5.2	171.5	104.2	37.2
1998	110.2	115.4	140.9	45.6	15.1	3.9	1.2	0.6	30	80.7	56.5	76.2
1999	152.5	118.9	93.1	12.3	11.2	16.2	3.3	9.4	10.1	185.7	22.8	112.8
2000	211.2	103.6	167.1	29.5	64.4	3.5	7.5	6.5	16.4	107.9	79.6	75.4
2001	92.2	133.7	127.7	45	30.2	8.6	31.9	10.3	35.4	184.9	111.9	126.6
2002	189.5	111	141.1	41.8	20.3	14.5	1.7	13.5	19.3	60.1	36.6	105.8
2003	195.6	131.7	79.2	34.6	17.8	4.5	9	27.3	38.6	43.1	73.5	105.3
2004	80.5	149	71	22.1	7	1	0.8	4.9	8.8	139.7	93.8	100.5
2005	186.6	58.9	74.6	40.8	4.4	8.5	0.9	7.5	11.7	100.4	105.6	115.2
2006	132.5	68.9	156.2	46	21.7	2.5	2.5	1.3	30.4	55.7	82.5	80.8
2007	154.3	75.2	68.4	7.6	17.1	4.1	0.9	2.5	11.3	112.6	49.9	145.1
2008	137.4	107.1	60.7	16.4	9.2	1	3.7	1.3	16.1	59.9	133	98.2
2009	207.8	126.1	85.6	28	29.3	2	0.9	3.5	2.5	61.6	26.5	116.8
2010	104.5	141.8	85.2	39.7	14.9	4.5	8.2	3.7	35.1	107.9	50.4	133.5
2011	148	142.1	107.9	28.8	9.5	4.4	1.3	1	12.7	40.1	60.6	163.3
2012	179.7	150.1	104.3	27.1	37	15.1	2.9	8.9	16.8	149.1	55.6	148
2013	161.5	114.8	94.8	26.4	15.7	2.5	2.8	15.5	32.8	97.2	40.7	116.3
2014	203.1	92.9	108.1	60.4	28.6	8.9	4.2	9.8	38.2	59.9	78.2	136.7
2015	100.9	194.2	48.6	54.7	5.8	4.2	7.2	13.8	23.8	113.2	39	93.8
2016	113.8	94.3	141.5	53.6	90.8	3.2	8	3	65.3	105.9	68.8	82.1
2017	124.7	144.4	111.2	20	9.8	64.6	33.5	32.2	13.9	176.8	78.4	104.3
2018	131.5	105.9	110.1	36.4	37	4.3	2.7	0.9	4.5	104.2	118.1	131.9
2019	127.4	88.9	79.6	47.1	48.9	7.3	3.4	1.9	5.6	61.3	176	239.2

Precipitación mensual de la subcuenca 614

A_614	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	159.5	83.8	88.6	42.9	21.5	5.5	2.6	36.3	45.5	77.3	104.1	188.4
1982	168.8	57.1	82	33.5	4.7	4.4	2.9	7.2	44.2	58.3	167.5	87
1983	126.1	63.9	80.9	39.4	39	6.1	4	3.1	9.9	18.2	59.9	120.7
1984	137.3	83.8	106.2	30.5	28.1	24.5	8.6	18.9	10.6	99.3	212.6	203.7
1985	137.5	78.3	102.8	72.4	42.3	13.8	2	4.7	63.9	33.3	166.4	194.2
1986	151.5	75.6	105	72.3	26.9	4.1	2.8	18.8	58.6	6.7	92.1	144
1987	119.6	61.8	59.8	17.8	16	7.1	52	7.8	11.2	42.2	201	151.9
1988	107.5	72.6	139.9	65.7	68.4	2.6	1.4	1.6	17.2	35.3	21.9	136.4
1989	133.1	85.3	76.8	50.5	23.9	23	3.1	42.5	44.7	33.2	61	103.8
1990	140.8	81	57.1	33.8	25.3	126	2	13.1	17.8	81.6	83.1	75.4
1991	120.8	71.1	72.1	29.5	27.2	44.2	2.2	2	14.8	40.6	59	
1992	104.7	65.7	49.2	18.8	4.7	18.1	2.7	78	13.7	53.9	101.8	162.1
1993	130.2	69.1	84.5	70.3	16.6	13.2	8.6	40.6	24.3	67.5	146	184.2
1994	136.6	79.2	93.7	59.4	31.8	6.8	1.8	10.1	18.2	53.8	105.5	176.5
1995	84.1	67.7	108.9	23.2	20.4	6.3	5.3	2.3	22.4	29.8	114.9	147
1996	122.3	61	75.7	33.4	44.1	2.8	8.8	18.4	23.2	58.5	110.9	172.2
1997	105.4	101.7	142.1	27.1	29.8	2.6	5.2	30.2	34	46	165.1	144.8
1998	113.8	82.5	74.9	18.4	4.4	19.9	1.9	5.6	8.3	118.5	111.4	58.6
1999	98.2	109.9	82.2	62.5	27.7	9.3	3.3	1.7	45.1	35.9	64.4	129.9
2000	122.6	85.8	67	23.5	17.9	36.2	7	17	17.9	107.2	37.9	157.4
2001	179.6	76.3	130.5	46.1	77.1	5.4	11.2	18.2	24.5	74.2	104.1	96.5
2002	68.4	115.4	86.5	57.4	44.7	20.6	58	21.6	50	78.6	121.6	152.7
2003	141.9	80	113.2	41.2	32.1	21.4	5.1	26.2	25.4	35.7	50.1	147.8
2004	129.1	80.3	71.3	39.8	26	14.4	18.5	45.5	39.8	36.2	83	143.3
2005	84.5	108.2	62.8	20.8	13.2	2	2.6	7.1	16.3	78.1	112.8	151.7
2006	157.1	51.8	66.9	49.5	10.4	19.7	2.9	17.8	19.9	69.5	146.7	149.4
2007	124.3	57.2	101.4	44.7	28.6	5.9	8.1	4	33.5	45.6	94	115.1
2008	148.1	57.9	62.4	16.2	26.5	10.7	2.9	7.4	15.5	74.1	58	197.9
2009	119.9	91.5	39.5	20.7	15.2	2.1	8.8	4.1	25.1	43.4	173.8	128.5
2010	169.5	106.2	60.2	30.1	44.1	5.9	3.1	9	8.3	45.1	46.6	174.2
2011	96.4	107.4	59.1	46.7	26.3	14.9	14.4	9.5	46.1	63.8	47.5	176.6
2012	125	104	64.9	45.1	9.7	16	6.1	2.7	30.8	42.5	107.8	199.1
2013	179	98.9	84.1	26.9	57	25.9	4.5	16.4	14.5	104.9	95	222.5
2014	170.8	81	83.1	40.2	37.4	5.7	7.9	22	50.9	59.3	76.1	181.3
2015	175.4	76.4	104.5	90	50.9	14.9	14.3	22.5	36.3	35	117.8	182.5
2016	113.6	121.6	45.6	54.5	10.4	7.9	17.3	18.4	32.2	79.9	43.5	132.5
2017	109.8	91.6	120.3	56.5	114	11	13.3	8.4	75.2	76.9	117.9	145.8
2018	120.1	121.1	89.4	32.5	20.7	111.9	63.1	65.7	17.9	107.8	129.7	175.7
2019	127.4	88.9	79.6	47.1	48.9	7.3	3.4	1.9	5.6	61.3	176	239.2

Precipitación mensual de la subcuenca 622

A_622	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	215.7	120.1	136.2	65.8	18.7	5.4	1.8	20.5	68.9	77.5	101.8	249.7
1982	231.1	66	112.7	68.7	2.6	4.1	1.9	2.8	56.3	89.4	167.8	140
1983	143.6	80.2	95.8	57.4	26.8	4.5	2.4	1	13.4	18.7	47.5	151.1
1984	203.8	125.6	145.1	43.9	27.1	16.3	6	8	11.3	149.7	247	279.6
1985	160.1	132.4	154.5	119	48.6	26.5	1.6	1	97.3	28.1	151.1	280.8
1986	171.9	145.7	168.8	117.5	19.9	2.8	2.3	9.1	85	7.2	74.8	252.1
1987	179.7	79.1	74.9	30.6	11	6.6	46.5	3.6	12.5	35.5	174.5	218.7
1988	156	104.5	183.4	112.7	74.8	2.8	1.1	0.4	23.8	42.6	16.7	181.2
1989	193.9	138.5	121.3	60.7	23.7	17.2	1.8	30.1	58.1	44	61.6	160.2
1990	192.6	97.8	82.3	51.3	19.2	130.7	1.1	4.7	18.7	89.9	82.7	130.6
1991	150.2	86	95.1	42.1	38.1	51.8	1.5	0.6	15.9	42	53.8	127.1
1992	144.3	75.7	56.1	19	3.4	18.7	1.7	38.9	11.1	57	110.7	160.5
1993	214.4	86	117	98.9	7	19.3	6.1	22.9	38.2	86.5	145.6	238.5
1994	205.1	124.6	147.7	89.9	20.8	7.3	0.9	4.5	21	54.5	116.1	268.7
1995	130.4	96	147.5	36.7	16	4.3	3.6	0.4	22	38.1	110	190.7
1996	196.6	99.5	110.2	49.4	34.6	2.8	6.7	10	31.2	54.6	101.7	249.1
1997	150	146.7	211.9	48	19	2.4	4.2	19.3	46.2	61.4	157.3	190.7
1998	170.2	110.8	124.2	20.3	2.4	12.3	1.1	3.4	11.7	129.1	100.7	90
1999	137.7	145.1	144.3	97	28.3	7.9	2.3	0.5	57.7	52.4	49.4	174.3
2000	179	139.2	103.1	29.5	16.7	29.9	7.4	7.4	23.4	130.5	29.2	209.8
2001	257.5	119.4	151.8	66.3	77.8	6.2	11.9	9.1	34.2	74.5	80.5	124
2002	111.9	155.5	123.5	87.2	44.5	17.3	51.6	9.5	71.8	98.7	115.1	227.3
2003	205.3	124.4	160.9	52.5	31.1	22	3.5	13.3	31.4	40.5	42.1	219.2
2004	214.6	124.2	94.3	58.9	15.9	14.3	14.6	22.7	60.6	38.7	85	213.6
2005	99.7	157	101.7	35.5	9.3	2.2	2.3	3.6	13.6	90.1	108.5	188.9
2006	217.8	85.6	87.9	76.5	8.7	18.5	2	8.1	25	70.4	136.4	269
2007	164.5	83.7	163.7	79.9	25.8	4.8	7	1.4	49.7	52.2	91.9	158.6
2008	196	87.8	81.5	20	19.7	12.6	1.8	3.2	13.7	79.5	62.8	284.4
2009	160.6	122.3	70	39.7	11.4	2.4	7.4	1.5	36.1	45.3	161.2	199.9
2010	257.5	126.6	102.2	45	33.4	6.1	2.8	3.9	7.3	46.6	42.5	234.3
2011	133.8	160.8	119.6	84	28	14.6	13.9	3.9	60.8	63.1	53.2	259.4
2012	184.8	171.4	125.9	73.4	6.7	12.3	3.6	1.4	35.5	42.2	82.2	310.5
2013	239	154.3	106.6	35.2	46.2	34.4	4.1	9.5	14.9	87.8	84.3	294.8
2014	214	122.2	112.1	61.7	22.7	5.6	5.5	13.7	76.6	79.7	58.9	272.7
2015	231.3	106.7	143.8	138.2	32.1	15.1	11.7	8.9	54.3	36.1	99.1	277.4
2016	152.6	176.4	71.6	93.4	8.5	8.2	14.6	9.9	43.2	93.3	43.6	179.2
2017	177.4	125.4	167.1	83.6	111.1	9.4	12.3	3.1	111.8	83.1	116.6	189.2
2018	182.8	152.7	123.6	63.3	16.1	116	64.2	32.7	22.6	129.3	101.2	209.9
2019	166.1	128.7	123.1	68.2	41.1	9.6	3.7	0.6	8.7	79.7	160.6	317.2

Precipitación mensual de la subcuenca 623

A_623	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	232	147.5	155.8	83.4	25.9	5.2	1.9	22.1	60.7	78	92.1	265.1
1982	241.8	76.6	120.5	76	4	4.1	2	3.2	52.6	96.9	145.6	154.2
1983	139	92.2	95.3	62.6	37.9	4.3	2.3	1.2	11	20.5	39.7	172.2
1984	215.4	159.4	147.1	48.6	37.3	13.7	6	8	9.5	166.4	214.4	303.2
1985	164.1	148.9	153.7	131.4	73.2	26.9	1.5	1	83.6	28.3	135.8	308.9
1986	178.6	162.7	174.8	132.4	27.1	2.5	2.6	9.5	74.4	8.4	67.1	277.9
1987	196.2	95.7	75.7	37.8	14.9	6.5	46	4.1	12.6	38.5	145	231.7
1988	174.7	122.2	181.1	124.3	102.4	2.8	1.1	0.6	19.6	45.6	14.1	203.6
1989	199.5	144.3	128.3	79.7	36.3	16.7	1.7	33	54.6	45.1	53.4	184.1
1990	211.7	122.3	91.1	61.3	28.4	108.9	1.1	4.6	17	94.1	66.4	180.4
1991	153.8	100.8	96.3	48.1	61.9	56.2	1.4	0.7	14	46.2	45.7	140
1992	144.8	89.4	57.3	19.9	4.7	17.8	1.7	37.3	9	55.6	98	157.4
1993	225.2	96.6	125.7	105.6	8.3	19.4	6.1	23.3	36.8	92.9	124.8	260.8
1994	214.2	160.7	146.8	102.9	26.1	7.3	1	4.5	19.4	57.4	102.3	303
1995	142.4	114.9	144.3	43.5	23.9	3.8	3.6	0.5	19.4	42.4	97.1	202.8
1996	213.7	126.1	115.2	60.7	46.1	2.9	6.8	12.3	30.5	52.2	90.5	277.4
1997	170.5	180.7	203.8	58.5	26.8	2.5	4.6	21.6	42.7	59.1	133.5	206.2
1998	175	137.5	127.1	24.9	3.2	11.4	1.1	4	10.2	119.3	85.9	103.4
1999	148.3	165.4	152.5	115.2	38.4	7.9	2.4	0.6	55.7	56.8	39.5	210.1
2000	187.7	167.3	104.7	33.8	23.4	28.2	7.8	7.8	21.8	134.9	25.9	235.4
2001	271.6	146.2	145.9	72.9	101.1	5.8	12.4	11.3	31.9	76.7	66.1	139
2002	130.7	184.4	126.9	100.4	64.6	15.9	47.5	9.9	65.6	100.5	100.2	243.1
2003	212.5	153.9	167.2	56.8	45.2	21.3	3.5	14.6	25.4	42.1	34.5	251.2
2004	221.9	143	94.9	65.3	20.2	15.3	13.7	23.5	54.4	41.7	77.3	243.8
2005	103	182.1	108.9	41.1	13.2	2.2	2.5	3.8	11	90.8	92.8	203.8
2006	226.9	107.5	86.7	89.7	12.3	18.9	2	9.4	23.9	71.5	116.7	302.8
2007	170.4	101.6	166.9	92.2	33.6	4.7	7.9	1.7	45.2	58.8	80.4	171.5
2008	214.6	109.8	86	23.6	26.1	13.7	1.8	3.7	11.1	82	54.7	317.4
2009	160.4	143	75.8	43.3	15.7	2.5	7.8	1.7	31.8	46.9	132.5	236.1
2010	276.7	142.1	108.8	48.7	39	6.1	2.9	4.6	6.5	49	38.3	266
2011	141.7	189.3	122.2	100	38.4	15.3	14.8	4.2	58.2	62.5	47.1	290.3
2012	201	205.8	132.7	90.6	8.4	12.5	3.7	1.7	34.7	44.7	74.8	347
2013	255.9	173.4	108.8	36.2	58.1	33.6	4.2	11.1	10.8	87.2	81.6	347.5
2014	220.2	144.4	108	69.6	29.8	5.6	5.5	14.6	72	81.4	51.8	312.6
2015	247.9	125.8	148.8	151.2	39.1	13.2	12.8	10	45.3	38.8	87.8	327.7
2016	164.2	198.3	79.7	107	12.4	8	15.7	10.1	38	94.2	38.4	192.2
2017	197.3	152.3	170.1	92.8	146.7	8.7	11.6	3.5	93.8	86.5	112.4	213.5
2018	204.7	180.3	125.7	77.7	23.4	106.4	64.5	34.1	18.9	128.8	88.8	235.2
2019	173.1	153	131.8	74.8	56.1	9.6	3.9	0.7	7.5	83.7	142.2	367.4

Precipitación mensual de la subcuenca 624

A_624	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	190.8	107.2	114.3	39.3	17.9	4.9	1.9	27.7	66.7	87.8	103.1	186.3
1982	198.1	60.8	107.1	39.1	3.3	3.6	1.8	4.5	56.5	81.9	169.2	103.5
1983	140.1	75.1	101.6	39.1	29.3	4.6	2.5	1.6	14.4	18.8	53.6	121.6
1984	173.3	109	138.2	28.4	29.3	18.6	6.1	13.2	11.2	141.2	252.6	209.4
1985	137.2	108.5	139.8	82.7	46.6	18.3	1.3	2.4	87.9	32.6	164.2	213.2
1986	160.1	117.8	156.3	79	21.1	3.2	2.1	13.1	80.2	6.6	80.5	167.7
1987	151.1	72.2	72.7	17.9	13.2	6.1	43.2	5.1	12.1	39.4	204.5	168.5
1988	125.3	89.7	176.2	70.7	74.7	2.3	0.9	0.9	23.2	41.9	20.4	139
1989	165.5	123.1	110	39	21.8	16.3	1.8	36.4	52.8	42.7	62.3	116.8
1990	157.8	85.3	73.5	33.4	20.3	125.6	1.1	7.8	19.3	94.2	94.2	74.6
1991	133.8	82.2	93.9	27.7	29.8	39.7	1.5	1.2	17.1	41.4	58.1	103.3
1992	123.2	75.6	59.5	14.5	3.8	17.1	1.8	59	13.7	59.3	110.5	142.9
1993	172	79.8	106.7	69.2	11.8	14.8	5.6	31.7	33.6	84.4	149	182.7
1994	165.8	109.3	139.3	57.7	27.2	6.7	0.9	6.9	23	59.5	116.4	187.8
1995	107.8	84.7	145.3	22.5	15.8	4.5	3.4	1.1	25	32.3	114.9	144.4
1996	154.4	77.2	102.8	30.4	40.3	2.3	5.9	12.4	29.1	63.1	105.3	186.3
1997	128.2	129.8	204.5	28.9	22.3	2.1	3.6	23.8	43.6	60.4	179.8	141.7
1998	144.8	99.2	109.4	13.6	2.9	14.3	1.1	4.4	11.5	144.3	118	63.5
1999	115.2	131.9	127.4	61	26.9	7.2	2.2	1	54.2	51.2	59	125.2
2000	144.9	112.7	97.9	20.2	16.6	29.3	6	11.1	22.3	136	33.6	161.3
2001	216.8	96.9	158.3	42.8	80.8	5.4	10.9	11.4	30.7	81.6	95.9	95.6
2002	86	137.9	117	55	44	16.6	50.1	13.9	67	106.6	127.8	168.2
2003	172.5	103.7	150.1	38.7	30.6	20.2	3.3	18.3	33.1	42.5	48.3	157
2004	174.6	110.3	92.1	40.3	21	12	14.6	33.1	58.1	38.9	88.1	155.2
2005	91.2	136.1	86.1	22.1	10.9	1.8	1.9	5.3	16.3	94.8	117.2	149
2006	181.6	67.6	86.6	49.5	8.6	16.4	1.9	11.3	23.7	76.8	145.6	183.1
2007	142.5	71.7	153.1	50	27.4	4.5	5.7	2.2	45.9	51.6	94.2	118.9
2008	163.1	71.8	78.3	13.5	22.5	9.7	1.7	4.6	16.5	85.1	64.4	208.6
2009	140.9	111.7	59.3	23.6	12.2	1.9	6.7	2.4	32.8	48.4	174.6	138.8
2010	213	122	88.7	30.2	39.5	5	2.3	5.7	8.2	50.1	42.8	173.9
2011	110	137.7	100.8	51.2	26.7	11.9	12.2	5.8	57.8	72.4	52.5	192
2012	151.1	137.4	105.8	41.3	8.4	11.1	3.3	1.9	33.3	43.2	88.6	222.2
2013	197.4	136.1	107.3	25.4	53.9	29.1	3.8	12.6	19.2	106.8	83.7	216.6
2014	188.4	105.4	112.9	41	27.3	5.2	5.4	18.4	68	80.4	62.8	192.2
2015	199.3	94.1	132.8	88.9	41	14.5	10	13.8	54.3	37.7	101.9	190.1
2016	124.3	161.9	64.8	58.5	9.2	7.4	13.1	15	42.8	94.5	44.1	132.9
2017	128.5	110.7	166.3	57.4	120.3	8.9	11.9	5	109.8	87.4	113	138.1
2018	137.5	142.5	118.8	34.4	17.2	109.2	57	48.3	23.2	130.6	111.3	160.6
2019	144	113.2	115	44	45.3	8.2	3.3	1.3	8.1	76	167.3	232

Precipitación mensual de la subcuenca 643

A_643	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	208.2	139.4	137	62.4	8.7	2.9	0.8	16.5	42.1	61.4	97.6	191.6
1982	218.9	79.5	114.1	63.1	1	1.5	0.7	1.9	39.9	73.6	165	95.6
1983	142.6	86	87.7	52.3	12.5	1.9	1.1	0.4	10.2	16.1	46.3	114.1
1984	210.3	143.2	141.8	35.5	17	7.4	2.5	5.3	5.1	149.9	297	221.2
1985	164	167.4	159.7	119.9	30.3	22.4	0.7	0.6	64.1	20.4	169.6	223
1986	176.9	220.6	178.7	118.1	9.5	0.9	1.3	7.5	49.1	3.1	65.7	181.8
1987	194.5	75.8	58.8	27.1	4.9	3	26.8	1.8	4.9	21.1	170	148.7
1988	174.5	110	190.2	75.2	39.2	0.8	0.4	0.1	15.5	33.4	12.4	132.5
1989	186.4	149.4	119.6	61.9	9.8	7.4	1.1	24.2	38.2	29.8	59.5	111.7
1990	189.4	105.1	68.8	42	8	66.1	0.4	3	9.9	66.3	85.8	84.6
1991	163.1	95.5	86.5	33.9	16.5	27.4	0.7	0.4	9.2	23.8	48.4	96.8
1992	132.6	91.7	55.7	16.1	1.1	7.4	0.8	32.3	4.9	48.5	113.7	117.5
1993	221.7	95.3	122.6	78.2	2.9	11.2	2.3	19.8	27	76.8	158.4	168.1
1994	187.9	140.5	157.3	78.2	7.6	2.5	0.5	3.6	12.7	41.2	117.3	181.6
1995	131.5	100.1	145.6	28.1	6.5	1.4	1.3	0.1	11.5	25	109.6	141.7
1996	185.2	110.9	103	43	14.5	0.9	3	6.1	15.7	33	98	183.6
1997	170.5	173.1	229.8	35.1	7.5	0.7	1.4	14.4	31.9	47.6	167.7	139.5
1998	151.6	115.5	130.6	23.1	0.8	5.8	0.4	2.2	7.2	93.7	108.4	66.8
1999	120.2	168	166.9	80.3	12.6	2.9	1	0.2	36.2	43.2	49.6	114.3
2000	173.9	170.9	109.9	19.2	8.8	12.1	4.6	5.5	12.6	109.2	27	162.3
2001	262.8	133.2	137.6	50.1	44.9	3	7.4	5.2	20.9	48.1	68.3	97.7
2002	131.1	174	115.4	77.7	25.4	7.7	30.3	6.8	44.9	91.3	118.3	164.1
2003	216.5	139.7	162.9	50.5	15.8	11.1	1.3	10.1	21.7	30.8	37.9	163.6
2004	243.7	146.8	89.3	53.6	7.5	4.8	8.3	17.4	49.6	23.5	87.3	161.4
2005	87.5	188.1	103.3	34.8	3.7	0.7	0.8	3.1	6.3	75.9	101.5	134.5
2006	218.3	92.8	91.1	62.3	2.5	7.7	0.8	4.8	13.3	52.5	125.5	206
2007	155.5	90.5	181	78.3	12.5	1.5	3.2	0.5	39.4	33.2	98.9	121.1
2008	186	96.9	75.4	11.6	9.5	4.6	0.7	1.7	6.9	55.9	60.3	223
2009	149.8	133.2	69.9	33.3	5.4	0.8	3.3	0.6	23.1	32.1	161.5	156.9
2010	259.7	138.1	109.8	41.5	18.2	1.7	0.9	1.9	2.5	30.4	35.7	157.8
2011	119.4	175	125.1	66.9	14.7	5.4	9.2	2.3	38.6	47.2	63.4	189.6
2012	181.9	193.8	141.4	63.3	4.3	3.1	1.3	0.4	15.9	26.4	76.3	226.5
2013	204.5	173.8	107.8	30.6	22.2	17.7	2.5	6.5	11	64.7	73.9	215.4
2014	174.2	137.8	97.9	39.7	7.9	1.9	2.4	11.3	49.1	62.2	49.9	192
2015	212.6	103.8	125.2	99.3	12.7	6	6	5.1	41.8	29	85.8	220.1
2016	118.6	210.3	61.9	89.6	3.4	3.3	6.8	8.8	25.5	65	45.9	130.1
2017	146.6	111.7	162.2	70.5	60.6	2.5	8	1.1	71.5	57	97.2	128.2
2018	142.9	162.6	120.1	40.4	5.6	57.2	38.9	21.5	16	92.5	84.9	134.1
2019	146.3	138.8	122.3	55.1	24.2	4.2	3	0.3	5.8	61.6	145.8	192.7

Precipitación mensual de la subcuenca 649

A_649	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	182.2	128.9	107.2	36.5	14.5	3.5	1.9	20.9	46.7	102.4	81.7	154.6
1982	184.6	73.3	99.2	37.1	2.7	2.1	1.4	3.1	41.4	95.9	125.9	77.2
1983	134.2	84.6	95.1	31.7	23.5	2.8	2.1	0.8	9.9	19.2	38.6	94.7
1984	168.5	127.7	122.5	21.7	27.4	12.6	4.5	9.5	5.7	181	212.6	183.8
1985	133.3	154.7	127.7	76.5	47.2	19.3	1.3	1.3	58.8	32.4	135.4	195.9
1986	153.5	184.6	161.9	68.9	15.8	1.6	1.9	9.4	54.3	4.7	53.5	138.8
1987	156.2	82.4	53.4	18.3	10.8	4.2	39.4	2.7	5.7	37.1	142.3	132.7
1988	148.1	108.1	158.7	48.2	59.2	1.3	0.9	0.5	15.2	47.1	12.9	115.5
1989	169.9	157.6	111	38.4	15.7	10.4	1.9	27.2	37.3	43.5	49.2	97.3
1990	151.2	97.1	59	28.3	13.8	85.8	1	5.3	11.5	101.3	74.7	49.9
1991	137.3	98	86.9	21.5	21.5	25.5	1.5	0.7	11.5	34.5	42.8	84.1
1992	113.9	91.5	57.5	11.5	3	10.5	1.6	43.6	7.6	64.7	87.7	113.9
1993	184.8	96.8	106.8	53.1	8.1	9.8	4	24.2	24.1	104.6	122.2	143.8
1994	150.7	137.1	133.4	42.7	19.4	3.5	1.1	4.8	16.5	62.7	87.5	147.2
1995	106.8	101.2	135.1	16.1	11.9	2.1	2.3	0.5	15.3	35.5	86.2	121
1996	152.3	91	101.4	22.2	32.1	1.3	4	7.6	17.7	54.9	76.4	152.1
1997	146.1	160.8	205.8	18.1	14.8	1.2	2.3	16.7	30	63.6	138.6	107.1
1998	125.8	113	101.1	13.5	2.2	8.9	1	2.8	7.2	144.5	93.8	51.6
1999	108.5	153.2	142.3	47.3	18.7	4.1	1.9	0.5	36.2	59.4	47.7	95.3
2000	144.4	151.3	100	12.1	14.2	16.4	5.6	7.6	13.3	153.4	21.2	137.6
2001	208.2	121.9	148.3	30.3	76.8	4.1	10.9	6	20.3	79.5	66.9	86
2002	94.4	161.2	117.5	45	37.9	10.6	45.5	9.1	45.9	138.2	99.2	148.4
2003	182.1	133.7	146.2	34.5	26.4	14.7	2.4	12.5	24	45.5	32.2	130.9
2004	194.4	147.8	83.4	33.5	17	5.5	12.7	24.1	48.8	34.9	66.7	131.7
2005	78.3	178	79.4	19.8	8.2	1	1.5	4.1	9.3	111.7	86.6	119
2006	180.3	79.4	79.9	37.3	5.4	9.5	1.5	6.6	14.2	79.2	101.4	155.1
2007	133.6	84.2	160.1	46.3	24.4	2.5	4.2	1	37.6	47.5	76.8	100.7
2008	151.8	89.1	70.7	7.7	18.1	5.2	1.4	2.3	11	85.8	45.9	180.8
2009	130.8	130.7	58.7	17.5	10.4	1.1	5.5	1.2	21.6	46.7	126.6	121.3
2010	206.8	144.6	91.3	25.6	33.3	2.4	1.6	3.1	3.3	48.4	24.8	139.5
2011	101	166.1	100.5	40.8	21.7	5.6	11.7	3.2	40.5	79.2	46.1	165
2012	148.5	175.4	115.2	30	9.9	4.6	2.2	0.8	15.9	35.6	56.7	194
2013	174.1	171.7	103.6	22.4	42.7	19.9	3.8	8.3	16.7	106.8	52.4	177.9
2014	157.2	135.5	99	26	16.4	2.8	3.8	14.2	45.3	83.1	38	154.8
2015	193.3	106.8	114.7	60.3	30.7	9.6	7.3	7.9	46	41.4	70.3	167.8
2016	99.2	218	54.6	51.9	6.9	4.6	9.8	12.2	29.3	93.7	34.3	112.9
2017	114.9	111.2	152.6	48.8	109.8	3.9	11.4	2.4	80.6	83.7	70	103.1
2018	120.2	165.6	108.7	21.6	11.2	74	51.1	29.8	17.8	137.2	71.6	119.7
2019	128.8	130.7	112.1	34.7	39.6	5.3	4.1	0.7	6.3	84.4	112.8	167.4

Precipitación mensual de la subcuenca 657

A_657	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	220.7	163.8	171.1	81.3	14.4	2.9	1	24.4	35.7	72.9	90.9	195
1982	214.4	84.9	133.6	71.9	2.2	2.1	1.2	3.9	39.8	87.8	145.1	112.8
1983	117.6	93.8	90.1	56.4	19.8	2	1.3	1.7	8.8	21.5	37.3	134.5
1984	218	176.3	154.4	44.3	24.9	5.9	4	7.8	4.7	183.2	261.3	228.6
1985	153.8	161.2	152.7	133.3	49	20.7	0.8	1.2	56.8	24.9	159.8	223.9
1986	165.4	189.8	182.7	133	16.7	1	2.2	10.5	44.5	7.2	68	216.8
1987	202.6	95.2	73.3	39.9	8.1	3.3	29.5	4.1	7.4	29.8	142.7	165.5
1988	182.8	116.6	194.2	105.5	58.4	1.2	0.7	1	13.5	42.5	12.6	150.5
1989	189.6	127.1	134.1	77.9	22	8.4	1.3	37.8	35.7	36.9	54	135.4
1990	213.6	134.6	97.4	60.8	17	58.9	0.6	4	10.3	81.8	73	153.5
1991	155.4	110.2	104.2	45.4	39.1	36.5	0.9	1	8	39.3	41.8	111.7
1992	134	96.2	56.4	17	2	8.7	1	41.1	4.2	48.9	102.8	109.3
1993	217.3	92.9	134.9	93.6	3.6	11.7	3.2	27	27.3	83.3	132.1	193.2
1994	208	173.1	165	98.2	12.4	3.3	0.7	5	11.8	49.1	101.7	217.2
1995	140.1	124.4	148.6	42.4	13.1	1.8	2	0.8	10.7	32.7	108.5	149.7
1996	204.6	146	126.5	66.2	22.7	1.1	4.7	14.2	17.9	37.4	94.9	207.2
1997	179.9	193.7	224.5	55.9	14.5	1	2.9	25.3	30.9	50.7	147.5	163.8
1998	160.9	141.8	137.1	27.6	1.4	5.5	0.6	4.9	6.6	100.9	95	85.5
1999	137.2	178	177.7	108.7	19.2	3.7	1.3	0.8	37.7	48.5	37.1	152
2000	180.7	175.3	113	27.9	13.6	14.7	6.1	8.8	13.2	125.7	27.4	179.8
2001	274.9	158	139.4	60.5	59.9	2.9	10.5	12.5	20.6	56.9	54	103.1
2002	143.7	195.6	128.4	97.5	42.4	6.7	30.1	10.2	42.2	95.6	107.8	174.7
2003	198.6	161.6	175.7	55.2	27.1	11.4	1.7	16.5	15.6	35.7	34.4	185.5
2004	227.1	146.2	97.8	62.7	10.5	8.5	9	26.2	41.8	30.4	83.8	183.1
2005	91.6	196.2	117.2	43.1	6.4	0.9	1.6	4.6	4.9	78.6	94.6	146.6
2006	221.6	118.4	96.9	84.7	5.5	10.5	1	10.9	14.7	58.8	113.4	229.5
2007	151	107.4	190.8	86.9	18.5	1.9	6.5	1.6	32.4	49.5	87.7	127.6
2008	197.8	117	88.7	17.7	14.3	7	1.1	4	5.2	69.8	58.7	243.3
2009	140.1	146.9	83.9	40.3	8.4	1.1	4.7	1.7	20.1	39.6	137.5	185
2010	264.2	141.9	122.4	47.8	21.6	2.6	1.6	4.7	3	38	40.1	190.9
2011	129.8	191.2	136.9	95.5	22.8	8.1	11.3	4.5	40.5	50	54.7	219.6
2012	194.5	214.4	151.6	92.5	4.6	5.6	2	1.6	20.9	36.7	77.4	260.9
2013	230.1	179.3	110.6	30.8	31.2	20.1	3.2	13.6	5.7	72.5	81.8	261.7
2014	194.5	150.6	101.2	57.1	14.3	2.7	3.7	17.5	51.8	74.1	50.4	231.6
2015	221.2	121.7	137	127.4	17.4	5.8	10.6	11	31.4	38.9	80.8	258
2016	139.9	208.6	81.5	107.7	6.3	4	11.2	12.7	23.5	78.8	44.4	137.3
2017	179.9	147.9	175.5	81.1	86.9	3.5	8.1	3.5	57.3	71.9	108.1	161.2
2018	178.4	184.8	136	62.4	11.4	57.6	46.5	36.9	12.2	105.6	85.5	159.8
2019	162	159.6	134.7	64.4	35.8	5	3.5	1	4.7	72.1	146.9	259

Precipitación mensual de la subcuenca 676

A_676	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	166.9	119.4	106.3	52.5	4.7	1.5	0.4	15.6	29.6	67.8	74	121.4
1982	164.3	68.6	98	43.4	0.4	0.5	0.3	2	26.4	69.8	119	57.9
1983	105.7	71.3	75.7	33.7	8.3	0.8	0.6	0.2	4.6	13.2	32.9	74.2
1984	157.6	102.7	116.7	25.4	11.7	5.1	1	7.8	2.1	144.7	232.4	149.5
1985	137.1	151.8	115.9	106.1	19.1	12.4	0.2	0.4	36.5	17.9	136.7	166.1
1986	142.1	183.1	155.1	92.4	5.5	0.3	0.4	6.8	36.9	1.5	45.9	111.5
1987	142.1	75.5	37.1	30.9	3.4	2.1	23.3	1.3	1.6	21	115.1	101.8
1988	152.1	94.7	159.2	57.6	22.8	0.2	0.1	0.1	9.5	29	10.6	85.5
1989	157.9	134.5	99.6	57	5.2	5.1	0.7	21.2	26.1	22.9	45.1	74.9
1990	156	79.9	44.1	33.6	3.2	38.8	0.1	4.2	5.7	76	72.1	32.6
1991	140.9	83.4	89.9	31	5.9	9.2	0.4	0.4	7.4	16.3	35.4	70.1
1992	109.1	84.7	49.1	16.1	0.5	4.1	0.3	34.9	3.3	44.1	76.7	77.8
1993	185.5	81.1	105.2	60.2	1.9	5.6	1.1	17.9	15.2	72.9	116.9	108.8
1994	131.7	128	117.7	57.2	5.5	1.1	0.3	3.4	10.8	40.1	77.6	114.8
1995	89.7	91.1	118.8	18	2.3	0.5	0.5	0.1	9.3	21.2	76	102.6
1996	149.6	80.7	92.8	23	11.6	0.3	1	4	8.4	35.8	66.1	114.4
1997	159.8	157.8	176.3	15.4	4.4	0.2	0.4	13.5	20.1	45.5	126.2	77.7
1998	110.7	93.3	77.1	19.6	0.3	3.2	0.2	1.3	3.2	90.2	83.6	38.9
1999	105	139.5	144.5	56.3	5.1	1	0.4	0.1	22.8	44.5	46	64.7
2000	140.5	140.6	100.9	10.1	4.8	5.6	2.6	5.1	5.6	106.5	16.6	100
2001	191	120	135.4	33.8	30.8	1.8	5.4	2.7	12.8	48.5	53.8	72.3
2002	113.2	142.5	102.7	52.4	15.4	4.1	25	6.2	27.6	112.2	91.7	124.9
2003	187	122.6	134.6	51.1	9.7	8.6	0.7	7.8	15.1	29	26.6	101.2
2004	218.1	150.6	71.2	40.9	6	1.5	6.2	17.4	39	18.7	60.7	110.3
2005	61.9	169.2	73	29.7	1.8	0.2	0.2	3.3	4.8	78.2	72.2	88
2006	172.9	63.8	73.5	46.2	0.9	3.6	0.3	3.5	7.2	50.5	81.9	108.5
2007	122.2	71.2	162.3	61	10.9	0.8	1.2	0.2	28	25	74.1	75.4
2008	145.2	86.4	59.7	6	6.3	1.4	0.2	0.7	7	52.9	39.1	153.6
2009	116.1	112.3	63.7	19.7	4.4	0.2	2.6	0.5	13.4	27.6	114.7	104.5
2010	186.3	125	81.6	37.7	12.6	0.5	0.3	1.7	0.8	28.8	16.5	104.6
2011	94.1	162.4	95.7	49.4	6.4	1.6	7	1.6	24	51.5	47.3	121.4
2012	145.9	164.3	117.4	32.4	5.5	1	0.4	0.2	6.7	16.6	44.2	164
2013	145.7	161.8	94.4	30.9	13.9	8.6	1.7	5.3	13.7	72.3	44	142.2
2014	127.3	133.1	87.5	23.9	3.9	0.6	0.9	12.1	25.5	57	33.2	115.7
2015	174.9	91.9	86.1	61.7	10.9	3.4	2.3	3.7	33.7	36.2	66.8	149.2
2016	85	213.2	40.1	75.6	1.6	1.6	3.4	10	19	57.5	35.4	89.1
2017	111.3	88.6	123.4	68.4	43	0.7	5.9	0.7	54.2	54.7	55	74.5
2018	104.7	147	106.7	21.5	2.8	33.4	26.3	17.6	11.9	88	58.8	85.3
2019	111.9	108.2	103.9	41.9	16.2	1.7	2.4	0.1	3.8	59.4	100.1	110.1

Precipitación mensual de la subcuenca 682

A_682	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	169.3	101.4	75.2	59.5	13.1	5.8	1.7	30.9	41.6	84.8	64.4	161.1
1982	154	66.6	64	54.8	4.2	3.6	2.3	9.7	54.5	56	109.4	71
1983	122.8	69.1	56.8	50.2	28.5	7.1	4.2	3	20.6	20.3	39.7	100.6
1984	162.2	125.8	92.2	32.3	19.5	17.6	5.7	22.8	7.5	85.3	142.1	167.2
1985	136.9	91.7	77.9	83.3	37	15	1.3	6.2	51.6	37.1	130.8	185.3
1986	143.8	107.1	93.1	86.9	19.6	3	5	18.3	70.9	11.9	61.5	147.6
1987	123.4	69.1	47.7	37.6	14.1	6.5	39.3	7.6	11.3	44.6	108.3	119.3
1988	112.9	76.8	123.3	79.3	49.1	1.8	1	1.6	13.5	43.6	13	136.7
1989	135.8	96.4	69.7	56.5	12.2	16.9	2.5	26.5	38.2	28.8	38.4	88.1
1990	138.9	83	44	37.7	18.8	87.3	1.7	13.4	21.9	81.5	72.1	87.6
1991	128.9	81.2	75.7	40.5	20	36.1	3.1	2.9	19.4	36.7	42.2	103.8
1992	121.1	73.5	42.2	24.5	3.3	11.2	4	71.2	17.1	52.3	67.5	133.9
1993	137.3	72.6	76.2	74.9	19.3	4.5	5	29.2	28.5	61.2	99.4	172
1994	118.4	104.1	80.9	64	19.7	5	1.6	6.9	17.8	44.7	72.1	149.8
1995	83.9	86.4	90	17.8	13.2	3	3.6	2.3	16.5	25.7	70.9	139.3
1996	130.3	58.3	75.6	34.1	30.2	2.1	6.2	13.1	24.1	36.6	80.4	128.8
1997	128.4	101.8	119.7	47.6	22.4	2.6	2.4	22.7	35	41.2	107.9	121.4
1998	104.6	86.4	81.6	34.6	3.3	15.9	1.5	3.3	7.3	91.5	76.5	39.2
1999	85.2	92.5	98.4	61.2	17.8	5.6	2.4	1.6	43.4	42.6	45.7	90.1
2000	125.9	100.7	53.6	20.7	13	27.3	3.9	18	15.6	96.3	22.8	140
2001	163	71.9	119	45.6	60.6	4.4	10.5	15.1	22.8	64.5	74.1	94.9
2002	68.2	120.4	91.9	54.9	27.9	8.3	35.9	18	45.8	80.1	88.9	133.8
2003	142.9	90.5	98.1	50.7	16.4	17.1	2.5	22.7	23.6	40.2	37.1	122.1
2004	132.8	98.9	64.2	42.8	21.4	11.3	10.9	31.1	40.3	32.9	61	115.2
2005	82.1	126	53	24.8	7.9	1.5	1.3	7.8	16.3	68.3	66.9	146.7
2006	160.9	57.7	51.4	58.9	5.8	12.6	1.4	15.5	23.1	61	85.8	134.5
2007	112.5	59.9	101.9	54.1	29.6	3.7	5.8	2.6	35.5	37.4	64.7	105.2
2008	144.6	70.5	58.1	17	22	6.1	2.1	6.2	17.5	69.8	45.1	169.1
2009	116.7	91	45	24	11.9	1.3	4.1	1.9	23.3	33.8	98.9	114.5
2010	153.7	111.6	54.9	32.5	30.3	2.4	1.9	4.4	5.8	40.8	31.6	143.9
2011	85.5	112.1	55.2	38.1	11.2	8.8	8.4	6.8	64.4	64.1	31.4	154.4
2012	108.3	107.7	61.1	63.5	9.2	10.2	4.2	1	25.9	30.7	61.7	190.6
2013	150.6	116.4	89.8	41.4	39	13.4	5.2	12	28.2	97.9	49	182
2014	148.4	100.1	66.9	43.2	26.5	3.9	7.3	16.1	42.2	47.2	37.3	131.5
2015	164.1	91.4	81.8	84.3	31.2	8.7	9.2	23.1	45.9	39.6	65.1	140
2016	84.8	147.4	36.5	59	6.3	4.4	11.7	14.9	30.7	72.4	32.8	111.1
2017	95.8	91.2	104.4	66.4	76.1	4	8.6	7.6	78	63.9	54.3	111.7
2018	101.6	133.9	92.6	30.1	12	69.7	31	43.6	20.7	99.8	74.2	138.1
2019	112	110.1	73	51.7	36.4	4.8	3.1	2.2	5.3	54.8	85.6	177.5

Precipitación mensual de la subcuenca 710

A_710	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	187.3	120.2	129.7	66.7	3.5	1.7	0.1	16.2	30.4	55.3	80.3	131.6
1982	165.1	65.6	127.9	56.8	0	0.2	0	2.9	31.3	75.5	138.2	66.2
1983	106.1	67.1	71.2	48.8	5	0.8	0.2	0.2	7.3	16.4	36.9	91.2
1984	195.9	126.4	137.2	32.3	9	2.9	0.5	6.6	2.1	202.7	352.2	170.2
1985	155.5	143.2	155.9	141.9	14.8	14.8	0	0.6	40.4	16.7	164.9	191.6
1986	147.5	191.3	170.4	130.8	4	0	0.1	7.9	37.8	1.1	43.6	123.1
1987	152.5	58.2	38.3	34.4	2	2	20.2	1.7	1.3	16.7	111.6	101.9
1988	155.7	86.8	185.2	66.8	16.9	0	0	0.1	10.1	29.7	8.5	88
1989	171.2	108.2	120.7	60.7	3.3	3.4	0.8	23.9	29.2	20.6	44.9	76.9
1990	180.7	74.5	43.5	36.7	2.3	33	0.1	4.2	5.6	66.4	82.1	55.5
1991	159.9	79	88.1	31.8	6.5	13.1	0.3	1.3	8.1	15.3	39.7	68.3
1992	117.4	83.2	48.5	16.1	0	2.6	0	38.3	2.4	42.7	81.8	77.7
1993	208.3	68.8	121.5	61.2	0.9	8.5	0.5	19.5	24.1	72.4	145.5	104.9
1994	132.4	104	138.6	75.3	3.1	0.3	0	4.4	8.6	30.3	86.8	118.2
1995	101.6	87.4	132.2	25.8	1	0.1	0.1	0.2	7.7	18.5	90.7	108.8
1996	175.9	96.7	84.3	28	6.9	0.1	0.5	4.1	8	29.7	74.8	118
1997	173.7	157.2	195.1	17.3	2.2	0	0.1	14.2	23.8	41.6	150	101.7
1998	118.9	87.3	101.4	28	0	1.8	0	1.4	2.4	74.8	102.3	49.4
1999	106.3	138.2	150.8	85.5	4.4	0.3	0.1	0.1	26.8	44.4	44.8	64.4
2000	151.3	156.6	113.6	10.1	4.4	3.6	2.8	6.4	4.4	108.7	18.6	96.7
2001	228.2	106.7	124.4	39.8	21.5	1.7	3.6	4.5	13.3	39.7	43.1	88.2
2002	148.2	147.4	92.3	67.3	15.4	4.2	18.9	7.9	28.3	108.9	105.2	124.4
2003	203.7	110.1	154.7	53.6	7.1	6.9	0.2	8.5	16.7	26.7	31.2	118.6
2004	250	134.4	81.7	47	3.2	1.1	5	17.1	48.5	17.5	76.6	129.8
2005	70	174	100.4	35.5	0.5	0	0	4.1	4.8	81.6	86	86.2
2006	188.6	63.1	96.2	50.4	0.1	2	0	3	6.4	54	91.7	131.1
2007	123.9	67.9	178.4	77.2	8.4	0.2	0.6	0.4	32.3	21.7	84.7	87.3
2008	167.7	93.4	62.7	6.7	3.2	0.9	0	0.7	5	47.1	49.7	175.3
2009	112.7	107.7	84.1	32.6	3.3	0	1.5	0.4	19.4	27.7	123.7	118.4
2010	206.2	113.4	89.2	54.3	11.3	0.1	0.1	1.2	0.5	26.1	25.9	97.9
2011	95.7	155.9	117.7	63.5	6	1.6	7.2	1.7	22.6	40.1	71.4	134.6
2012	158.9	150.8	150	57.8	4.1	0.2	0.3	0.3	5.8	16.5	54	175.2
2013	157.9	143.3	112.5	32.5	9	9.6	1.6	6.6	11.8	62.7	53.8	165.4
2014	139.9	123.5	89.2	24.8	1.6	0.1	0.6	12.3	28.9	69.2	47.2	123.6
2015	183.1	80.7	91.7	81	5.1	1.5	3.5	3.3	35.8	33	70.9	160.9
2016	88.9	179	43.5	94.8	1.1	0.9	2.5	9	18.4	50.5	49.1	91.8
2017	113.8	72	132.7	65.4	31.6	0.1	6.5	0.4	50.2	46.6	69.5	86.3
2018	116.3	130.8	125.6	29.9	1.2	28.9	24.2	16.1	11.7	73.2	58.4	80
2019	131.7	110.4	119.7	45.1	12.3	0.9	1.8	0.1	4.1	50.2	119	110.4

Precipitación mensual de la subcuenca 713

A_713	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	160.2	114.1	92	64.6	4.6	2.3	0.3	17	24.7	96.2	74.7	124.4
1982	123.7	80.2	80.3	54.5	0.7	0.7	0.4	3.4	32.8	74.2	125.8	54.9
1983	96.2	72.1	69.2	41.1	9.3	1.3	0.9	0.5	7.5	19.1	37.1	78.9
1984	172.1	132.5	110.1	29.5	10.6	5.3	1.5	10.9	1.7	123.4	226.9	145.3
1985	126.4	134.6	92.2	118.7	17.8	10.3	0.1	1	24.4	27.4	165.8	156.5
1986	125.8	132.4	144.8	104.4	6.6	0.6	0.4	6.9	35.5	4.5	62.6	128.6
1987	132.9	85.8	46.4	43.1	4.9	3.1	23.4	2.8	2.9	36	113.6	93.4
1988	142.3	91.6	159.3	77.7	21.8	0.4	0.1	0.4	7.6	45.3	14.6	100.7
1989	154.4	130	99.6	65.4	4.7	6.2	0.3	17.6	21.8	26.5	47	80.4
1990	142.2	69.8	52.2	42.6	4.8	45.5	0.1	5.5	8.4	102.4	93	47.5
1991	122.1	90.1	102.5	40.5	7.3	11.9	1.1	0.6	10.1	26.3	45.8	80.2
1992	108.7	84.6	52.2	19.9	0.5	4.4	0.5	40.4	5.4	55.9	84	84.5
1993	154.4	76.5	111.4	80	5.4	2.5	0.9	14.4	15.2	82.1	130.5	126.8
1994	134.9	153	114.1	63.3	5.2	1.2	0.2	3.1	10.7	49.3	81.9	112.5
1995	77.7	94.6	118.8	15.8	2.7	0.6	0.6	0.3	7.6	28.1	87.1	108.3
1996	141.5	70	115.8	25.4	15.6	0.5	1.1	4.6	10.3	41.1	87	98.7
1997	146.1	157	156.1	26	6.4	0.4	0.3	14.8	20.4	54.6	150.3	83.1
1998	106.4	96.4	86.2	27.6	0.5	5.9	0.1	1	3	92.5	90.1	29.3
1999	100.7	98.2	138.9	56.7	6.2	1.3	0.4	0.2	23.2	66.5	49.5	55.6
2000	140.8	121.5	83.5	12.2	4.5	9.1	1.3	8.8	5	118	18	92.7
2001	186.5	112.5	178.6	34	30.7	1.7	4.4	3.8	10.4	65.6	63.6	93.4
2002	94.5	142	145.1	56.4	13.4	3.5	19.2	6.5	22.9	146.8	100.7	139
2003	168.2	115.5	134.9	63.5	7.7	9.4	0.7	7.8	12.4	39.7	36.4	107.1
2004	194.5	143.1	70.5	41.3	8.4	1.5	4.8	18.3	31.9	22.6	67.9	95.8
2005	57.9	162.9	72.3	32.6	1.8	0.3	0.2	3.7	6.4	83.9	74.2	89.8
2006	169.5	50.5	70.3	49.5	1	3.9	0.2	3.5	9.1	61.7	87.6	94.9
2007	106.5	67	169.8	70.1	10.9	1.1	0.9	0.4	29.7	28.7	76	77
2008	124.2	88.9	60.7	6.2	6.9	1.1	0.2	0.8	10.5	67.9	49.3	152.5
2009	119	107.1	69.4	25.1	3.6	0.3	1.8	0.3	11.7	36.6	118.6	100.1
2010	171.9	126.3	82.3	39.1	12.4	0.6	0.3	1.4	0.7	37.5	23.2	102.6
2011	88.4	166.3	77.3	48.8	3.5	1.1	5.4	1.6	31.1	69	51.2	109.7
2012	123.7	143.6	104.6	39.1	4	1.2	0.2	0.6	7.1	19.2	48	155.7
2013	132.1	165.2	102.1	40.7	16.5	6.5	2.5	6.1	15.8	94.9	50.4	143.3
2014	127.9	117.6	85.9	33.1	5.7	0.7	1.8	12.5	22.3	63.4	35.5	107.1
2015	167.3	96.6	86.1	76.6	10.5	3.4	1.6	6.2	32.1	50.5	71.9	134.7
2016	86.1	225.8	41.1	76.4	1.8	1.8	5.4	10.1	18.8	67.2	41.8	86.8
2017	100.3	80.1	122.8	67.8	41.1	0.7	5.5	1.1	52.5	62.4	52.8	67
2018	101.7	143.2	125.3	26.1	2.4	34.3	20.2	15.6	9.2	108.6	55.7	87.6
2019	102.2	97.4	106.4	55	18.4	1.8	1.4	0.3	3.5	75.9	106.9	108.8

Precipitación mensual de la subcuenca 675

A_715	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	122.7	111.4	85.1	62.1	3.3	1.8	0	13.7	20.4	64.9	59.2	128.6
1982	80.4	75.2	66.7	49.4	0.1	0.1	0	3	30.7	70	117.8	62.1
1983	65.7	59.3	44	37.3	5.5	0.7	0.3	0.1	8.1	17.2	29.4	87.4
1984	163.1	143.4	105	25.7	7.6	3	0.6	8.5	0.9	107.5	223.8	168.6
1985	118.5	139.1	82.8	136	13.3	9.8	0	0.5	17	19.3	163.3	169
1986	95.3	122.5	130.5	90.8	4.8	0	0	5.6	32	2.9	54.7	137.7
1987	117.7	82.4	41.4	40.3	3.5	3	19.2	2.9	2.2	27.6	94.1	93
1988	120.7	84.9	159.2	76.5	17.7	0	0	0.1	6.5	36.3	11.8	107.3
1989	121.9	100.8	88	61.7	2.9	3.5	0.2	15.3	17.4	15.7	38	87.4
1990	134.6	75.4	48.5	34.6	3.6	25.9	0	4.7	7.3	78.8	79.4	65.6
1991	99.9	86.7	98.7	35.3	6.2	10.8	0.8	0.7	9.5	21.3	36.5	84.8
1992	91.3	79.2	39.9	18.4	0.1	2.6	0	35.3	3.5	40.6	64.4	94.6
1993	138.6	61.2	102	57.9	4.5	1.6	0.1	10.7	14.9	59.3	114.9	133.3
1994	108	155.4	94.5	57.4	1.9	0.2	0	2.8	8.1	32.8	65.4	116.5
1995	63.4	82.9	96.1	10.7	0.6	0	0	0	5.3	19.7	78.3	112.1
1996	120.9	73.5	101	19.1	11.9	0.1	0.4	2.7	7.6	33.5	65.1	101.8
1997	137.9	152.1	139.3	19.5	3.7	0	0	12.7	19.1	41.3	127	102.8
1998	85.9	83.4	68.5	26.1	0	4.5	0	0.2	1.9	66.6	73.3	32.6
1999	83.1	92.5	123.9	59.1	3.9	0.3	0	0	19.8	57.4	38.1	50.3
2000	119.2	120.9	70.5	8.8	3.3	5.3	0.6	10.2	1.4	90.5	14.4	89.3
2001	173.7	103	138.8	24.7	19.9	0.7	2.8	3.5	6.4	43.5	42.1	122.5
2002	92.3	138.9	120.3	52.5	10.4	2.4	14	5.8	17	127.8	84.2	168.2
2003	150.3	107.2	112.3	54.6	5.4	6.8	0.1	5.3	8.4	30	33.9	126
2004	184	126.6	58.9	33.3	4.9	0.4	3.1	14.3	30.6	13.4	59.4	102.4
2005	43.3	162.2	71.5	31.7	0.4	0	0	3.5	4.5	65.7	55.7	95.1
2006	158.4	47.8	70.3	33.3	0.2	1.6	0	1.8	6.6	48.5	66.9	97.2
2007	86.1	59.9	155.6	74.3	7.1	0.4	0.2	0.1	30.4	18.7	65.3	84.8
2008	107.3	90.3	47.2	2.9	3.6	0.2	0	0.1	9.4	48	44.4	182.4
2009	95.3	100.3	67	24.3	1.3	0	0.7	0	9.2	27.2	98.6	115.1
2010	146.3	115.8	64.2	39.6	8	0.1	0	0.5	0	27	20.1	104.5
2011	75.2	164.1	68.6	38.2	1.5	0.3	4.6	0.4	26.9	47.1	47.1	109.9
2012	107.8	128.8	99	38.8	1.6	0.2	0	0.6	4.4	12.2	35.7	157.7
2013	97	147.8	93.5	35.4	11	5.5	2.2	5.9	12.8	64.9	44	166.1
2014	98.3	107.9	71.5	27.3	3	0.1	1.5	12.8	18.5	58.3	34.3	117.2
2015	126.6	85.4	66.9	70.6	5.2	1.3	1.4	4.4	27.9	43.5	63	145
2016	74.1	221.1	33.7	73.9	1	1	4.3	8.6	15.3	50.8	40.2	90.9
2017	80.2	62.1	102.6	56.3	31.7	0.1	4.9	0.2	45.9	43.5	40.8	67.4
2018	84.6	125.8	118.7	24.9	0.9	25.4	16.4	8.4	6.5	74.8	31.7	85
2019	86.1	89.4	99.6	50.8	14.4	0.9	0.8	0	3.1	61.3	94.8	111.5

Precipitación mensual de la subcuenca 719

A_719	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	148.7	105.2	76	65.3	6.6	2.4	0.3	19.8	37	91.1	60.6	114.8
1982	104.8	89.7	58.9	62.7	1.3	0.4	0.6	5.4	55.3	66.9	117	55.6
1983	81.1	66.4	47.5	48.6	11.9	1.2	1.5	0.9	16	19.5	32.5	81.8
1984	171.2	161.2	89.2	31.6	15.5	4.3	2	14	2	102.2	186.3	129.6
1985	117.6	130.4	73.3	114.8	22.6	7.1	0.2	2.2	32.5	31.8	161.6	148.8
1986	98.8	126.1	102.1	110.9	10	0.3	0.9	8.9	51.2	8.9	70.2	132.4
1987	117.1	82	42.9	41.6	7.6	2.7	27.5	5	5.5	47.3	102.8	74.2
1988	116.7	78.7	129.8	85.2	28.8	0.2	0.2	0.9	9.4	49.5	12.1	109.6
1989	137.1	108.2	79.2	69.6	6.1	5.6	0.4	16.3	30.4	25.3	40.5	72.5
1990	129.7	63.6	42.9	42.6	8.8	41.6	0.2	6	16.2	103.4	83.6	68.8
1991	107.9	94.5	96.9	41.3	12.3	19	2.5	1.1	15.1	29.6	49.7	80.7
1992	100.5	79.3	40.4	21	0.9	3.5	1.4	51.4	10.2	57.3	74	82
1993	138.7	70	84.9	81.9	11.9	1.2	1.1	14	22	77.2	121.1	123
1994	120.7	143.9	87.5	70.3	8.7	1.3	0.2	2.2	13.4	42.4	69.4	100.8
1995	72	104.5	99.2	12.7	4.4	0.2	0.9	0.4	8.6	26	79.8	99.2
1996	122.3	65.5	92.9	27.5	23.5	0.2	1.4	5.3	16.9	33.5	90.1	87.9
1997	132.9	134.2	125	47.5	8.4	0.2	0.6	17.4	30.6	53.6	136.9	74.8
1998	94.1	99.5	72.3	30.6	0.9	6.8	0.2	1	3.6	77.2	84.5	24.3
1999	95.2	79.2	113.1	50	12.1	0.7	0.6	0.3	38.2	64.9	42.8	50.9
2000	129.4	118.8	60.6	12	6.7	11.5	0.9	12.2	8	113.6	15.6	86.1
2001	169.2	115.3	151.5	31.5	44.2	1.5	4.2	5.9	15.1	66.5	57.2	96.6
2002	83.7	136.8	119.9	55	18.1	2.2	18.6	6.7	29.3	152.2	81.2	122
2003	140.9	111.5	102.3	63.4	8.5	7.9	0.9	9.1	18.1	42.3	35.8	99.8
2004	173.4	126.9	58	41.3	12.5	1.2	4.3	20.2	37.2	20	64.9	81.7
2005	52	155.7	54.5	30.2	2.9	0.2	0.4	4.2	12.1	68.6	62.9	86.5
2006	143.6	43.4	48.5	47.9	2	3.8	0.2	3.7	17.2	59	78.6	85.3
2007	90.8	61.1	135.8	75.9	19.5	1	1.1	0.5	48.9	26.8	68.1	73.3
2008	99.7	89.5	49.8	5	8.8	0.6	0.2	0.8	16.3	65.3	52	142
2009	98.9	99.8	58.5	22.2	5.5	0.2	1.9	0.3	17.2	36.6	97.6	94
2010	144.4	117.9	67.9	37	17.8	0.3	0.5	1.3	1	39.4	24.4	96.2
2011	73.9	162.6	53.6	41.4	3.8	0.6	5.5	2.9	51.9	66.8	44.4	103.9
2012	99.5	132	78	42.4	5.6	0.7	0.2	1.4	10.3	20.1	43.9	138.7
2013	99.9	156.7	85.7	40.3	27.8	4.5	4	8.1	25.2	90.4	47.3	134.7
2014	116	107.4	64.3	37.6	9.8	0.4	3.3	14.1	33.1	59	31.6	101.2
2015	145.3	95.6	62.9	77.6	13.2	2.4	1.7	10.1	46.7	55.9	61.4	119.8
2016	70.6	205.3	29.7	64.8	2.6	1	9.1	10	27.8	62.5	39.3	83.5
2017	87.9	71.2	96.5	60.1	55.3	0.5	6.3	1.7	74.5	63.6	45.5	61.4
2018	82	136.5	101.3	29.9	3.4	30.1	20.6	15.4	11.7	109.4	50.5	88.5
2019	86.4	96.8	80.6	58.3	23.5	1.6	1.4	0.4	5.4	78.7	96.1	101.8

Precipitación mensual de la subcuenca 733

A_733	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	149.9	97.1	97.6	55	3.7	1.7	0.2	21	29.7	88.6	55.8	104.7
1982	87.3	82.9	58.9	54.5	0.5	0	0.5	5.6	55.5	77.1	117.9	51.8
1983	69.9	51.1	39.2	40.2	5.7	0.6	1.3	0.6	20.8	25.6	29.4	76
1984	192.1	178.4	103.9	28.1	12	3.2	1.8	10.3	1.2	95.6	178.2	131.3
1985	130.8	137.7	84.7	116.5	12.3	7.1	0.1	1.8	25.5	29	169.1	136.8
1986	100	131.2	116.7	93.5	5.3	0	0.4	10.2	52.6	9.4	70.2	123
1987	136.5	77.2	47.3	35	5.8	2.3	28.7	6.6	6	51.7	103.2	61.5
1988	123.5	69.5	140.7	78.9	26.2	0	0.4	0.6	6.5	52.3	11.8	106.4
1989	139.1	81.6	81.7	61.1	3.9	3.8	0.4	14.3	24.7	21.9	37.6	64.4
1990	138.4	66.8	45.9	31.5	7.9	27.1	0.1	6.1	16.7	105	78.5	88.3
1991	110.4	94.8	106.4	32.5	11.5	20.3	2.8	0.9	13.9	33	48.4	74.6
1992	108	69.4	39.5	15.4	0.3	2	1.1	53.1	8.1	56.5	66.6	76.3
1993	149	57.8	93.3	59.7	11.8	0.6	0.5	10.8	23.9	67.8	114	118.9
1994	117.7	142.2	86.4	64.6	4.8	0.5	0	1.8	9.5	35.5	63.1	89.9
1995	78.2	98.4	106.6	8.3	2	0	0.6	0.3	7.2	25	80.1	89.6
1996	127.8	58.9	107.8	16.1	15.6	0	1.1	4.1	15.3	33.2	76.5	76.9
1997	153.1	126.7	140.8	38.9	4.1	0	0.4	14.7	33	50.3	133	71.9
1998	100.3	85.7	70.6	31.3	0.3	6.6	0.1	0.3	2.5	70.2	76.3	21.5
1999	96.8	73.8	118.2	46.3	8	0.2	0.4	0.1	39.1	71.3	37.8	35.2
2000	143.7	111.5	56.3	7.4	5.8	9	0.6	14.8	4	116.7	12.5	70.7
2001	189.4	104.7	146.5	18.4	29.9	0.8	3	5.8	11.5	64.5	47.1	115.1
2002	91.2	133.2	119.5	51.3	12.8	1	17.1	4.5	22.5	170	73.2	122
2003	156.3	96.8	107.4	49.6	6	6	0.7	6.1	14.9	41.1	38.8	94.8
2004	203	110.2	62.2	31.2	7.9	0.6	4.2	17.4	36.9	14.3	63.8	67.4
2005	55.7	148.8	65.6	25.4	1.4	0	0.3	3.7	12.3	67.4	53.7	82.1
2006	157	37.4	54.8	27.7	0.9	2	0.1	2.3	16.7	62.3	69.4	72.8
2007	91	55.8	145.6	75.4	14	0.5	0.9	0.5	57.5	23	65.6	70.3
2008	103.4	84.3	44.8	1.5	4.4	0	0.1	0.3	16.3	58.7	52.9	139.8
2009	92.9	92.7	68.5	17.1	2.2	0	1.6	0	15.7	36.5	91.1	89.1
2010	144.4	112.1	63.8	33.4	12.1	0	0.4	0.4	0.3	34	22.8	85.6
2011	79.1	158.7	56.9	16.2	2.3	0	6.1	1.4	56.4	63	46.2	94.5
2012	108.7	115.7	86.8	41.5	1.8	0	0	1.8	6.2	20.9	37.3	118.6
2013	94.9	143.3	105.2	32	21.5	4.3	4.9	9.3	23.4	77.5	46.2	131.6
2014	113.9	91.3	62.9	30.1	5.2	0	4.5	17.1	30.1	63.6	34.4	90.4
2015	140.9	82.4	61.5	61.8	6.7	1	2.3	8.3	45.6	60.2	56.4	104.5
2016	80.2	193.9	26.9	56.9	1.3	0.5	11.5	9.4	25.8	55.3	38.2	77.5
2017	86.8	56.6	102.1	46	41.7	0.1	7.5	0.6	70.2	59	38.5	52.1
2018	89.3	115.1	116.2	26.7	2	22.1	22	6.5	8.7	104.4	34.9	77.3
2019	93.1	87.8	84.3	53.6	20.3	0.7	1.1	0	5.7	87.5	92.1	84.9

Precipitación mensual de la subcuenca 781

A_781	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	167.4	117.8	152.5	68.4	2.2	1.4	0.2	24	20.2	78.3	62.1	121.3
1982	101.7	69.9	93.5	54.7	0.2	0.2	0.4	5.7	50	83.3	113.4	53.9
1983	65	44.6	47.5	39.8	3.1	0.7	0.8	0.5	22.4	27.1	25.5	79.1
1984	216.9	182.9	130.5	28.7	9.7	3.8	1.4	7.7	0.9	91.5	174.6	147.8
1985	145.9	170.4	97.1	133.7	6.2	16.9	0.2	2.6	19	24.9	166.2	159.7
1986	135.5	188.7	168.7	90.5	2.9	0.1	0.4	16.5	45.8	9.3	59	129
1987	162.9	65.3	62.6	33.5	3.8	3	28.1	7.9	5.1	39.2	102.3	65.7
1988	149	69.2	173.9	85.1	27	0.1	0.5	0.4	4.3	49	9.4	111.5
1989	135.6	76.4	95.8	61.3	2.6	4.4	0.7	16.3	16.9	18.2	35.4	64.7
1990	148	69.6	51.4	28.4	6.3	42.7	0.2	7.7	14	96.3	73.1	100.5
1991	132.3	99.4	127.2	33.3	12	29.6	2.5	1	13.1	33.8	44.7	74.8
1992	123.8	72.8	41.8	14.8	0.1	2.6	1	57.1	4.9	46.8	59.2	85.2
1993	164.8	54.4	112.7	56.9	9.1	1.8	0.3	15.4	20.3	51.9	100.9	124.2
1994	124.1	158.4	108.4	79	3.3	0.4	0.2	2	6.4	26.3	63.3	94.2
1995	86.8	94.8	114.2	8.4	1.7	0.2	0.4	0.5	7.4	20.3	79	105.8
1996	150.5	54.2	99	15.7	9.2	0.2	0.8	5.6	14.4	33.1	60.9	86.5
1997	168.9	128.6	161.2	33.9	2.1	0.1	0.2	18.1	30.9	40.9	121.4	86.7
1998	109.5	91.1	91	38.2	0.1	6.7	0.2	0.4	1.9	59.2	71.9	27.1
1999	95.2	84.2	133.4	63.3	6	0.4	0.4	0.4	32.9	69.8	35.6	35.5
2000	159.5	110.3	75.5	6.6	6.1	9.2	0.5	15.3	3.2	104.5	11.3	79.9
2001	224.8	140.6	149.4	18.2	20.1	1.4	2.2	6.3	8.3	54.7	40.7	116.1
2002	104.6	152.7	116.1	59.7	10	1.3	19.3	4.8	19.5	140.8	69.5	130.3
2003	182.3	92	132.7	37.7	6.1	7.4	0.4	5.7	13.8	30.4	43.3	101.2
2004	217.9	117.4	88.2	34	4.9	1.8	5.9	21.1	35.6	9.6	57.4	72.8
2005	71.8	154.3	84.8	27.6	0.5	0.1	0.2	4	12.6	69.5	60.6	99.4
2006	171.3	47.2	75.8	25.8	0.3	2	0.2	2.4	14	59.3	67.5	80.8
2007	88.6	58.5	175.7	88.6	9.7	0.8	1.2	1	47.2	20.2	66.2	73.3
2008	140.2	78.1	54.2	1.1	2.4	0.4	0.2	0.6	11.3	50.2	45.7	149.9
2009	78.7	109.3	98	14.4	0.7	0.1	1.8	0.2	11.3	33.8	89.2	101.2
2010	149.7	129.9	66.9	33.6	9	0.1	0.3	0.4	0.1	26.2	21.6	96.4
2011	86.6	166.9	74.5	10.2	2.8	0.3	7.3	1.2	42	54.1	47	127
2012	123.6	128.6	107.8	53.8	0.4	0.1	0.1	2.9	3.1	20.5	35.4	135.2
2013	115	137.7	130.8	30	17.9	9	5.1	11.9	17	60.2	42.8	140.9
2014	122.1	88.1	70.7	28.7	2.8	0.2	5.4	24.7	27.5	57.4	38.8	90.3
2015	149.7	77.6	78.4	72.7	3.9	1.3	3.9	7.9	39.3	53.8	54.5	103.5
2016	87.4	180.3	29.7	69.6	0.7	1	10.9	10.4	17.8	42.2	32.3	79.4
2017	80.9	77.4	116.1	49.3	32.6	0.3	9	0.5	59.1	58.8	40.9	63.8
2018	109.3	113.8	140.7	33.4	2.5	25	23.1	4.4	7.3	85.4	31.6	73.7
2019	109.9	102	102.4	55.6	19.7	1.1	2.5	0.1	6	81.3	91.3	85.4