

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA



IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS
METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO ZARUMILLA
(1981- 2020) MEDIANTE ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola

PRESENTADO POR:

Bach. Midward Jhayr Aleman Olivos

TUMBES, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA



IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS
METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO ZARUMILLA (1981-
2020) MEDIANTE ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué (Presidente)

Código ORCID: 0000-0002-5008-8085

Dr. Eber Gines Tafur (Secretario)

Código ORCID: 0000-0003-0366-4438

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Vocal)

Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

TUMBES, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA



IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS
METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO ZARUMILLA
(1981- 2020) MEDIANTE ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma.

Br. Midward Jhayr Aleman Olivos (Autor)

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Asesor)

Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

TUMBES, 2024

CERTIFICACIÓN

Dr. Ing. José Modesto Carrillo Sarango

Docente principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la facultad de ciencias agrarias, departamento de Ingeniería Agrícola.

CERTIFICA:

Que la presente Tesis: **“IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO ZARUMILLA (1981- 2020) MEDIANTE ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES”**, elaborada por el bachiller en Ingeniería Agrícola Midward Jhayr Alemán Olivos, ha sido asesorada y revisada por mi persona.



Dr. Ing. José Modesto Carrillo Sarango
Asesor de Tesis



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA**



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los nueve días del mes de Setiembre del dos mil veinticuatro, siendo las 14 horas, en el aula virtual 3, de la Facultad Ciencias Agrarias, se reunieron el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, designado por **RESOLUCIÓN N°172-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D**, **Dr. Napoleón Puño Lecarnaque** (Presidente); **Dr. Eber Ginés Tafur** (secretario) **Dr. José Modesto Carrillo Sarango** (Vocal), reconociendo en la misma resolución, al **Dr. José Modesto Carrillo Sarango** como **Asesor**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: "**Identificación y caracterización de sequía meteorológicas en la cuenca del Río Zarumilla (1981-2020) mediante análisis de precipitaciones**", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, presentado por el **Bach. Midward Jhayr Aleman Olivos**. Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: **Bach. Midward Jhayr Alemán Olivos** A.P.R.O.B.A.D.O. por UNANIMIDAD, con el calificativo Sobresaliente. Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda Expedito para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrícola, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes. Siendo las Quince horas y Diez minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 09 de Setiembre 2024

Dr. Napoleón Puño Lecarnaque DNI N° 00225904 CODIGO ORCID: 0000-0002-3008-8085 Presidente	Dr. Eber Ginés Tafur DNI N°: 17542075 CODIGO ORCID: 0000-0003-0366-4438 Secretario
Dr. José Modesto Carrillo Sarango DNI N° 00223850 CODIGO ORCID: 0000-0002-0841-3084 VOCAL	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)
JMI/JCO

Midward Jhayr ALEMAN OLIVOS

MIDWARD JHAYR ALEMAN OLIVOS.docx

 TESIS MIDWARD ALEMAN OLIVOS
 TESIS MIDWARD ALEMAN OLIVOS
 Universidad Nacional de Tumbes

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:2983896940

Fecha de entrega

15 ago 2024, 10:29 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

28 ago 2024, 11:03 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

MIDWARD_JHAYR_ALEMAN_OLIVOS.docx

Tamaño de archivo

6.1 MB

105 Páginas

14,139 Palabras

79,047 Caracteres

Fuentes principales

- 21%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	7%
2	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	2%
3	Internet	repositorio.unap.edu.pe	1%
4	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	1%
5	Internet	hdl.handle.net	1%
6	Internet	repositorio.unh.edu.pe	1%
7	Internet	repositorio.ana.gob.pe	1%
8	Internet	dspace.utpl.edu.ec	1%
9	Internet	www.scielo.org.mx	0%
10	Internet	www.researchgate.net	0%
11	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	0%



12	Internet	docplayer.es	0%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Hermilio Valdizan	0%
14	Internet	issuu.com	0%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes	0%
16	Publicación	IVAN RIOS GARCIA. "Incorporación de los efectos de erupciones volcánicas en mo...	0%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	0%
18	Internet	fdocuments.ec	0%
19	Internet	livrosdeamor.com.br	0%
20	Publicación	OPCIONES SOSTENIBLES S.A.C.. "EIA-SD para Ampliación y Mejora Tecnológica de ...	0%
21	Internet	ri.agro.uba.ar	0%
22	Internet	www.unccd.int	0%
23	Internet	documents.mx	0%
24	Trabajos del estudiante	Universidad de Piura	0%
25	Trabajos del estudiante	Universidad de Guayaquil	0%

26	Internet	mriuc.bc.uc.edu.ve	0%
27	Trabajos del estudiante	Corporación Universitaria Remington	0%
28	Internet	www.redalyc.org	0%
29	Publicación	Nicolas Pécastaing, Jose Cortez, Juan Salavarriga. "The effects of El Niño events o...	0%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%
31	Internet	cdn.www.gob.pe	0%
32	Internet	axioma.pucesi.edu.ec	0%
33	Internet	revistacienciasociales.ucr.ac.cr	0%
34	Internet	up-rid.up.ac.pa	0%
35	Internet	www.slideshare.net	0%
36	Internet	es.wikipedia.org	0%
37	Internet	core.ac.uk	0%
38	Internet	www.clubensayos.com	0%
39	Internet	repositorio.espe.edu.ec	0%

40	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	0%
41	Internet	repositorio.unac.edu.pe	0%
42	Internet	www.marn.gob.gt	0%
43	Publicación	LUCAS PUJOL REIG. "Predicción de caudales en tiempo real en grandes cuencas ut...	0%
44	Internet	gmu.ayuncordoba.es	0%
45	Internet	www.youtube.com	0%
46	Internet	rcta.unah.edu.cu	0%



DEDICATORIA

A Dios:

Pues reconozco que la sabiduría viene de él y que todo esfuerzo será siempre bien recompensado.

A mi novia:

Que tengo el placer que sea mi compañera, gracias a su apoyo he podido concluir con mi tesis, pues por el apoyo y esfuerzo que compartimos día a día podemos lograr nuestras metas.

A mi Mamita:

Aunque ahora me cuidas desde el cielo, quiero agradecerte profundamente. Tu amor, tus enseñanzas y tu ejemplo de vida han sido una fuente inagotable de inspiración y fortaleza para mí.

A mis padres:

Se los dedico como símbolo de gratitud y amor por ser los autores principales de mi vida, por sus consejos, por su amor, por darme el apoyo incondicional permanente ya sea moral como económicamente, permitiendo seguir realizándome como profesional.

A mi familia:

Se los dedico especialmente a todos ellos, pues son quienes me han dado su amor incondicional y han estado tanto en los momentos difíciles y alegres para mí.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la sabiduría y por brindarme realizar este proyecto satisfactoriamente. Así mismo agradecerle por los conocimientos y alcances que nos da para comprender.

También quiero agradecerles a mis padres por haberme permitido tener mis estudios universitarios en esta prestigiosa institución donde los docentes nos dan el impulso y no nos permiten desfallecer ante las adversidades y de igual forma por brindarnos las herramientas suficientes para elaborar un proyecto de calidad.

Agradecer a mi asesor Dr. José Modesto Carrillo Sarango quien fue mi guía y mentor en este proyecto compartiendo sin reproches sus conocimientos y amistad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
CAPITULO I	21
1. INTRODUCCIÓN.....	21
CAPITULO II	22
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	22
2.1. ANTECEDENTES.....	22
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. Hidrología.....	24
2.2.2. El ciclo hidrológico	24
2.2.3. Cuenca hidrográfica	25
2.2.4. Definición de río	25
2.2.5. Precipitación.....	25
2.2.6. Clasificación de las precipitaciones.....	26
2.2.7. Medición de las precipitaciones	27
2.2.8. Sequía.....	27
2.2.9. Clasificación de la sequía.....	28
2.2.10. Caracterización de la sequía.....	30
2.2.11. Índices de sequía	31
2.2.12. Índice de precipitación estandarizado	31
CAPITULO III	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. DESCRIPCIÓN DEL AMBITO DE ESTUDIO	34
3.1.1. UBICACIÓN GEOPOLÍTICA	34
3.1.2. UBICACIÓN GEODÉSICA.....	34
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	36

3.2.1.	MATERIALES	36
3.2.2.	EQUIPOS.....	36
3.2.3.	SOFTWARE.....	37
3.3.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	38
CAPITULO IV.....		54
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1.	RESULTADOS	54
4.2.	DISCUSIÓN.....	83
CAPITULO V.....		86
5.	CONCLUSIONES.....	86
CAPITULO VI.....		88
6.	RECOMENDACIONES.....	88
CAPITULO VII.....		90
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
CAPITULO VIII.....		92
8.	ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los períodos húmedos y de sequía según el valor del índice SPI.	33
Tabla 2. Ubicación Geopolítica de la cuenca del Río Zarumilla	34
Tabla 3. Ubicación Geodésica de la cuenca del Río Zarumilla	34
Tabla 4. Estaciones Meteorológicas en estudio	40
Tabla 5. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación Matapalo	46
Tabla 6. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación Papayal	47
Tabla 7. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación El Tigre	47
Tabla 8. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación El Salto	48
Tabla 9. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación El Salto	49
Tabla 10. Estaciones analizadas en la zona de estudio	56
Tabla 11. Resultados de la prueba CUSUM para las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro	59
Tabla 12. Resultados del Test de Mann-Kendall para las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro	60
Tabla 13. Evaluación de la Homogeneidad Regional mediante el Método del Vector Regional (MVR)	61
Tabla 14. Áreas de Cuenca del Río Zarumilla por Estación	64
Tabla 15. Caracterización del SPI 3 - Estación Matapalo	73
Tabla 16. Caracterización del SPI 3 - Estación El Tigre	74
Tabla 17. Caracterización del SPI 3 - Estación Papayal	74
Tabla 18. Caracterización del SPI 3 - Estación El Salto	75
Tabla 19. Caracterización del SPI 3 - Estación Puerto Pizarro	75
Tabla 20. Caracterización del SPI 6 - Estación Matapalo	79
Tabla 21. Caracterización del SPI 6 - Estación El Tigre	79
Tabla 22. Caracterización del SPI 6 - Estación Papayal	80
Tabla 23. Caracterización del SPI 6 - Estación El Salto	80
Tabla 24. Caracterización del SPI 6 - Estación Puerto Pizarro	81
Tabla 25. Característica de la sequías (SPI3 y SPI6) para la Cuenca del Río Zarumilla.....	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. El ciclo hidrológico	24
Gráfico 2. Escenario de sequía hipotético, mostrando una serie de SPI en la línea naranja, mientras que la línea punteada magenta indica el umbral que señala la presencia de sequía.	30
Gráfico 3. Distribución normal estandarizada.....	32
Gráfico 4. Mapa de la zona en estudio.....	35
Gráfico 5. Gráfica de precipitación media mensual de la estación Matapalo	41
Gráfico 6. Gráfica de precipitación media mensual de la estación Papayal	42
Gráfico 7. Gráfica de precipitación media mensual de la estación El Tigre.....	42
Gráfico 8. Gráfica de precipitación media mensual de la estación El Salto.....	43
Gráfico 9. Gráfica de precipitación media mensual de la estación Puerto Pizarro	44
Gráfico 10. Cuenca del Río Zarumilla delimitada	56
Gráfico 11. Diagrama de Caja y Bigote (Box-Plot) de las Estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto, y Puerto Pizarro	58
Gráfico 12. Índices Anuales del Vector Regional	62
Gráfico 13. Índices Acumulados de las Estaciones en Estudio	63
Gráfico 14. Regionalización de la Cuenca del Río Zarumilla.....	64
Gráfico 15. Serie Histórica de Precipitación - Estación Matapalo.....	65
Gráfico 16. Serie Histórica de Precipitación - Estación El Tigre.....	65
Gráfico 17. Serie Histórica de Precipitación - Estación Papayal	65
Gráfico 18. Serie Histórica de Precipitación - Estación El Salto.....	66
Gráfico 19. Serie Histórica de Precipitación - Estación Puerto Pizarro	66
Gráfico 20. Régimen Pluvial - Estación Matapalo	67
Gráfico 21. Régimen Pluvial - Estación El Tigre.....	67
Gráfico 22. Régimen Pluvial - Estación Papayal	68
Gráfico 23. Régimen Pluvial - Estación El Salto.....	68
Gráfico 24. Régimen Pluvial - Estación Puerto Pizarro	69
Gráfico 25. Evaluación temporal SPI 3 - Estación Matapalo	70
Gráfico 26. Evaluación temporal SPI 3 - Estación El Tigre	71
Gráfico 27. Evaluación temporal SPI 3 - Estación Papayal.....	71
Gráfico 28. Evaluación temporal SPI 3 - Estación El Salto	72
Gráfico 29. Evaluación temporal SPI 3 - Estación Puerto Pizarro	72

Gráfico 30. Evaluación temporal SPI 6 - Estación Matapalo	76
Gráfico 31. Evaluación temporal SPI 6 - Estación El Tigre	77
Gráfico 32. Evaluación temporal SPI 6 - Estación Papayal.....	77
Gráfico 33. Evaluación temporal SPI 6 - Estación El Salto	78
Gráfico 34. Evaluación temporal SPI 6 - Estación Puerto Pizarro	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	92
Anexo 2. Datos para procesar.....	93
Anexo 3. Categorías para la sequía.....	98
Anexo 4. Datos procesados SPI3.....	99
Anexo 5. Datos procesados SPI6.....	104
Anexo 6. Panel Fotográfico.....	109

RESUMEN

La sequía es un fenómeno natural que ha afectado la cuenca del río Zarumilla en los últimos años. Esta investigación se centra en las sequías meteorológicas mediante la variable precipitación y su caracterización dentro de la cuenca del río Zarumilla, empleando datos de cinco estaciones meteorológicas: Matapalo, El Tigre, Papayal, El Salto y Puerto Pizarro, abarcando el periodo de 1981 a 2020. Se realizó un Análisis Exploratorio de Datos (AED) de la precipitación, complementado con análisis estadísticos y de tendencia, los cuales mostraron homogeneidad en las estaciones. El análisis del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) permitió caracterizar las sequías meteorológicas en la cuenca, identificándose sequías en escalas de 3 meses (SPI3) y 6 meses (SPI6). Los resultados mostraron que la mayoría de los valores SPI3 y SPI6 se encuentran en la categoría "Cercano a lo normal", con frecuencias superiores al 82% para todas las estaciones en ambas escalas. Las sequías moderadas, severas y extremas fueron menos frecuentes. Los valores extremos de sequía ($SPI \leq -2.00$) fueron muy raros, sugiriendo una relativa resiliencia climática en la región. En conclusión, la cuenca del río Zarumilla presenta predominancia de condiciones cercanas a lo normal, con episodios de sequía moderada y severa que son infrecuentes y breves. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y la planificación del manejo de recursos hídricos en la región.

Palabras clave: Sequía meteorológica, Índice Estandarizado de Precipitación, Cuenca del río Zarumilla, Análisis de tendencia, Análisis Exploratorio de Datos, Resiliencia climática.

ABSTRACT

Drought is a natural phenomenon that has affected the Zarumilla river basin in recent years. This research focuses on meteorological droughts using precipitation as a variable and its characterization within the Zarumilla river basin, employing data from five meteorological stations: Matapalo, El Tigre, Papayal, El Salto, and Puerto Pizarro, covering the period from 1981 to 2020. An Exploratory Data Analysis (EDA) of precipitation was conducted, complemented by statistical and trend analyses, which showed homogeneity in the stations. The Standardized Precipitation Index (SPI) analysis allowed the characterization of meteorological droughts in the basin, identifying droughts on 3-month (SPI3) and 6-month (SPI6) scales. The results showed that most SPI3 and SPI6 values fall into the "Near normal" category, with frequencies above 82% for all stations on both scales. Moderate, severe, and extreme droughts were less frequent. Extreme drought values ($SPI \leq -2.00$) were very rare, suggesting relative climatic resilience in the region. In conclusion, the Zarumilla river basin predominantly presents near-normal conditions, with moderate and severe drought episodes being infrequent and brief. These findings provide a solid foundation for future research and water resource management planning in the region.

Keywords: Meteorological drought, Standardized Precipitation Index, Zarumilla river basin, Trend analysis, Exploratory Data Analysis, Climatic resilience.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca del Río Zarumilla, se ha visto expuesto a variaciones climáticas y meteorológicas significativas en los últimos años, entre los cuales la sequía surge como un factor crítico, pudiendo impactar significativamente en la disponibilidad del recurso hídrico y la salud de los ecosistemas acuáticos, afectando directamente a la productividad hídrica y por consiguiente en la seguridad alimentaria de la región.

Esta cuenca desempeña un papel crucial en el sustento de las comunidades locales, siendo este un recurso indispensable para la agricultura, la vida silvestre y la actividad humana. La intensificación de la sequía plantea desafíos significativos para la sostenibilidad de la región.

El propósito de este estudio es llevar a cabo un análisis de las precipitaciones con el fin de caracterizar las sequías meteorológicas en la cuenca del Río Zarumilla, con el objetivo de realizar un análisis exhaustivo de precipitaciones en la cuenca en estudio durante el periodo 1981-2020 con el fin de caracterizar las sequias meteorológicas.

La comprensión detallada de como la sequía afecta a la cuenca del Río Zarumilla permitirá la formulación de estrategias y la ejecución de medidas que fortalezcan la resiliencia de las comunidades locales frente a condiciones climáticas cambiantes. Este trabajo no solo contribuirá al avance científico, sino que también será un recurso valioso para la toma de decisiones que tienen un impacto directo en la vida y el sustento de quienes dependen de esta cuenca.

En esta investigación a través de un enfoque descriptivo y aplicado, se explorarán métodos reconocidos para analizar los índices de sequía, constituyendo un sólido respaldo para la toma de decisiones informada. Esta investigación aspira a contribuir a un conocimiento efectivo que respalde la gestión del recurso hídrico en

la cuenca del Río Zarumilla, promoviendo de esta manera la sustentabilidad y resiliencia en el sector agrícola de la región.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

(Cruz, 2021) en su tesis “Análisis de sequías meteorológicas, utilizando el índice de precipitación estandarizado (SPI), en el periodo (1964 - 2018) en la región de Puno”. El objetivo principal de su investigación fue examinar la ocurrencia de sequías meteorológicas, mediante el análisis de datos pluviométricos y la aplicación del SPI en la región de Puno durante el periodo mencionado. El estudio se centró en investigar las fluctuaciones asociadas con los periodos secos y húmedos utilizando escalas de tiempo de 1 y 3 meses. El propósito principal de esta metodología fue comprender la intensidad, duración y severidad de las sequias meteorológicas durante el periodo de estudio, que abarcó desde 1964 a 2018, considerado apropiado para aplicar en el SPI.

Sosa, (2016); en su tesis “Análisis de la sequía hidrológica en el Perú” cuyo objetivo principal es Caracterizar espacial y temporalmente la sequía hidrológica en veintidós cuencas hidrográficas seleccionadas y distribuidas en las tres vertientes hidrográficas del Perú mediante el índice de sequía de caudales. Los resultados obtenidos a partir del SDI, indicaron que prácticamente todas las estaciones experimentaron sequias hidrológicas durante el lapso estudiado; además, se observó que las sequías extremas se presentaron con mayor frecuencia entre los años 1989 y 1992.

(Jácome, 2022); en su tesis “Análisis de las precipitaciones para caracterizar las sequias meteorológicas en la Sub Cuenca del Río Higueras en el periodo de 1988–2019”, con el propósito principal de analizar temporalmente las precipitaciones para caracterizar las sequías meteorológicas en la sub cuenca del Río Higueras durante el lapso de 1988 al 2019. El autor concluyó que el SPI permitió caracterizar el comportamiento de las sequias meteorológicas en escalas de tiempo de

3 y 6 meses. La esencia de estas escalas es cuantificar las sequías para su caracterización que dentro de nuestra zona de estudio son consideradas óptimas por presentar sequías durante un periodo de 32 años.

(Sosa, Fernández, & Spescha, 2020) en su artículo “Evaluación de tres índices como indicadores de sequía agrícola en la región pampeana”, concluye que, tras los análisis realizados, el ISHi se destaca como la mejor opción para evaluar mensualmente las sequías agrícolas en la Región Pampeana. Para los índices trimestrales, el SPEI-TH se presenta como una alternativa sólida; siempre y cuando se disponga de todos los datos para el cálculo. En caso no contar con esta información, el SPI trimestral también es una opción viable, accesible para los productores. En áreas con alta humedad, el uso del SPEI proporciona resultados similares al SPI. Sin embargo, en regiones de clima árido y altas temperaturas, el SPEI podría ser más representativo de las condiciones de sequía, especialmente debido a la importancia del ETP en esas áreas, lo que acentúa la magnitud de los periodos secos. Además, el SPEI muestra mejores correlaciones con diferentes variables durante el verano, periodo en el que se observan los principales impactos de las sequías y se vuelve crucial el seguimiento de los diferentes índices seleccionados.

(Campos, 2015) en su artículo “Contraste de los índices DPP, SPI y RDI para clasificación de sequías, en la estación climatológica Zacatecas, México”, encontró que los índices DPP, SPI y RDI muestran una coincidencia notable en la identificación y evaluación de la severidad de las sequías. Específicamente los índices SPI y RDI clasificaron 39 años como sequías, con solo tres años presentando diferencias leves (1954, 1961 y 1978).

(Penalba & Rivera, 2015) en su artículo “Comparación de seis índices para el monitoreo de sequías meteorológicas en el sur de Sudamérica”, concluyó que, el IPE es el mejor indicador para detectar eventos de sequía y evaluar sus variaciones espaciotemporales en la región. Este índice es altamente sensible a cambios en la precipitación en escalas de

3 y 12 meses, y su simplicidad y claridad lo hacen adecuado para una amplia gama de usuarios, incluidos científicos, tomadores de decisiones y expertos en sequías a nivel global.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Hidrología

Se define como la rama de la ciencia natural que se enfoca en el estudio el agua, abarcando su procedencia, movimiento y dispersión en la superficie terrestre, así como sus características físicas y químicas, y su interacción con el entorno ambiental, incluyendo la flora y fauna circundantes. (Villón, 2004)

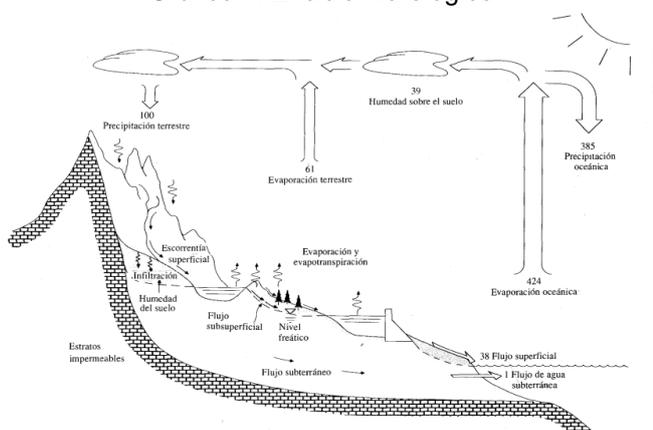
2.2.2. El ciclo hidrológico

Se refiere al conjunto de transformaciones que el agua experimenta en la naturaleza, incluyendo cambios en su estado (sólido, líquido, gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.). (Villón, 2004)

Se han sugerido diversos esquemas del ciclo hidrológico con el objetivo de presentar de manera clara las distintas formas y estados en los que se encuentra el agua. (Gráfico 1).

El ciclo hidrológico exhibe una irregularidad inherente, y es precisamente esta variabilidad contra la que el ser humano debe lidiar. Un ejemplo de esto son los períodos de escasez o abundancia del recurso hídrico, para las diversas actividades (riego, consumo humano, uso industrial, producción de energía eléctrica, entre otros), además, se alternan periodos de sequías con periodos de inundaciones. (Villón, 2004)

Gráfico 1. El ciclo hidrológico



2.2.3. Cuenca hidrográfica

Se define como el área del territorio por la que naturalmente fluyen todas las aguas, ya sean precipitaciones, deshielos, aguas subterráneas, etc., que circulan a través de cursos superficiales o de ríos.

La cuenca hidrográfica desempeña una serie de funciones vitales en relación con el agua, abarcando desde la prestación directa de bienes como el suministro de agua para la población y las actividades productivas, hasta servicios indirectos como la regulación del hábitat y las actividades ecoturísticas. (Aguirre, 2011)

Las cuencas por su funcionamiento hídrico pueden dividirse en 3 zonas:

- Zona de cabecera
- Zona de captación y transporte
- Zona de descarga

En definición, una cuenca hidrográfica, es una unidad morfológica donde se les incluye a las aguas subterráneas y superficiales, además cada cuenca hidrográfica posee características propias. (Aguirre, 2011)

2.2.4. Definición de río

Los ríos según Wooltorton et al. (2021) se caracterizan por su movilidad; tienen la descarga de agua dulce más grande y el segundo flujo de partículas suspendidas más grande; continúan su curso debido a la acción de la gravedad; el desnivel topográfico determina el movimiento del agua.

En esencia, un río se define como una corriente constante de agua que discurre desde su nacimiento hasta su desembocadura que generalmente es en la mar, río o lago. Un río puede ser muy caudaloso, esto dependiendo de sus características y de las formas como se alimenta este.

2.2.5. Precipitación

(Chereque, 1989) nos dice que, se define precipitación a toda forma de humedad, que originándose en las nubes llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo con la información proporcionada, las lluvias, garúas, nevadas y granizadas representan diferentes manifestaciones de precipitación. La lluvia se categoriza según su intensidad en:

- De intensidad ligera, indicada cuando la tasa de caída no supera los 2.50 mm por hora.
- De intensidad moderada, abarcando desde 2.50 hasta 7.60 mm por hora de precipitación.
- De intensidad fuerte, indicando precipitaciones que exceden los 7.60 mm por hora.

2.2.6. Clasificación de las precipitaciones

Las precipitaciones se dividen en tres categorías, dependiendo del factor que provoque la elevación del aire y facilite el enfriamiento necesario para generar cantidades apreciables de precipitación. (Chereque, 1989)

2.2.6.1. Precipitaciones convectivas

Son causadas por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Las diferencias de temperaturas pueden ser sobre todo el resultado de calentamientos diferenciales en la superficie o en la capa superior de la capa de aire; la precipitación convectiva es puntual y su intensidad puede variar entre lloviznas ligeras hasta aguaceros.

2.2.6.2. Precipitaciones orográficas

Se producen cuando el aire cálido asciende hacia una cadena montañosa. Las regiones situadas en el lado opuesto de la montaña pueden experimentar escasez de lluvia, ya que las nubes son bloqueadas, precipitando su contenido en el lado de donde provienen.

2.2.6.3. Precipitaciones ciclónicas

Sucedan cuando nubes con diferentes temperaturas se encuentran, las más cálidas son elevadas a las capas superiores, donde se produce la precipitación.

2.2.7. Medición de las precipitaciones

Esta se realiza considerando la altura de la lámina de agua (hp) y suele expresarse generalmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura de agua que se acumularía en una superficie horizontal si la precipitación permaneciera donde cayó. (Gámez, 2009)

La clasificación de los aparatos de medición se da según el registro de las precipitaciones:

2.2.7.1. Pluviómetro

Consiste en un recipiente cilíndrico de metal de aproximadamente 20cm de diámetro y 60 cm de alto; con un embudo de tapa; en su interior hay un recipiente graduado en centímetros o pulgadas en donde el agua se acumula para luego realizar la lectura de la altura. Si el recipiente no se encuentra graduado se usa una regla, generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas.

2.2.7.2. Pluviógrafo

Es un instrumento que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación.

Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores que origina el movimiento de una aguja sobre un papel registrador con escalas especiales, resultando un gráfico que recibe el nombre de pluviograma.

2.2.8. Sequía

La sequía presenta una complejidad considerable en su evaluación, ya que no solo está determinada por la escasez de lluvias, sino también por la capacidad de retención del suelo y la interacción del fenómeno con el ciclo vegetativo anual. (Durán, 1998)

La sequía es un fenómeno cuya notoriedad se debe más a las consecuencias que genera que a su propia presencia. “Una de las consecuencias más evidentes y potencialmente desastrosas es el déficit de

agua, un factor totalmente artificial, antropogénico, producto y efecto de las actividades humanas". (Velasco, Ochoa, & Gutiérrez, 2005)

La sequía es un evento natural de gran complejidad, que resulta difícil de abordar de manera genérica, ya que implica una interacción compleja entre el clima y el medio ambiente. Cuenta con una diversidad de aspectos, lo que lo hace altamente relativo y difícil de definir con precisión, lo que dificulta su comprensión y manejo. (Bravo, Homero, & Agustín, 2006)

2.2.9. Clasificación de la sequía

Las sequías se han caracterizado en cuatro categorías según el enfoque científico desde el cual se ha estudiado el fenómeno, dentro los cuales se encuentran los siguientes tipos de sequías:

- **Sequía Meteorológica**

Se define como un periodo de tiempo, que puede extenderse durante meses o años, en el que la humedad en una región específica disminuye constantemente por debajo de los niveles normales esperados para esa zona en particular. De acuerdo con (Palmer, 1965), esta situación indica una persistente escasez de humedad en comparación con las condiciones climáticas habituales.

Por otro lado, (Velasco, Ochoa, & Gutiérrez, 2005) la describen como de corta duración, caracterizada por la ausencia de lluvias durante un corto periodo de tiempo; lo que resulta en elevadas temperaturas, baja humedad ambiental y vientos intensos.

- **Sequía Agrícola**

Debido a que la agricultura es el sector económico más impactado ante escasez de lluvias, cobra una importancia particular en el contexto de la sequía. De esta manera, la sequía agrícola ocurre cuando en el suelo la humedad no es la adecuada para sostener el desarrollo óptimo de los cultivos en cualquier etapa de su desarrollo.

Es necesario destacar que la cantidad de agua necesaria varía según el tipo de cultivo y puede cambiar incluso durante su ciclo de vida. Por lo tanto, establecer umbrales específicos de sequía agrícola

resulta complicado, ya que no existe un estándar único válido para todas las áreas geográficas. (Valiente, 2021)

- Sequía hidrológica

Se define como un período en el cual los caudales de agua no son suficientes para cumplir con los usos establecidos dentro de un sistema de gestión de aguas específico. (Linsley, Kohler, & Paulhus, 1975)

(Velasco, Ochoa, & Gutiérrez, 2005) nos dicen que es aquella de largo plazo y puede extenderse durante varios años; caracterizándose por una reducción significativa del caudal o volumen de los ríos, embalses y acuíferos. La persistencia de esta sequía puede ocasionar daños significativos en la población, dado que los efectos que ocasiona y su recuperación suelen ser de larga duración, impactando en todos los sectores sociales y económicos.

- Sequía Económica

Se caracteriza por la pérdida de ingresos y productividad en sectores que dependen del agua como insumo. (Velasco, Ochoa, & Gutiérrez, 2005)

Este tipo de sequía afecta directamente a la economía debido a su dependencia en términos de tipo y cantidad, así como su papel crucial en los procesos productivos. La sequía tiene un impacto significativo en la economía, afectando en la circulación de recursos económicos, la producción de bienes y la provisión de servicios, la generación de empleo y la estabilidad social. La vulnerabilidad ante la sequía es mayor en sectores con mayor capacidad de resistencia, que se refiere a las opciones disponibles para mantener los ingresos utilizando el agua de manera diferente.

Además, las sequías tienen efectos ambientales que pueden variar desde condiciones leves hasta severas, impactando en los entornos de vida bióticos y en el entorno paisajístico y manifestándose comúnmente en la disminución de la flora y fauna. Tal alteración puede ser un factor desencadenante en la desertificación, y

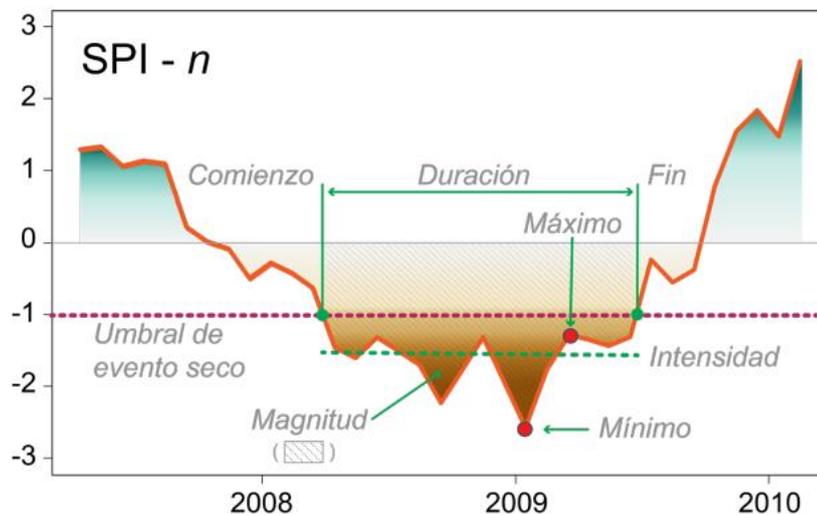
combinada con la actividad humana, puede resultar en fenómenos prácticamente irreversibles, con posibles consecuencias catastróficas para la sociedad y el medio ambiente. (Velasco, Ochoa, & Gutiérrez, 2005)

2.2.10. Caracterización de la sequía

Se pueden estimar diferentes características importantes para una sequía: (Podestá, Skansi, Herrera, & Veiga, 2020)

- Duración: Es el intervalo de tiempo en el que el índice permanece bajo el umbral seleccionado.
- Intensidad: Se refiere al promedio de valores del índice durante el periodo en el que este se sitúa por debajo del umbral especificado.
- Magnitud: Es la medida del déficit acumulado por debajo del umbral indicado durante el lapso de la sequía, obtenida al multiplicar la duración y la intensidad.

Gráfico 2. Escenario de sequía hipotético, mostrando una serie de SPI en la línea naranja, mientras que la línea punteada magenta indica el umbral que señala la presencia de sequía.



Fuente: Podestá, 2016.

2.2.11. Índices de sequía

Se han creado con el propósito de simplificar el análisis de la sequía al reducir el número de variables involucradas a un simple número, esto con el fin de facilitar la definición y comparación de las características de la sequía.

Los índices más básicos se basan únicamente en la precipitación media, mientras que otros más elaborados incorporan, además de la precipitación, diversos parámetros como la temperatura, la evapotranspiración, la pérdida de humedad del suelo y la humedad antecedente del suelo (Escalante & Reyes, 2005).

2.2.12. Índice de precipitación estandarizado

El SPI, creado por (Mckee, Doesken, & Kleist, 1993) para medir el déficit de precipitación en diferentes periodos de tiempo y analizar cómo afecta el déficit de precipitación sobre la disponibilidad del agua. Mediante este índice, se puede calcular y contrastar las deficiencias de precipitación en áreas con distintos patrones climáticos, su capacidad para integrarse en distintas escalas temporales lo convierte en un indicador versátil para diversos tipos de sequías. Puede detectar sequías tanto de corta duración que impactan en sectores como la agricultura, silvicultura y pecuario, así como sequías de larga duración que conducen a sequías hidrológicas. Se calculan utilizando series de tiempo de precipitación mensual, agregadas en intervalos de 3, 6, 9, 12 y 24 meses (Endara, 2019).

Para calcular el SPI en diferentes escalas de tiempo (1 mes, 3 meses, 6 meses, 9 meses, etc.), se ajustará la función de distribución de probabilidad Gamma:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} * x^{\alpha-1} * e^{-x/\beta} \quad , \text{ para } x > 0, \quad \Gamma(x) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (1.1)$$

Donde, $x > 0$ indica la precipitación en un cierto lapso, $\alpha > 0$ representa el parámetro de uniformidad, $\beta > 0$ representa el parámetro de escala y $\Gamma(\alpha)$ es la función matemática factorial o función Gamma que caracteriza a esa distribución, inicialmente reconocida como la distribución Pearson tipo III.

Se usará el método de máxima verosimilitud para estimar de manera óptica los parámetros de distribución α y β , este método es altamente preciso; las expresiones para estos parámetros son:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (1.2)$$

$$\beta = \frac{x}{\alpha} \quad (1.3)$$

Siendo "A" una variable auxiliar que se define como:

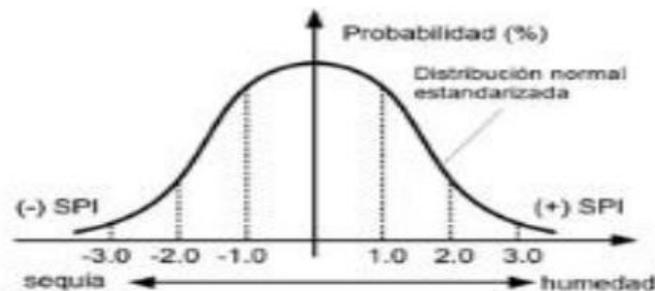
$$A = \ln(\dot{X}) - \frac{\sum \ln \dot{X}}{n} \quad (1.4)$$

En esta expresión, "n" representa las precipitaciones en meses.

Una vez calculados los parámetros, se utiliza para determinar la probabilidad acumulada de una precipitación observada durante el mes y escala temporal dados (\dot{X}). La función de probabilidad acumulada se expresa como:

$$F(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} * e^{-x/\beta} dx \quad (1.5)$$

Gráfico 3. Distribución normal estandarizada



Cuando $t = x/\beta$, la ecuación de la función gamma se convierte en una función gamma incompleta.

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} * e^{-t} dt \quad (1.6)$$

En la ecuación, no se considera el caso extremo en el que la precipitación mensual acumulada $x=0$. En esta situación, la ecuación se transforma de la siguiente manera:

$$H(x) = q + (1 - q)F(x) \quad (1.7)$$

Donde “q” representa la probabilidad de que x=0, que es la frecuencia de ocurrencia de x=0 en todas las series observadas.

Finalmente, se utiliza una aproximación numérica racional para transformar la probabilidad acumulada en función de distribución estandarizada normal “Z”. Esta conversión define el índice SPI, para el cual se presentan las siguientes ecuaciones:

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{b_0 + b_1 * t + b_2 * t^2}{1 + C_1 * t + C_2 * t^2 + C_3 * t^3} \right), \text{ para } 0 < H(x) < 0.50 \quad (1.8)$$

$$Z = SPI = \left(t - \frac{b_0 + b_1 * t + b_2 * t^2}{1 + C_1 * t + C_2 * t^2 + C_3 * t^3} \right), \text{ para } 0.50 < H(x) < 1 \quad (1.9)$$

Donde,

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]}, \text{ para } 0 < H(x) < 0.50 \quad (1.10)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(1-H(x))^2} \right]}, \text{ para } 0.50 < H(x) < 1 \quad (1.11)$$

$$b_0 = 2.515517 \quad b_1 = 0.802853 \quad b_2 = 0.010328$$

$$C_0 = 1.432788 \quad C_1 = 0.189269 \quad C_2 = 0.001308$$

En la tabla 01 se encuentran definidos los niveles de humedad o sequía, donde se muestran sus respectivas probabilidades de ocurrencia correspondientes.

Tabla 1. Clasificación de los períodos húmedos y de sequía según el valor del índice SPI.

Valor de SPI	Designación
2.00 a más	Extremadamente húmedo
1.50 a 1.99	Severamente húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
0 a 0.99	Ligeramente húmedo
-0.99 a 0	Ligeramente seco
-1.49 a -1.00	Moderadamente seco
-1.99 a -1.50	Severamente seco
-2.00 a menos	Extremadamente seco

Fuente: Adaptado de Campos, 2015.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL AMBITO DE ESTUDIO

El Río Zarumilla se origina en la cordillera de Tahuín, localizada al suroeste del territorio ecuatoriano y al noroeste del territorio peruano. En Ecuador, la cuenca se encuentra en la provincia de El Oro, abarcando los cantones de Las Lajas, Arenillas y Huaquillas. En Perú, la cuenca abarca el departamento de Tumbes, incluyendo los distritos de Aguas Verdes, Papayal y Matapalo en la provincia de Zarumilla, así como los distritos de Pampas de Hospital y San Juan de la Virgen en la provincia de Tumbes.

La cuenca del Río Zarumilla tiene una extensión de 874,72 km², de los cuales 502,27 km² están ubicados en Ecuador y 371,45 km² en Perú.

3.1.1. UBICACIÓN GEOPOLÍTICA

Tabla 2. Ubicación Geopolítica de la cuenca del Río Zarumilla

Región	Provincia	Distritos
Tumbes	Zarumilla	Aguas verdes, Papayal, Matapalo
	Tumbes	Pampas de Hospital, San Juan de la Virgen

Fuente: Adaptado de (ANA, 2020).

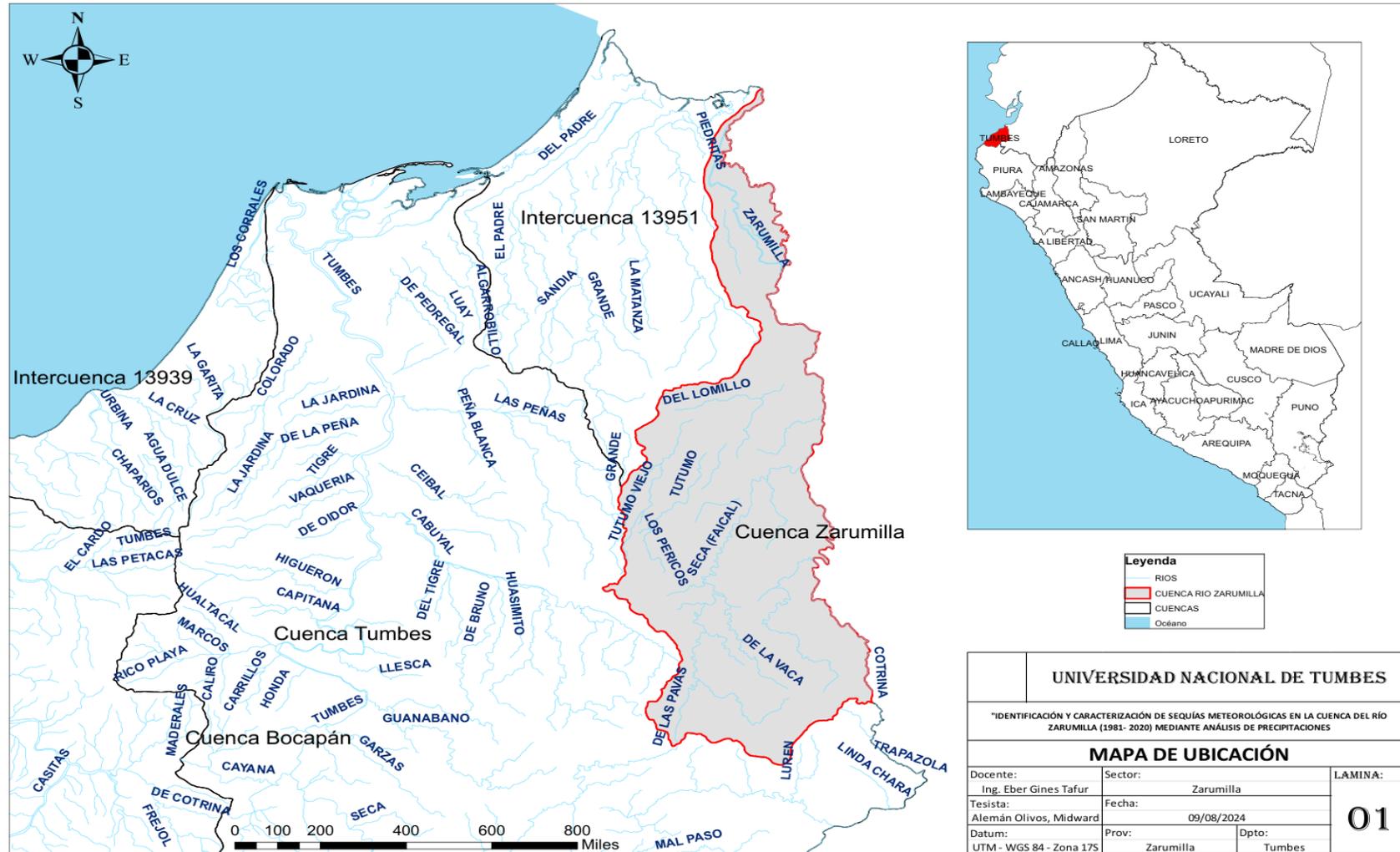
3.1.2. UBICACIÓN GEODÉSICA

Tabla 3. Ubicación Geodésica de la cuenca del Río Zarumilla

Coordenadas UTM, Datum WGS84, Zona 17S		
	Este(X) (m)	Norte(Y) (m)
Norte	585550,00	9615600,00
Sur	587850,00	9571100,00
Este	611050,00	9590000,00
Oeste	577300,00	9583750,00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Mapa de la zona en estudio



Fuente: Elaboración propia

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIALES

- Libreta de campo: Para tomar apunte de la información recopilada en campo.
- Material cartográfico: Cartas nacionales en formato shapefile.
- Registro de precipitación acumulada mensual: Considerando la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) de que el análisis sobre la variabilidad climática han de comprender un periodo de al menos 30 años; por ello es que se recopiló información del periodo 1981-2020. Para el presente proyecto se recopiló dichos datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- Documentos escritos como artículos, tesis, libros, revistas, informes, textos, etc.
- Lápices, lapiceros, regla y borrador.

3.2.2. EQUIPOS

- Laptop ASUS (Core I5): Se usará para el procesamiento de datos, análisis estadístico, realización del informe y uso de softwares.
- GPS: Para tomar coordenadas dentro de la cuenca del Río Zarumilla.
- Disco externo 1 TB.
- USB Kingston de 256Gb.
- Impresora.
- Smartphone.

3.2.3. SOFTWARE

- ArcGis Pro: Para la realización de operaciones geoespaciales avanzadas y la elaboración de mapas temáticos con una gran cantidad de información.
- IBM SPSS Statistics 26: Para realizar el proceso de los datos en la validez y confiabilidad de la precipitación.
- HYDRACCESS: Para realizar cálculos estadísticos.
- RSTUDIO: Para realizar el análisis estadístico y la caracterización de las sequias.
- Microsoft Excel: Se empleó para tareas de análisis de manipulación de datos simples, cálculos básicos y organización de información a tabular.
- Microsoft Word: Para la redacción del documento de la tesis, asegurando la presentación adecuada de la información y cumpliendo con las normas de estilo y formato establecidas.
- Turnitin: Para la detección de similitudes y plagio en el documento de tesis.

3.3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

En este apartado se detalla el procedimiento metodológico utilizado para llevar a cabo la investigación sobre la identificación y caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca del río Zarumilla durante el periodo 1981-2020, mediante el análisis de precipitaciones. El procedimiento se divide en etapas que incluyen la descripción del ámbito de estudio, la población y muestra seleccionada, tipo de estudio, el diseño de investigación, los métodos, técnicas e instrumentos empleados, así como la validación y confiabilidad del instrumento utilizado. Además, se describen detalladamente las etapas de recopilación de datos, análisis exploratorio y estadístico, cálculo del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), caracterización de las sequías, y tabulación y análisis de datos. Durante todo el proceso se aplican consideraciones éticas.

3.3.1. Tipo de investigación:

- **Aplicada:** Se busca aplicar los conocimientos obtenidos para resolver un problema específico relacionado con la identificación y caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca del Río Zarumilla.
- **Descriptiva:** Pues porque se pretende describir detalladamente las características de las sequías meteorológicas en la cuenca del Río Zarumilla durante el periodo en estudio.

3.3.2. Población y muestra

- **Población:** La población objeto de estudio está constituida por la cuenca del río Zarumilla y su área de influencia.
- **Muestra:** Se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando como muestra la totalidad de la cuenca del río Zarumilla, esto se debe a que se cuenta con información precisa y relevante para el análisis de las sequías meteorológicas en esta área específica.

3.3.3. Diseño de Investigación

El diseño de esta investigación se enmarca en un enfoque no experimental, ya que no se manipularán variables y se observaran fenómenos tal y como ocurren en su contexto natural.

Este diseño se caracteriza por:

- No manipular la variable de estudio.
- Observar y describir el comportamiento de las variables en su contexto natural.
- No establecer relaciones causales entre las variables.

El diseño no experimental permite analizar la relación entre las variables y comprender su comportamiento en un periodo de tiempo determinado. En este caso, nos enfocaremos en analizar las variaciones de la precipitación y caracterizar las sequías meteorológicas en la cuenca del Río Zarumilla durante el periodo 1981-2020.

3.3.4. Métodos, técnicas e instrumentos

Para llevar a cabo esta investigación, se empleará un enfoque analítico basado en el análisis de datos históricos de precipitaciones.

Las técnicas usadas incluirán principalmente la investigación documentaria, que consistirá en el análisis de registros históricos de precipitaciones proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para el periodo de 1981 a 2020. Además, se usará información cartográfica obtenida de las cartas nacionales descargadas del GEO GPS PERÚ.

3.3.4.1. Técnica de recolección de datos

En esta investigación se empleará la técnica de análisis instrumental (documentos escritos como artículos, tesis, libros, revistas, informes, textos, etc.), también se aplicará la técnica de observación, que requiere del uso de instrumentos y/o materiales de campo y gabinete (libreta de campo, wincha, etc.). También se emplearán equipos de

ingeniería (GPS, cámara fotográfica, softwares especializados, etc). Se recopilará información climatológica y meteorológica de la cuenca del Río Zarumilla; y materiales cartográficos (Cartas nacionales con escala 1/100000).

Las cartas nacionales a usar serán en una escala 1/100000 (08-c y 07-c) elaboradas por el instituto geográfico nacional – IGN, en formato shapefile para ser procesados con el software ArcGis Pro.

3.3.4.1.1. Identificación de las estaciones meteorológicas en la cuenca

Las estaciones meteorológicas ubicadas en el área de investigación, las cuales forman parte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) están detalladas en la tabla 04:

Tabla 4. Estaciones Meteorológicas en estudio

Estación	UTM X (E) (m)	UTM Y (N) (m)	Elevación (msnm)
Matapalo	589005.60	9592898.60	62
Papayal	585159.90	9605663.10	50
El Tigre	560305	9583420	37
El Salto	579953.50	9618447.60	4
Puerto Pizarro	567193.30	9612698.60	6

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.1.1.1. Estación Matapalo

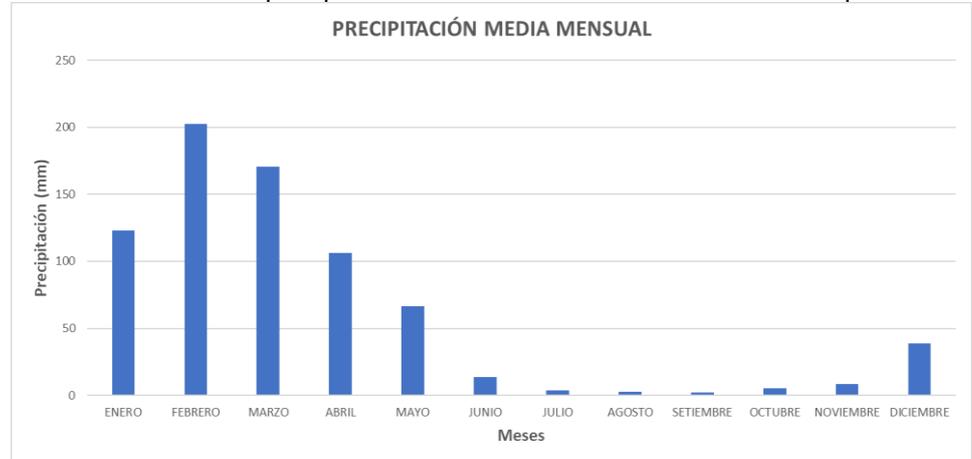
Ubicación: La estación meteorológica de Matapalo se encuentra en la provincia de Zarumilla, aproximadamente a 3°40'57.94" S de latitud y 80°11'54.64" W de longitud. Está situada a una altitud de aproximadamente 62 metros sobre el nivel del mar.

Características Climáticas: Matapalo tiene un clima tropical seco, con una estación de lluvias que suele ocurrir entre diciembre y abril. Las precipitaciones anuales en esta estación son variables, influenciadas por fenómenos como El Niño, que pueden aumentar significativamente las lluvias.

Relevancia para el Estudio: La estación de Matapalo es fundamental para el análisis de sequías meteorológicas en la

cuenca del río Zarumilla, ya que proporciona datos cruciales sobre la variabilidad de las precipitaciones en una de las áreas más representativas del clima de la región.

Gráfico 5. Gráfica de precipitación media mensual de la estación Matapalo



Fuente: SENAMHI, elaboración propia.

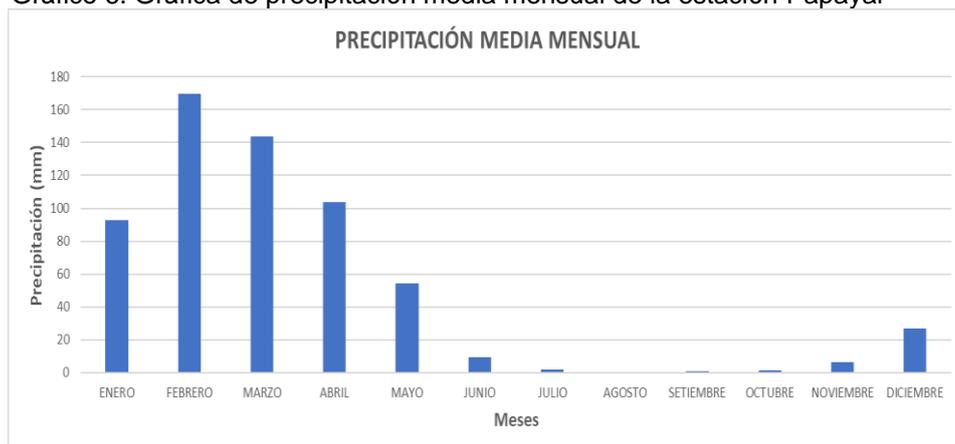
3.3.4.1.1.2. Estación Papayal

Ubicación: La estación de Papayal se encuentra también en la región de Tumbes, a aproximadamente 3°34'2.36" S de latitud y 80°13'59.65" W de longitud. Esta estación está ubicada a una altitud de alrededor de 50 metros sobre el nivel del mar.

Características Climáticas: Papayal presenta un clima similar al de Matapalo, con una estación húmeda que se concentra entre diciembre y abril. Las precipitaciones en Papayal son influenciadas tanto por el océano Pacífico como por la configuración geográfica de la región.

Relevancia para el Estudio: La información de la estación de Papayal es esencial para comparar los patrones de precipitación en diferentes partes de la cuenca del río Zarumilla, proporcionando una visión más amplia de las características de las sequías en la región.

Gráfico 6. Gráfica de precipitación media mensual de la estación Papayal



Fuente: SENAMHI, elaboración propia.

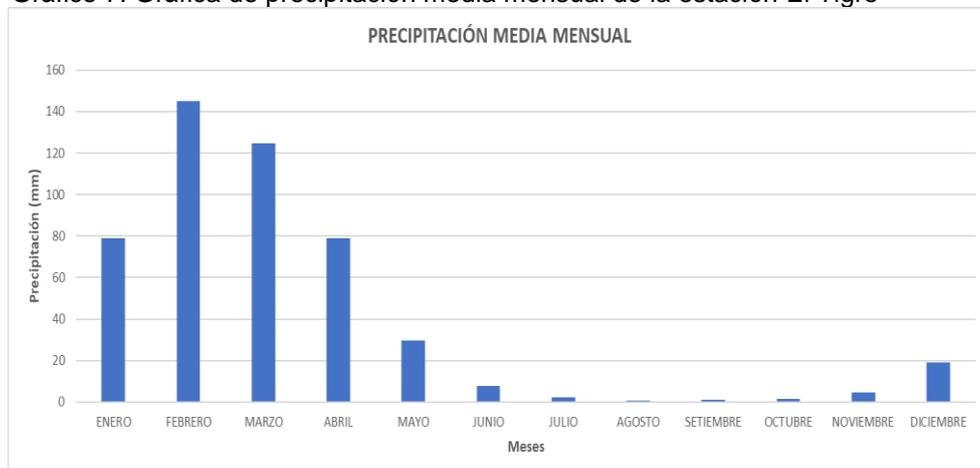
3.3.4.1.1.3. Estación El Tigre

Ubicación: La estación meteorológica de El Tigre se localiza a 3°46'7.32" S de latitud y 80°27'24.8" W de longitud, en la región de Tumbes. La altitud de esta estación es de aproximadamente 37 metros sobre el nivel del mar.

Características Climáticas: El Tigre tiene un clima tropical seco, con variaciones estacionales en las precipitaciones. Las lluvias son más frecuentes durante los meses de verano austral, coincidiendo con la temporada de lluvias en la región.

Relevancia para el Estudio: Los datos de la estación de El Tigre son importantes para el análisis de la distribución espacial de las precipitaciones en la cuenca del río Zarumilla, ayudando a identificar áreas más susceptibles a sequías.

Gráfico 7. Gráfica de precipitación media mensual de la estación El Tigre



Fuente: SENAMHI, elaboración propia.

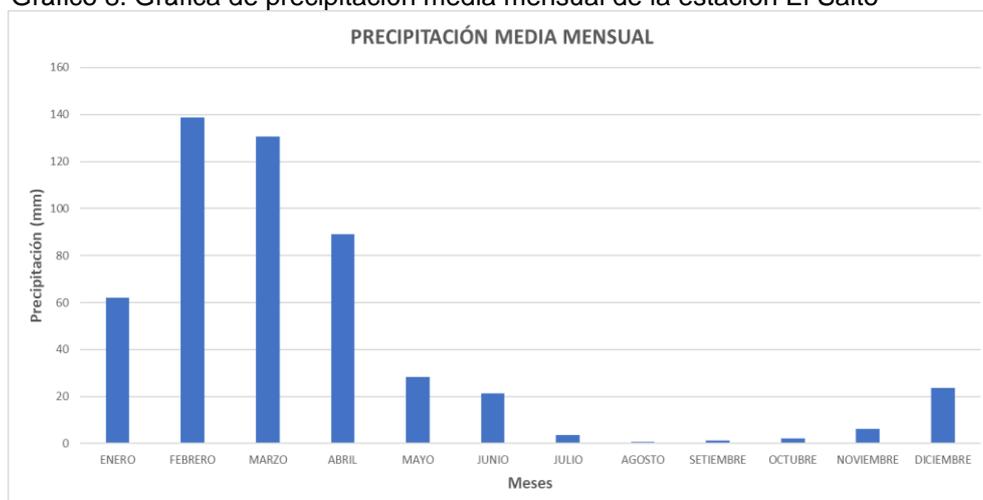
3.3.4.1.1.4. Estación El Salto

Ubicación: La estación de El Salto está situada a 3°27'6.15" S de latitud y 80°16'48.72" W de longitud, en la región de Tumbes. Esta estación se encuentra a una altitud de aproximadamente 4 metros sobre el nivel del mar.

Características Climáticas: El Salto experimenta un clima tropical seco con una marcada estación de lluvias. Las precipitaciones en esta estación pueden ser intensas durante eventos climáticos extremos, como los asociados con El Niño.

Relevancia para el Estudio: La estación de El Salto proporciona datos valiosos sobre las precipitaciones en una parte de la cuenca que puede ser particularmente vulnerable a variaciones climáticas, contribuyendo a una comprensión más completa de las sequías en la región.

Gráfico 8. Gráfica de precipitación media mensual de la estación El Salto



Fuente: SENAMHI, elaboración propia.

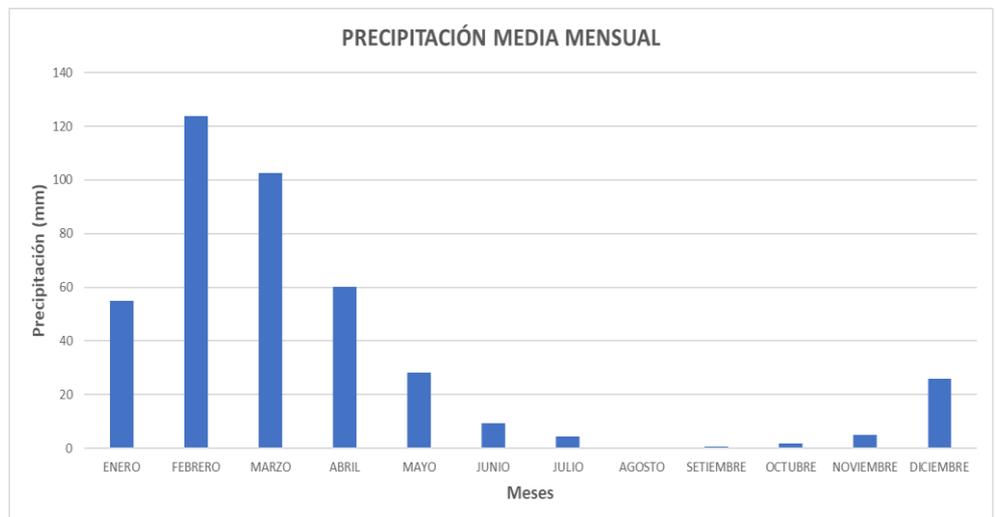
3.3.4.1.1.5. Estación Puerto Pizarro

Ubicación: La estación meteorológica de Puerto Pizarro se encuentra en la región de Tumbes, cerca de la costa, a aproximadamente 3°30'13.67" S de latitud y 80°23'42.14" W de longitud. Esta estación se encuentra a una altitud de aproximadamente 6 metros sobre el nivel del mar.

Características Climáticas: Puerto Pizarro tiene un clima tropical húmedo debido a su proximidad al océano Pacífico. Las precipitaciones son más frecuentes y abundantes durante la temporada de lluvias, influenciadas por la humedad marina.

Relevancia para el Estudio: Los datos de la estación de Puerto Pizarro son cruciales para comprender la influencia de la proximidad al mar en los patrones de precipitación. Esta estación ayuda a completar el panorama de cómo las condiciones costeras afectan las sequías en la cuenca del río Zarumilla.

Gráfico 9. Gráfica de precipitación media mensual de la estación Puerto Pizarro



Fuente: SENAMHI, elaboración propia.

3.3.4.1.2. Precipitación media mensual

Se requiere de esta información para realizar los cálculos correspondientes, esta información se obtuvo de forma gratuita a través del Servicio nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI).

3.3.4.2. Validación y confiabilidad del instrumento

Para garantizar la validez y confiabilidad de los datos recopilados en el estudio de "Identificación y Caracterización de Sequías Meteorológicas en la Cuenca del Río Zarumilla (1981-2020) Mediante Análisis de Precipitaciones", se emplearán los siguientes procedimientos:

Validez del instrumento:

Se utilizó el método de validez de criterio para verificar la validez del instrumento, el cual consiste en comparar los datos obtenidos con un criterio externo confiable. En este caso se comparan los datos de precipitación recopilados con la base de datos del SENAMHI correspondientes al periodo de 1981 a 2020. El SENAMHI es una fuente reconocida por su alta precisión y fiabilidad en el registro de datos climáticos, lo que proporciona un criterio externo bastante confiable para validar los datos de precipitación recopilados.

Confiabilidad del instrumento:

Se utilizó el método de test-retest para evaluar la confiabilidad de los datos recopilados. Este método permite correlacionar las puntuaciones obtenidas en diferentes momentos de recopilación de los datos de precipitación. El coeficiente de estabilidad, obtenido mediante este método, denota la coherencia de las mediciones a lo largo del tiempo. Para que los datos sean considerados confiables, el coeficiente de estabilidad debería estar en el rango de 0.70 a 0.99.

El coeficiente de estabilidad (r_{xy}) se calculo utilizando la formula siguiente:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Para procesar los datos se utilizó el software SPSS 26. A continuación, se presentan, los resultados de la validación y confiabilidad de los datos de precipitación para las estaciones de monitoreo:

Estación Matapalo:

Tabla 5. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación Matapalo
CORRELACIÓN: ESTACIÓN MATAPALO

		ESTACIÓN MATAPALO (AÑO)	PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL
ESTACIÓN MATAPALO (AÑO)	Correlación de Pearson	1	,716**
	Sig. (bilateral)		0.008
	N	40	40
PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL	Correlación de Pearson	,716**	1
	Sig. (bilateral)	0.008	
	N	40	40

Fuente: Elaboración propia, en el software SPSS.

Nota: La correlación de Pearson de 0.716 y un valor de significancia de 0.008 sugieren que existe una relación estadísticamente significativa y moderada a alta entre el año y la precipitación pluvial acumulada anual en la estación Matapalo. Esta asociación indica que, en general, a lo largo de los 40 años analizados, ha habido una tendencia consistente en la cantidad de lluvia registrada en la estación. Este hallazgo proporciona una base sólida para la realización de inferencias y proyecciones futuras con un alto grado de confianza (95% de confiabilidad), lo que resulta crucial para la planificación y gestión efectiva de los recursos hídricos en la región.

Estación Papayal:

Tabla 6. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación Papayal

CORRELACIÓN ESTACIÓN PAPAYAL			
		ESTACIÓN PAPAYAL (AÑO)	PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL
ESTACIÓN PAPAYAL (AÑO)	Correlación de Pearson	1	0.729
	Sig. (bilateral)		0.160
	N	40	40
PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL	Correlación de Pearson	0.729	1
	Sig. (bilateral)	0.160	
	N	40	40

Fuente: Elaboración propia, en el software SPSS.

Nota: La correlación de Pearson entre el año y la precipitación pluvial acumulada anual en la estación Papayal es de 0.729, con un valor de significancia bilateral de 0.160. Esto sugiere una relación moderada entre ambas variables. Este hallazgo indica que, durante los 40 años analizados, ha habido una asociación consistente entre el año y la cantidad de lluvia registrada en la estación. Con un nivel de significancia del 95%, esta asociación es estadísticamente significativa, lo que proporciona una base sólida para realizar inferencias y proyecciones futuras sobre los patrones de precipitación en la región.

Estación El Tigre:

Tabla 7. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación El Tigre

CORRELACIÓN: ESTACIÓN EL TIGRE			
		ESTACIÓN EL TIGRE (AÑO)	PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL
ESTACIÓN EL TIGRE (AÑO)	Correlación de Pearson	1	0.695
	Sig. (bilateral)		0.060
	N	40	40
PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL	Correlación de Pearson	0.695	1
	Sig. (bilateral)	0.060	
	N	40	40

Fuente: Elaboración propia, en el software SPSS.

Nota: La correlación de Pearson de 0.695 y un valor de significancia de 0.060 sugieren una relación moderada a alta entre el año y la

precipitación pluvial acumulada anual en la estación El Tigre. Este resultado indica que, durante los 40 años analizados, existe una asociación consistente entre el año y la cantidad de lluvia registrada en la estación. Con un nivel de significancia del 95%, esta asociación es estadísticamente significativa, lo que proporciona una base sólida para realizar inferencias y proyecciones futuras sobre los patrones de precipitación en la región.

Estación El Salto:

Tabla 8. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación El Salto

CORRELACIÓN: ESTACIÓN EL SALTO		
	ESTACIÓN EL SALTO (AÑO)	PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL
ESTACIÓN EL SALTO (AÑO)	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	0.751
	N	40
PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL	Correlación de Pearson	0.751
	Sig. (bilateral)	0.053
	N	40

Fuente: Elaboración propia, en el software SPSS.

Nota: La correlación de Pearson entre el año y la precipitación pluvial acumulada anual en la estación El Salto es de 0.751, con un valor de significancia bilateral de 0.053. Esta correlación sugiere una relación moderada a alta entre ambas variables. Indica que, a lo largo de los 40 años analizados, existe una asociación consistente entre el año y la cantidad de lluvia registrada en la estación. Con un nivel de significancia del 95%, esta asociación es estadísticamente significativa, proporcionando una base sólida para realizar inferencias y proyecciones futuras sobre los patrones de precipitación en la región.

Estación Puerto Pizarro:

Tabla 9. Validez y confiabilidad de la precipitación en la estación El Salto

CORRELACIÓN: ESTACIÓN PUERTO PIZARRO		
	ESTACIÓN PUERTO PIZARRO (AÑO)	PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL
ESTACIÓN PUERTO PIZARRO (AÑO)	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	0.107
	N	40
PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANUAL	Correlación de Pearson	0.683
	Sig. (bilateral)	0.107
	N	40

Fuente: Elaboración propia, en el software SPSS.

Nota: La correlación de Pearson entre el año y la precipitación pluvial acumulada anual en la estación Puerto Pizarro es de 0.683, con un valor de significancia bilateral de 0.107. Esto sugiere una relación moderada entre ambas variables. Este hallazgo indica que, durante los 40 años analizados, ha habido una asociación consistente entre el año y la cantidad de lluvia registrada en la estación. Con un nivel de significancia del 95%, esta asociación es estadísticamente significativa, lo que proporciona una base sólida para realizar inferencias y proyecciones futuras sobre los patrones de precipitación en la región.

3.3.4.3. Tabulación y análisis de datos

Para el análisis y tabulación de datos, se utilizarán hojas de cálculo de Excel, ArcGis Pro, Rstudio y Hydraccess.

Análisis exploratorio de datos:

Se realizó un análisis exploratorio de datos utilizando el método de Box Plot para evaluar estadísticos relativos de variación, localización y concentración de la serie de datos de precipitación pluvial. Este análisis se realizó a nivel mensual para cada estación meteorológica con el objetivo de evaluar la calidad de los datos.

Según Hernández (2014), el diagrama de cajas identifica valores atípicos mediante un test visual. Los valores que caen fuera de los intervalos de confianza del 5% y 95% son considerados como posibles valores atípicos.

Los límites superiores e inferiores para los intervalos de confianza se calcularon utilizando las siguientes formulas:

- Límite superior (Intervalo de confianza al 95%).

$$\frac{x - Q_3}{Q_3 - Q_1} > L_S$$

$$L_S = Q_3 + (Q_3 - Q_1) * 1.5$$

- Límite inferior (Intervalo de confianza al 5%).

$$\frac{x - Q_3}{Q_3 - Q_1} > L_I$$

$$L_I = Q_3 + (Q_3 - Q_1) * 1.5$$

Donde:

Ls y LI representan el valor crítico en el diagrama de cajas.

x representa el punto fuera del límite más alto o bajo en el diagrama de cajas.

Q1 y Q3 representan los cuartiles.

Análisis estadístico

Se realizó la prueba de distribución CUSUM, que es una prueba no paramétrica (distribución libre). Esta prueba se utiliza para determinar si los registros de dos partes de una serie de datos son diferentes, lo que podría indicar un cambio en el tiempo. La evaluación estadística se caracteriza por la secuencia cronológica de datos ($x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$):

$$V_K = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(X_i - X_{\text{mediana}})$$

$k=1, 2, 3, 4, \dots, n$

$\text{sgn}(x)=1$ cuando $x>0$

$\text{sgn}(x)=0$ cuando $x=0$

$\text{sgn}(x)=-1$ cuando $x<0$

Donde: X_{mediana} , es el valor de la mediana de X_i .

La distribución de V_K sigue la Kolmogorov-Smirnov para dos muestras:

$$(K_S = (2/n)\max|V_K|)$$

Con los valores críticos de $\max|V_K|$ dada por:

$$\sigma = 0.10 \quad 1.22(n^{0.5})$$

$$\sigma = 0.05 \quad 1.36(n^{0.5})$$

$$\sigma = 0.01 \quad 1.63(n^{0.5})$$

Cuando el valor de V_K es negativo, indica que la mediana de la última parte de los datos históricos es mayor que la primera parte y viceversa.

Prueba de Mann-Kendall

Para un análisis de tendencia más sólido, optaremos por la prueba de Mann-Kendall, un test no paramétrico diseñado específicamente para analizar tendencias en parámetros ambientales. Esta prueba es frecuentemente usada en climatología debido a su efectividad.

La prueba implica comparar los datos en orden secuencial bajo la hipótesis de estabilidad. Esto produce dos resultados: el valor estadístico p y el factor T . Si el valor estadístico p es menor 0.05, rechazaremos la hipótesis nula, lo que indica la presencia de una tendencia. La dirección y magnitud de esta tendencia está representada por el factor T : Una tendencia es positiva si T es positivo y negativa si es negativa. Además, cuanto mayor sea el valor de T , mayor será la magnitud de la tendencia presente en esta estación y viceversa.

Ecuación de Mann-Kendall:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

, donde:

$$\text{sgn} \begin{cases} +1, \text{ para } x > 0 \\ 0, \text{ para } x = 0 \\ -1, \text{ para } x < 0 \end{cases}$$

Cuando el valor S es positivo, se interpreta subjetivamente que hay una tendencia creciente, mientras que si S es negativo se interpreta que hay una tendencia decreciente.

Se estima una varianza para el estadístico S de Mann-Kendall considerando los casos de empates (cuando el signo de $x_j - x_k = 0$)

$$V_S = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^g t_i(t_i-1)(2*t_i+5)}{18}$$

Se procede a estandarizar el estadístico “ S ” para obtener otra variable “ Z ”, que sigue una distribución estándar en ausencia de

tendencia. Esta estandarización se realiza de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{V}}, \text{ para } S > 0 \\ 0, \text{ para } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{V}}, \text{ para } S < 0 \end{cases}$$

Método del vector regional

El método del vector regional (MVR), se divide en tres áreas principales: la crítica de datos, la homogeneización y la ampliación y competición de datos.

En el proceso de la regionalización, se lleva a cabo el cálculo del vector regional, utilizando todos los datos relevantes para luego contrastar este vector con cada estación pluviométrica individual. Una vez obtenida el vector regional, se realiza una comparación interactiva con las estaciones individuales para detectar posibles discrepancias con los datos del vector regional. En resumen, el objetivo fundamental del MRV es comparar las estaciones mediante técnicas como la doble masa y correlación.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del análisis conforme al enfoque metodológico que se ha propuesto. Este proceso comienza con una evaluación geomorfológica de la cuenca en estudio, luego continua con el análisis preliminar de los datos de precipitación y concluye con la obtención del índice estandarizado de precipitación (SPI) mediante el uso de diferentes softwares desarrollados para lograr tal fin.

4.1.1. Análisis de la cuenca hidrográfica

Se realizó el análisis de delimitación de la cuenca del Río Zarumilla utilizando el software Arcgis Pro para lograr este objetivo. Como resultado de este análisis, se obtuvo la delimitación que se muestra en el gráfico 10, además se llevaron a cabo los cálculos de los parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio.

a) Área

El área de la cuenca hidrográfica es, un parámetro esencial ya que define la extensión sobre la cual se distribuyen los procesos hidrológicos. Para la cuenca del Río Zarumilla, el área fue calculada en 375 km². Este valor es fundamental para estimar la cantidad de precipitación que la cuenca puede captar y los volúmenes de escurrimiento potenciales.

b) Perímetro

El perímetro de la cuenca, es la longitud total del contorno de la cuenca. Este parámetro es relevante para el cálculo de la forma y la compacidad de la cuenca. El perímetro de la cuenca del Río Zarumilla fue determinado en 151.64 km. Este dato se utiliza en cálculos posteriores para el índice de compacidad y para evaluar la eficiencia del drenaje.

c) Longitud del cauce principal

La longitud del cauce principal, es la distancia medida a lo largo del curso principal del río desde la salida de la cuenca hasta el punto más alejado dentro de la cuenca. Para la cuenca del Río Zarumilla, esta longitud fue medida en 62.6 km. La longitud del cauce principal influye en el tiempo de concentración y en los tiempos de respuesta de la cuenca frente a eventos de precipitación.

d) Forma de la cuenca

La forma de la cuenca se describe comúnmente en términos de su coeficiente de forma, que es una relación entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud del cauce principal. Para la cuenca del Río Zarumilla, el coeficiente de forma es 0.096.

Este valor sugiere una cuenca muy alargada, las cuencas con coeficientes de forma bajos tienden a tener un flujo de agua más lento hacia la desembocadura de la cuenca, lo que puede reducir el riesgo de inundaciones repentinas, pero prolongar el tiempo de concentración de flujo.

$$F = \frac{A}{L^2} = \frac{375}{62.5^2} = 0.096$$

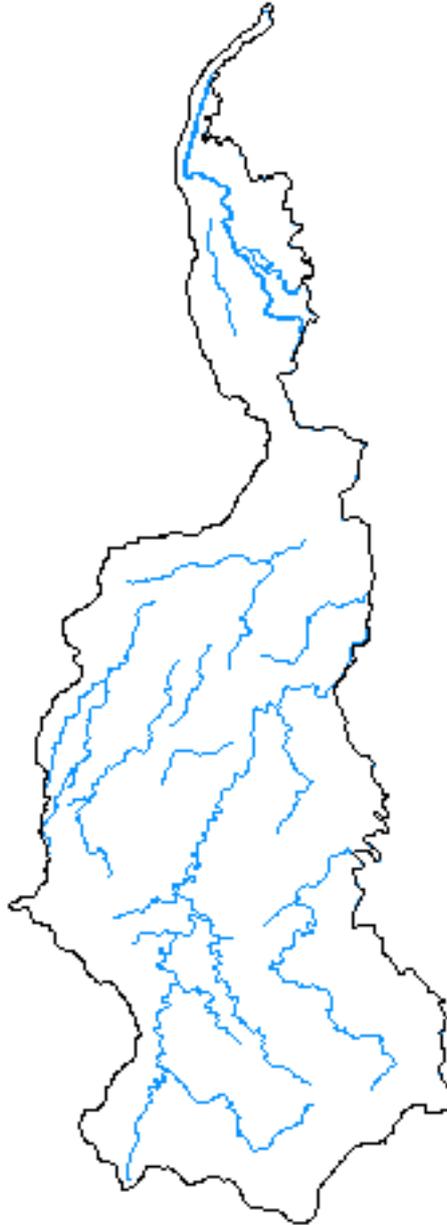
e) Índice de compacidad

El índice de compacidad, es una medida que compara la forma de la cuenca con un círculo, la forma más eficiente para el drenaje. Se calcula utilizando la fórmula:

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28 \frac{151.64}{\sqrt{375}} = 2.19$$

Para la cuenca del Río Zarumilla, el índice de compacidad fue calculado como 2.19. Un índice de compacidad de 2.19 sugiere una forma significativamente irregular, lo cual implica una menor eficiencia en términos de drenaje. Las cuencas con un alto índice de compacidad tienden a tener un drenaje más disperso y una respuesta hidrológica menos uniforme a los eventos de precipitación.

Gráfico 10. Cuenca del Río Zarumilla delimitada



Nota: En el gráfico se aprecian las estaciones meteorológicas las cuales se describen en la tabla a continuación:

Tabla 10. Estaciones analizadas en la zona de estudio

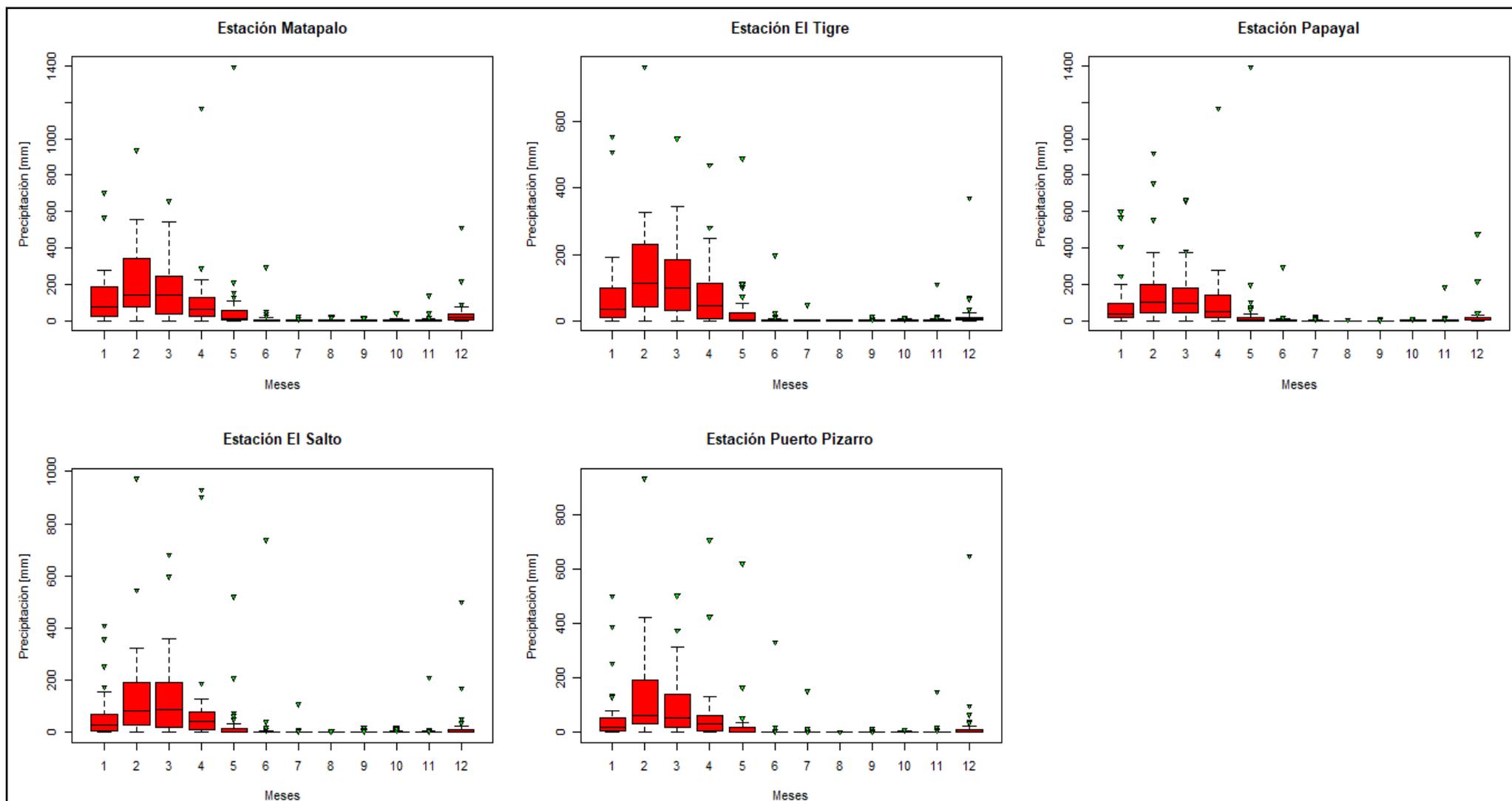
Nombre de estación	Código	Latitud	Longitud	Altitud
Matapalo	472F353C	3°40'57.94"	80°11'54.64"	62 msnm
El Tigre	4724A3F6	3°46'7.32"	80°27'24.8"	37 msnm
Papayal	103040	3°34'2.36"	80°13'59.65"	50 msnm
El Salto	103041	3°27'6.15"	80°16'48.72"	4 msnm
Puerto Pizarro	103038	3°30'13.67"	80°23'42.14"	6 msnm

4.1.2. Análisis exploratorio de datos (AED)

Se realizó un análisis exploratorio de datos (AED) utilizando diagramas de cajas (Box-plots), una herramienta eficaz para la detección de datos atípicos (outliers). Estos diagramas permiten visualizar la distribución de los datos y detectar valores fuera de los límites esperados.

En el gráfico 11, se presentan los diagramas de caja correspondientes a las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto, y Puerto Pizarro, demostrando que la mayoría de los datos se encuentran dentro de los límites de confianza establecidos. Este análisis preliminar es crucial para asegurar la calidad y confiabilidad de los datos antes de proceder con análisis más complejos.

Gráfico 11. Diagrama de Caja y Bigote (Box-Plot) de las Estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto, y Puerto Pizarro



Fuente: Elaboración propia. Precipitación mensual (periodo 1981-2020) por estación meteorológica

4.1.3. Análisis estadístico

En este apartado se presenta el análisis estadístico utilizando la prueba CUSUM para identificar cambios en la media o la no homogeneidad de los datos de precipitación. La prueba CUSUM, siendo un test no paramétrico, es adecuada para detectar tendencias o saltos en las series temporales de datos. A continuación, se detallan los resultados obtenidos para las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro.

Prueba CUSUM

La prueba CUSUM se aplicó a los datos de precipitación anual para identificar posibles cambios en la media. Este método permite detectar de manera efectiva cualquier tendencia o cambio estructural en la serie de datos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 11, donde se indican los años en los que se observan saltos significativos, así como aquellos que no son representativos.

Tabla 11. Resultados de la prueba CUSUM para las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro

Estación	Año de Cambio	CUSUM	Tendencia
Matapalo	1983	S	Represento saltos representativos
El Tigre	1983	S	Represento saltos representativos
Papayal	1983	S	Represento saltos representativos
El Salto	1983	S	Represento saltos representativos
Puerto Pizarro	1983	S	Represento saltos representativos

4.1.4. Análisis de tendencia

Este análisis estadístico incrementa la confiabilidad de los datos mediante el uso del Test de Mann-Kendall. Este test es útil para evaluar la presencia de tendencias en series temporales, especialmente en el contexto de datos de precipitación. A continuación, se presentan los resultados para las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro, mostrando que los datos cumplen con los niveles de significancia establecidos, indicando una serie homogénea y constante en el tiempo.

Test de Mann-Kendall

El Test de Mann-Kendall, es una prueba no paramétrica que se utiliza para identificar tendencias en series temporales. Los resultados del test se resumen en la Tabla 12, donde se muestra el nivel de significancia para cada estación. Un nivel de significancia menor a 1.96 indica que la serie es homogénea (libre de tendencias y saltos) y constante en el tiempo.

Tabla 12. Resultados del Test de Mann-Kendall para las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro

Estación	Test Estadístico	Nivel de Significancia $\alpha=0.05$	Mann Kendall	Tendencia
Matapalo	2.423	0.015	S	Serie de tiempo significativa
El Tigre	2.272	0.023	S	Serie de tiempo significativa
Papayal	1.214	0.284	NS	Serie de tiempo no significativa
El Salto	1.561	0.118	NS	Serie de tiempo no significativa
Puerto Pizarro	1.282	0.200	NS	Serie de tiempo no significativa

4.1.5. Región Homogénea por el Método del Vector Regional (MVR)

El Método del Vector Regional (MVR) se utiliza para evaluar la homogeneidad de una región mediante la creación de una estación ficticia conocida como vector regional. Este vector se compara con las estaciones reales para determinar si los datos son consistentes, lo que permite clasificar la región como homogénea.

En este análisis, se ha aplicado el MVR a las estaciones Matapalo, Papayal, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro. La homogeneidad de la región se evalúa mediante dos criterios clave:

- Desviaciones Estándar (D.E.) menores a 0.4: Indicando baja variabilidad en los datos de las estaciones comparadas con el vector regional.
- Correlación con el vector regional mayor a 0.7: Demostrando una fuerte relación entre los datos de las estaciones y el vector regional.

Resultados del Análisis de MVR

La Tabla 13 presenta los valores de las desviaciones estándar y las correlaciones con el vector regional para las cinco estaciones.

Tabla 13. Evaluación de la Homogeneidad Regional mediante el Método del Vector Regional (MVR)

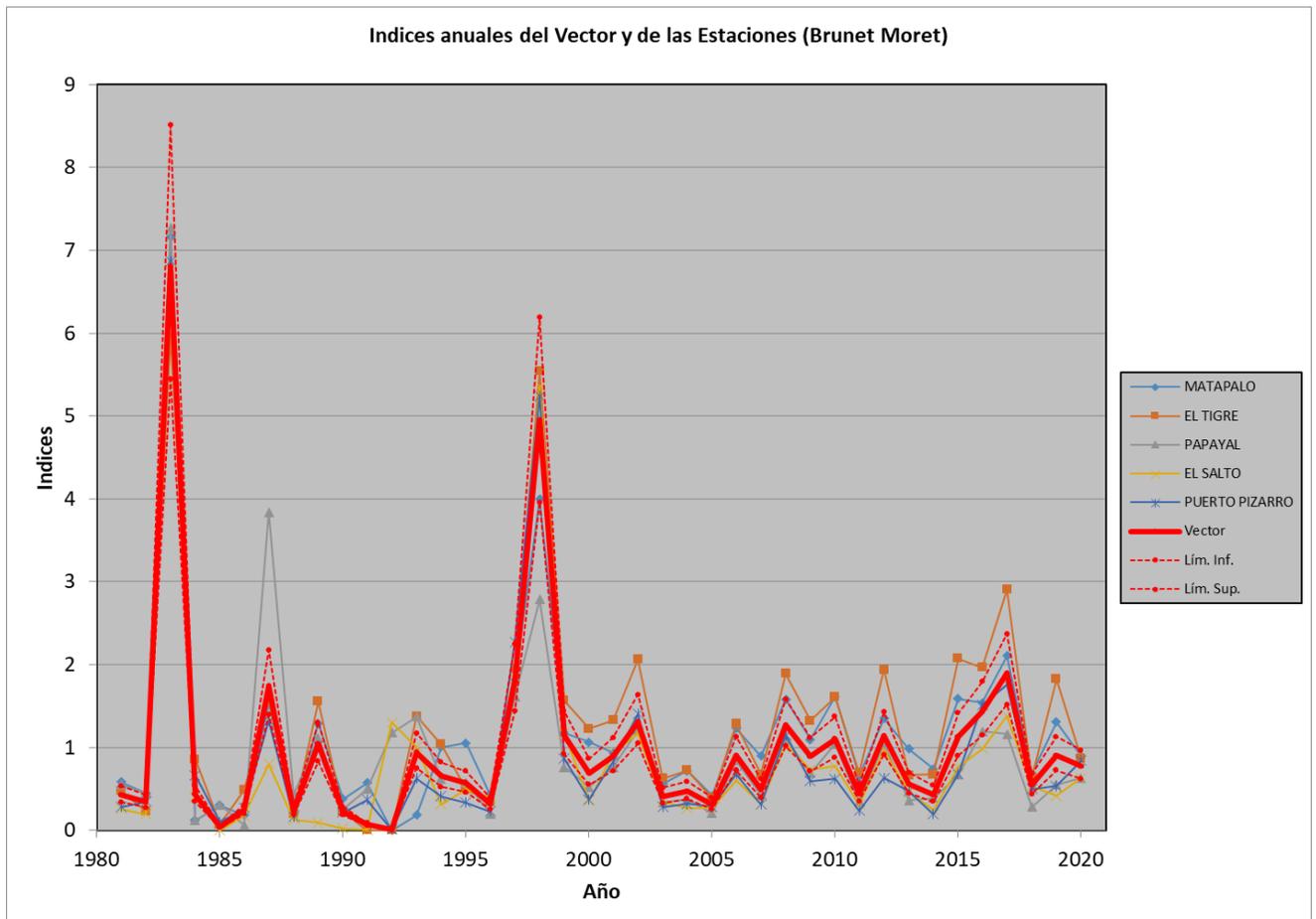
Id Estación	N° Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector
MATAPALO	40	0.328	0.061	0.971
EL TIGRE	40	0.452	0.016	0.959
PAPAYAL	40	0.565	0.034	0.895
EL SALTO	40	0.364	0.148	0.965
PUERTO PIZARRO	40	0.238	0.048	0.987

Nota: La tabla muestra los cálculos estadísticos realizados con el software HYDRACCESS.

Análisis de los Índices Anuales del Vector Regional

El gráfico 12, ilustra los índices anuales del vector regional comparados con los datos de las estaciones. Estos índices se encuentran dentro de los límites superior e inferior del vector acumulado, confirmando la homogeneidad de la región.

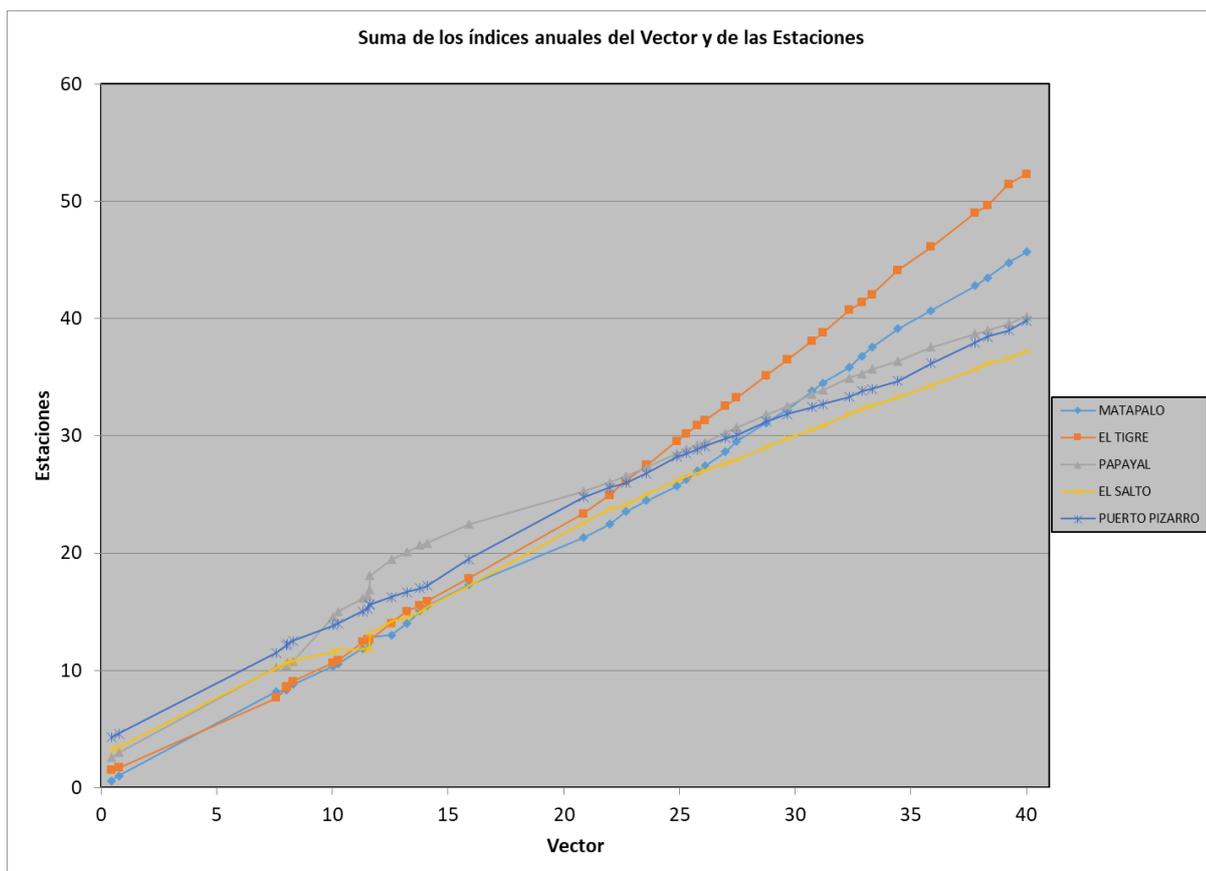
Gráfico 12. Índices Anuales del Vector Regional



Nota: Este gráfico muestra los resultados obtenidos a través del método del vector regional, ilustrando los índices anuales correspondientes a las estaciones y al vector regional.

Adicionalmente, el análisis muestra que las estaciones El Tigre y El Salto no presentan cambios significativos de pendiente, mientras que Matapalo muestra un cambio ligero pero aceptable. Esto indica una consistencia en los datos de las estaciones, eliminando la necesidad de correcciones.

Gráfico 13. Índices Acumulados de las Estaciones en Estudio

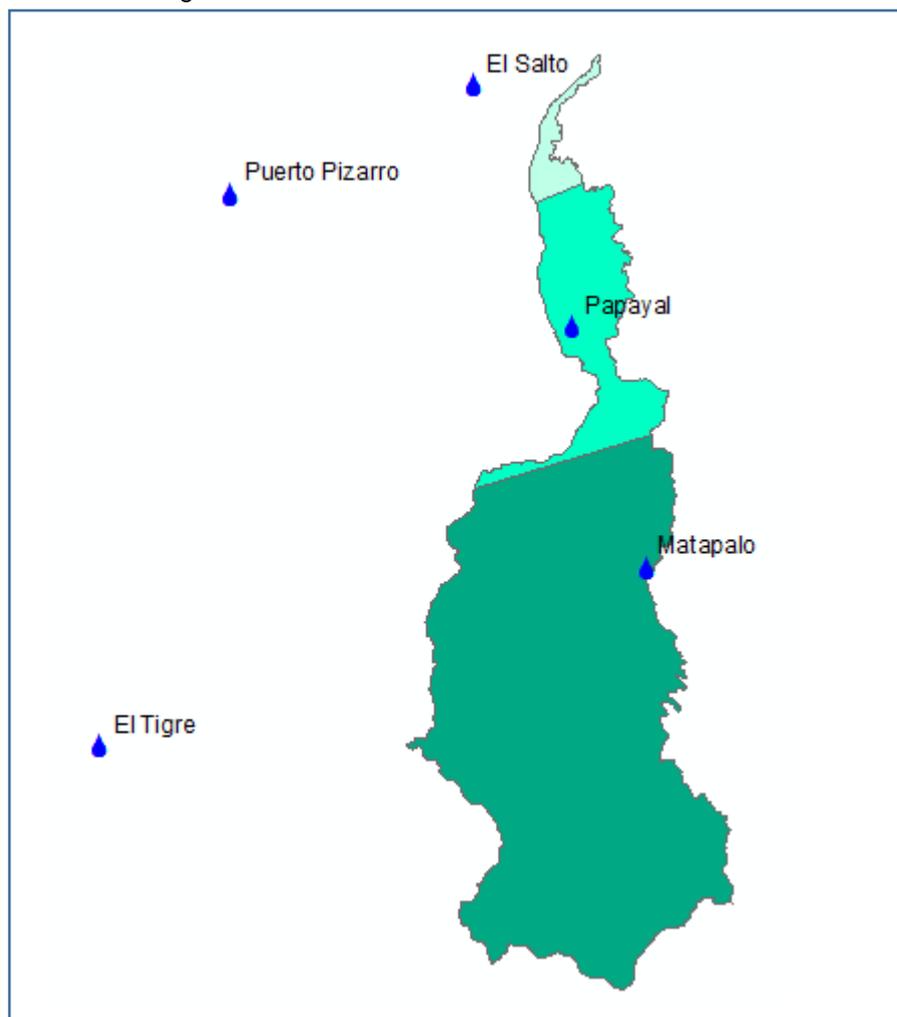


Nota: Este gráfico representa la totalización de los índices anuales de las estaciones evaluadas

4.1.6. Regionalización mediante el Polígono de Thiessen

Posteriormente, se realizó la regionalización de la cuenca del Río Zarumilla utilizando el Polígono de Thiessen. Este método facilitó la delimitación de las áreas abarcadas por las estaciones que se encuentran dentro de la cuenca, considerándolas como subcuencas.

Gráfico 14. Regionalización de la Cuenca del Río Zarumilla.



Nota: El gráfico ilustra el Polígono de Thiessen, utilizado para dividir en subcuencas, donde cada estación corresponde a una región específica.

Tabla 14. Áreas de Cuenca del Río Zarumilla por Estación

Estación	Área (Km2)
Matapalo	313.32
Papayal	53.14
El Salto	8.52

Nota: La tabla representa el área de cada región, determinada mediante el método de Thiessen.

4.1.7. Análisis de Series Históricas

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de las series históricas de precipitación mensual total para cada estación. Los gráficos 15, 16, 17, 18 y 19 muestran estas series para las estaciones Matapalo, El Tigre, El Salto y Puerto Pizarro, respectivamente.

Gráfico 15. Serie Histórica de Precipitación - Estación Matapalo

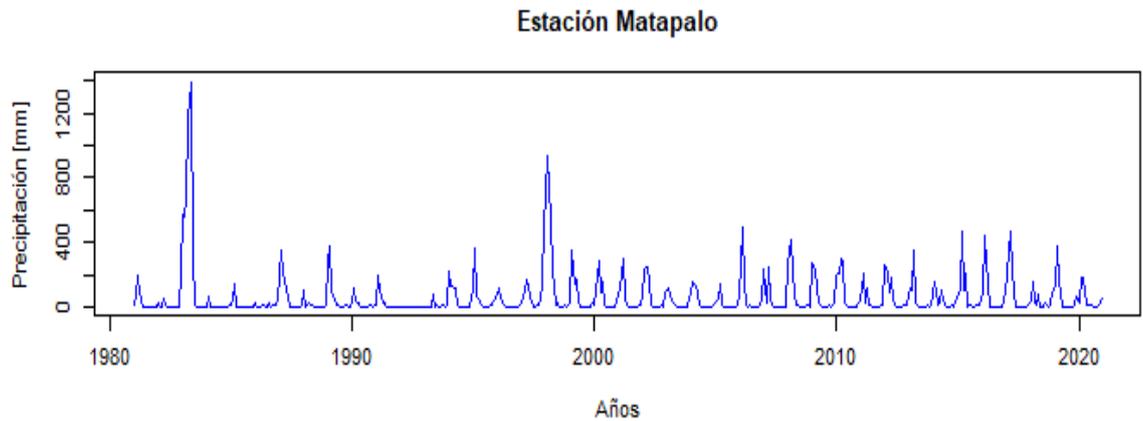


Gráfico 16. Serie Histórica de Precipitación - Estación El Tigre

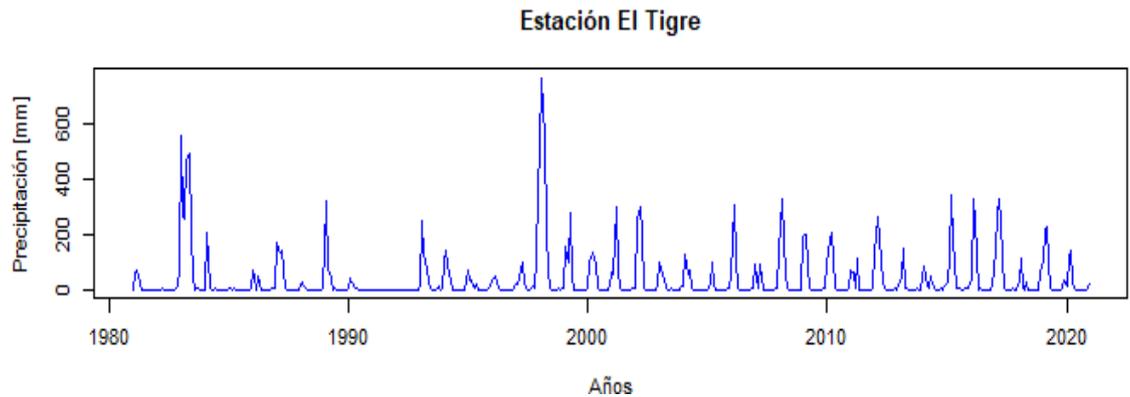


Gráfico 17. Serie Histórica de Precipitación - Estación Papayal

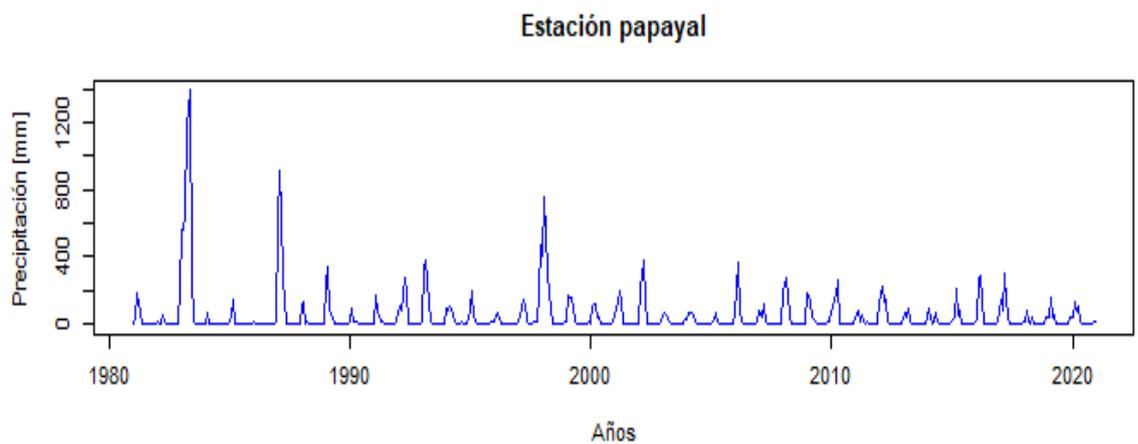


Gráfico 18. Serie Histórica de Precipitación - Estación El Salto

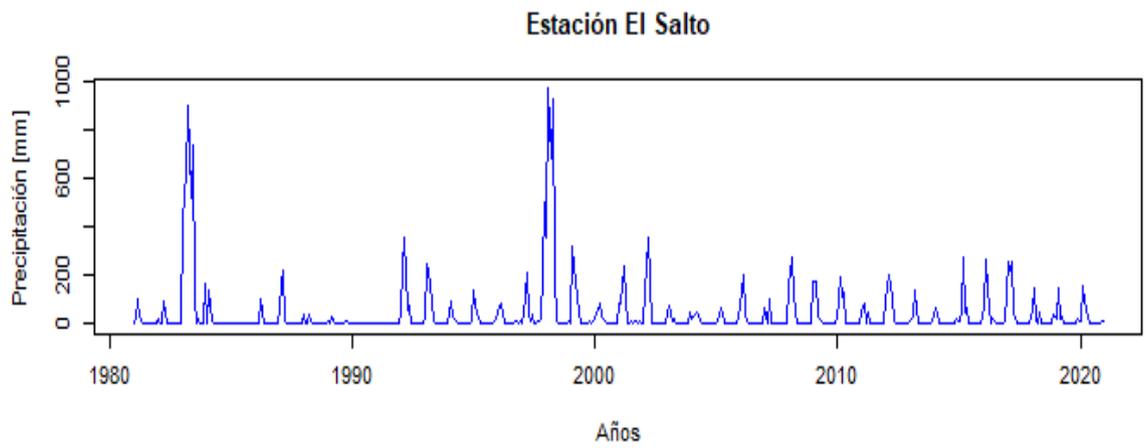
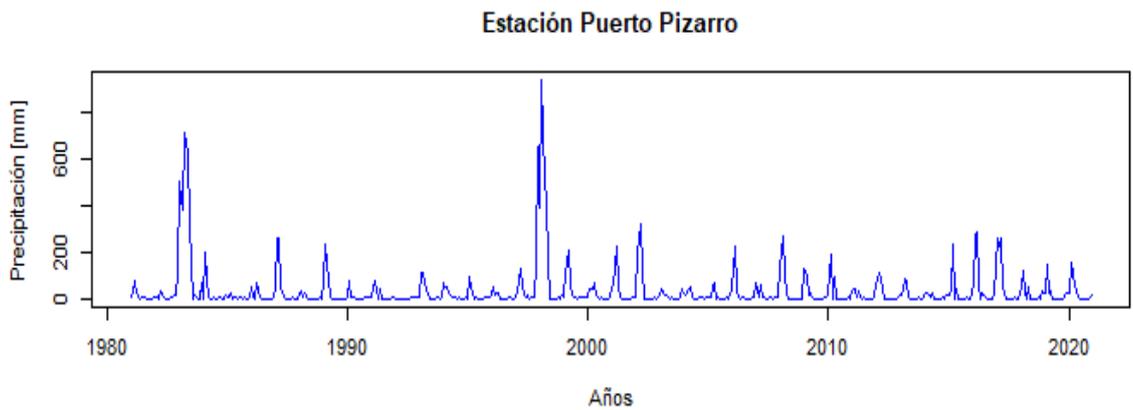


Gráfico 19. Serie Histórica de Precipitación - Estación Puerto Pizarro



Nota: Los gráficos muestran las series históricas mensuales correspondientes a la zona de estudio.

El régimen pluvial se analizó mediante los datos de precipitación mensual acumulada para cada estación, tal como se muestra en los gráficos 20, 21, 22, 23 y 24.

Gráfico 20. Régimen Pluvial - Estación Matapalo

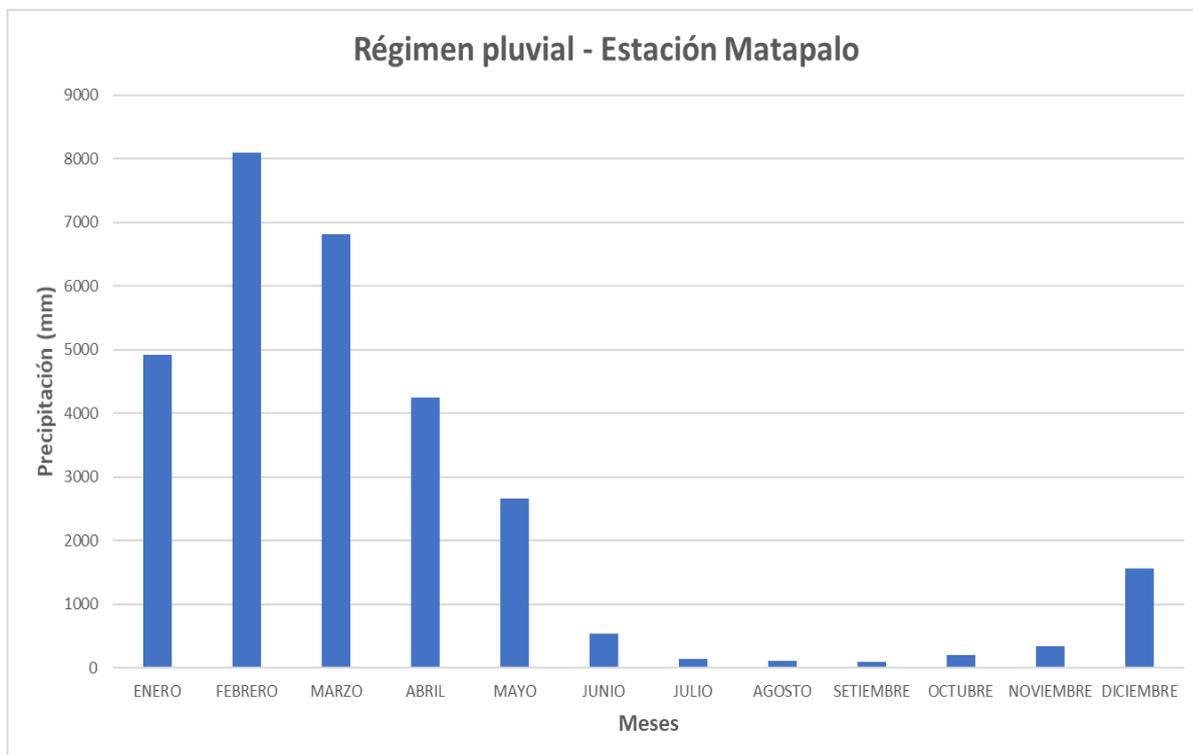


Gráfico 21. Régimen Pluvial - Estación El Tigre

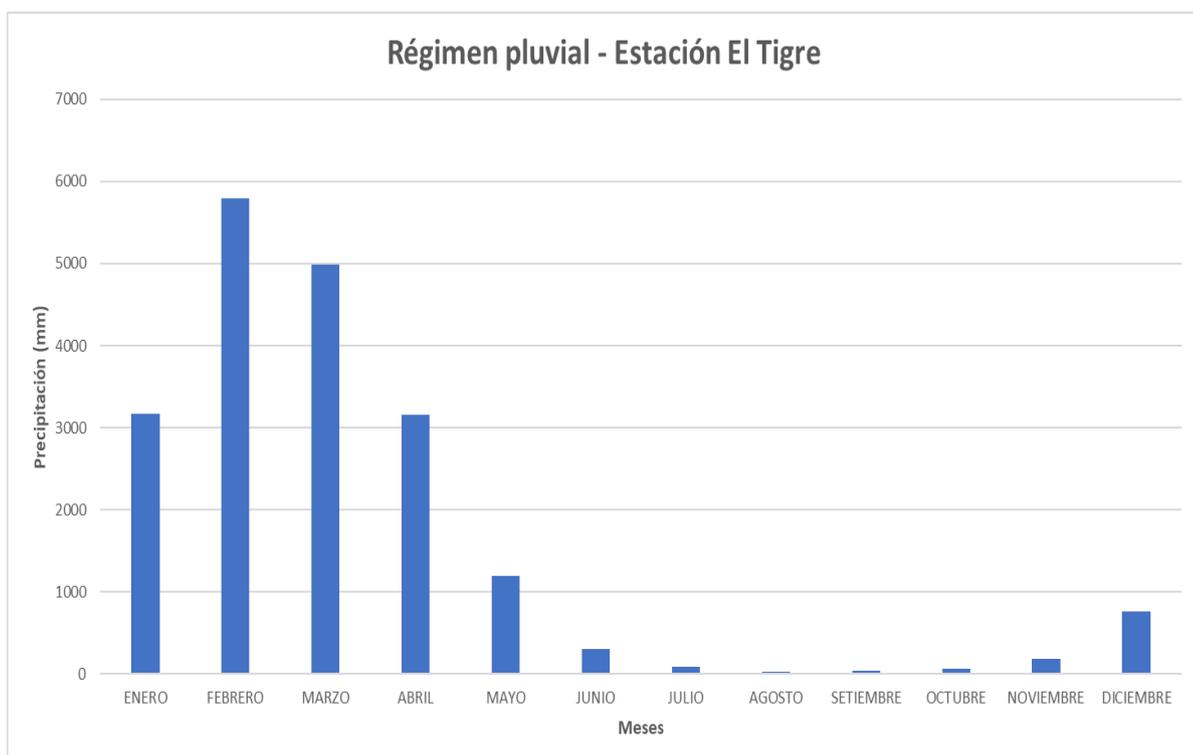


Gráfico 22. Régimen Pluvial - Estación Papayal

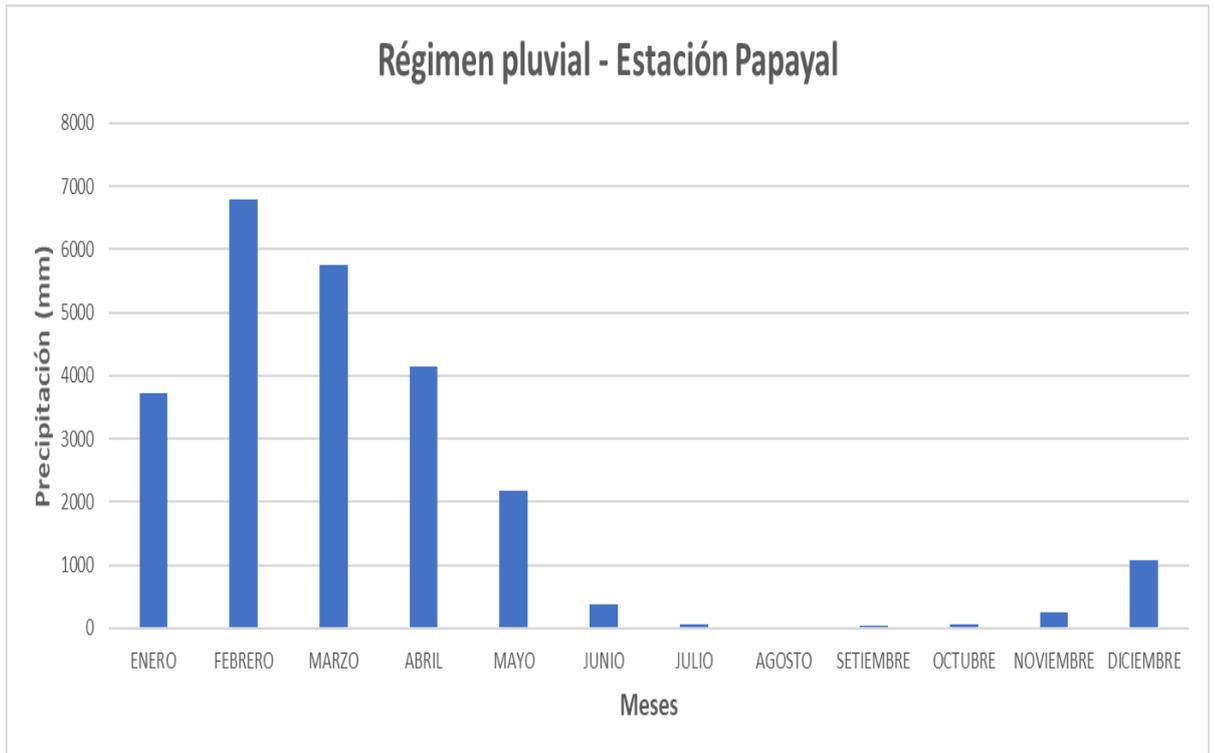


Gráfico 23. Régimen Pluvial - Estación El Salto

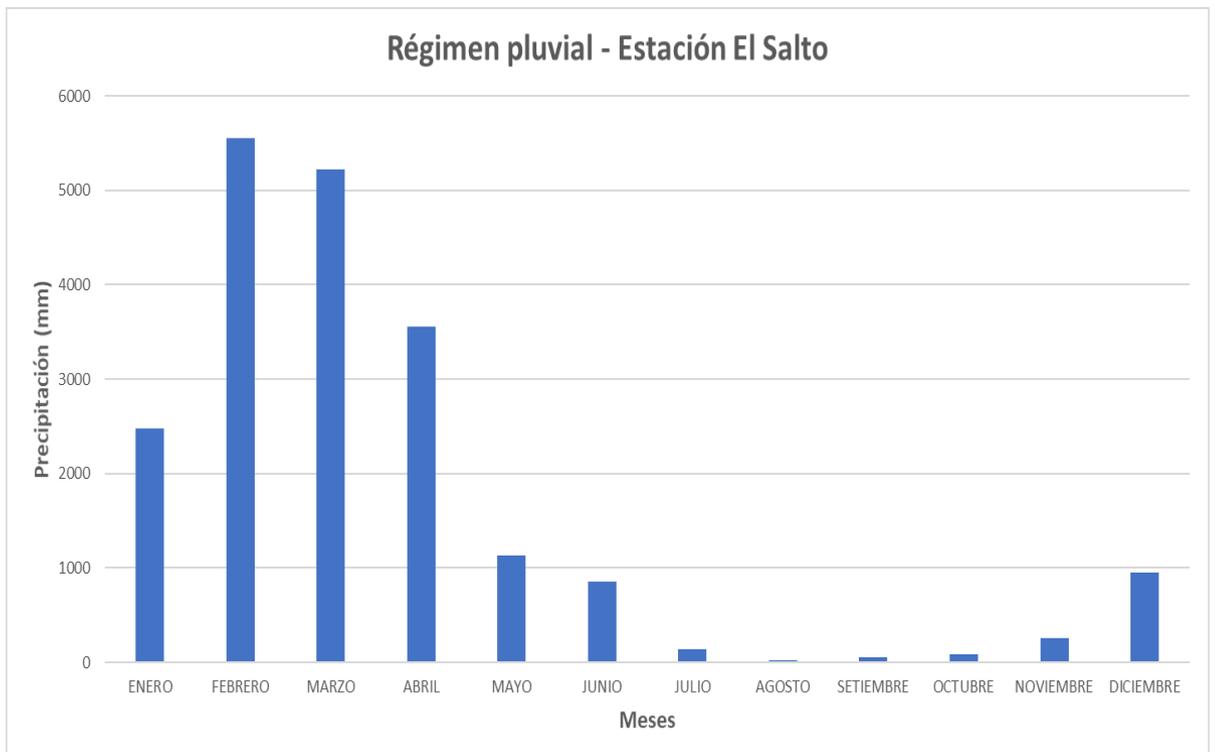
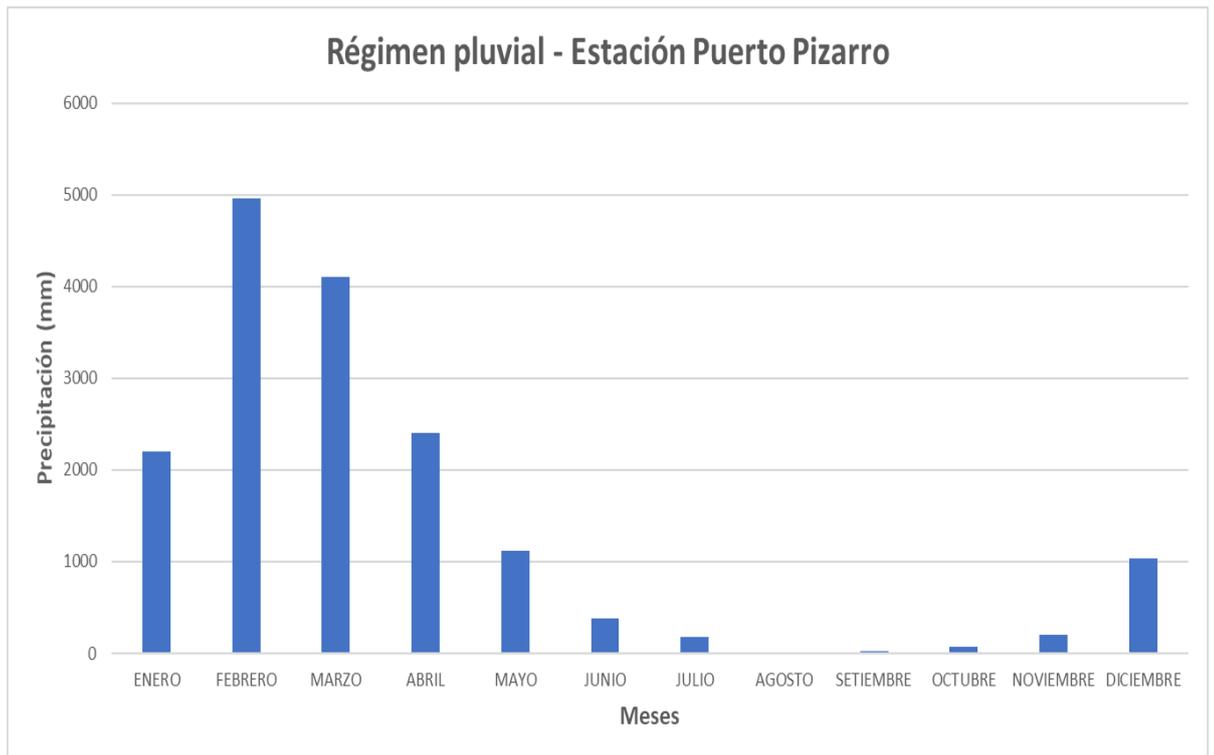


Gráfico 24. Régimen Pluvial - Estación Puerto Pizarro



Nota: Las figuras presentan un régimen pluvial unimodal, concentrando la mayor precipitación de enero a abril y un periodo de ausencia de lluvia de junio a noviembre.

4.1.8. Caracterización de las sequías meteorológicas

Una vez identificada la zona homogénea y obtenidas las series históricas mensuales (1981-2020) de cada estación dentro de esta área, se procedió a la caracterización de las sequías utilizando los Índices Estandarizados de Precipitación (SPI) en escalas de 3 y 6 meses. Este análisis se centró en determinar la intensidad, duración, severidad y frecuencia de las sequías.

4.1.8.1. Índice Estandarizado de precipitación a un periodo de 3 meses (SPI 3)

La caracterización de las sequías a escala de 3 meses se realizó utilizando el software RStudio. Este enfoque permitió identificar y analizar los eventos de sequía en escala de tres meses por cada estación, proporcionando información detallada sobre los patrones de sequía en la región.

Gráfico 25. Evaluación temporal SPI 3 - Estación Matapalo

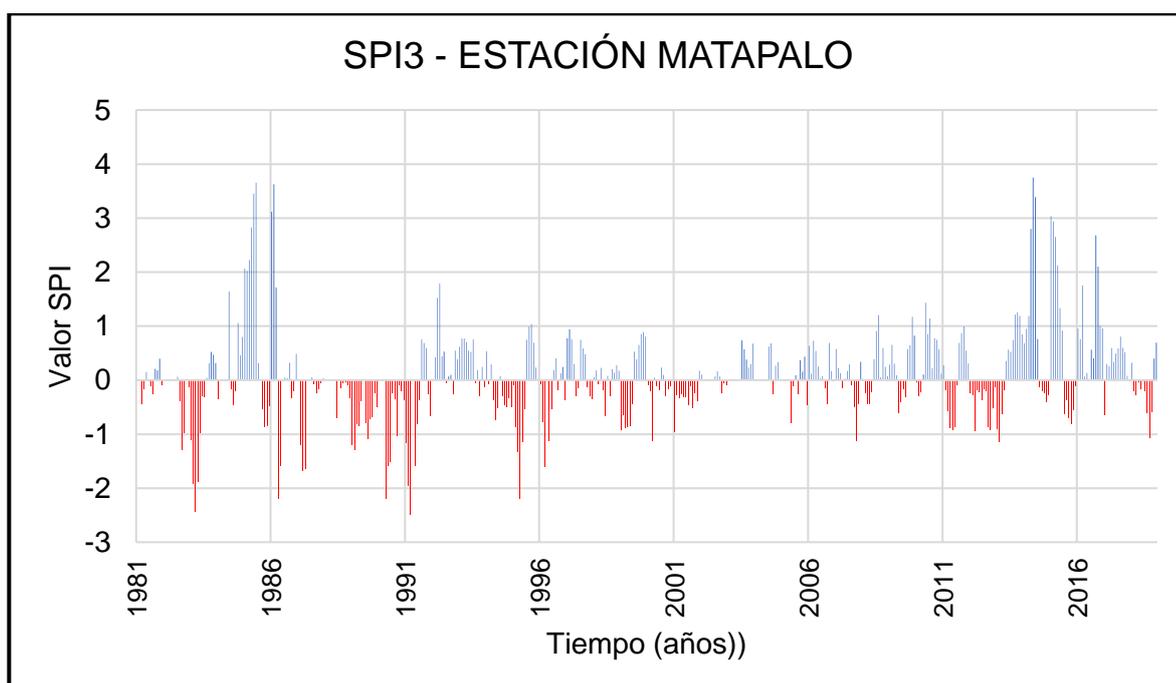


Gráfico 26. Evaluación temporal SPI 3 - Estación El Tigre

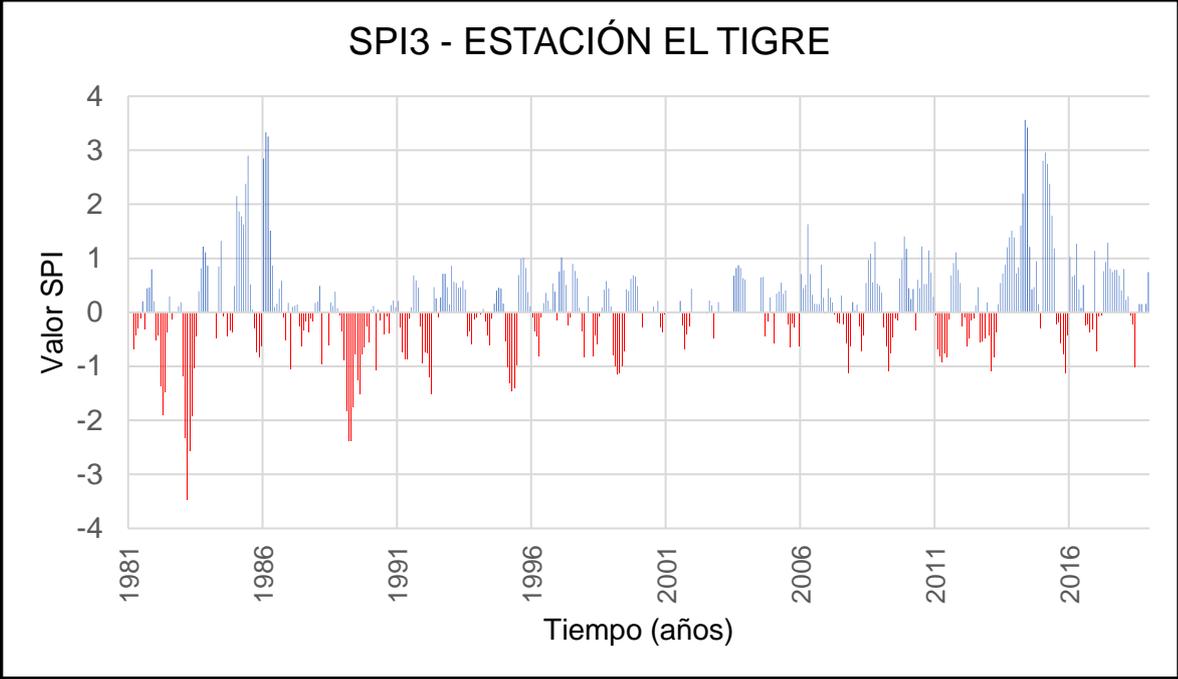


Gráfico 27. Evaluación temporal SPI 3 - Estación Papayal

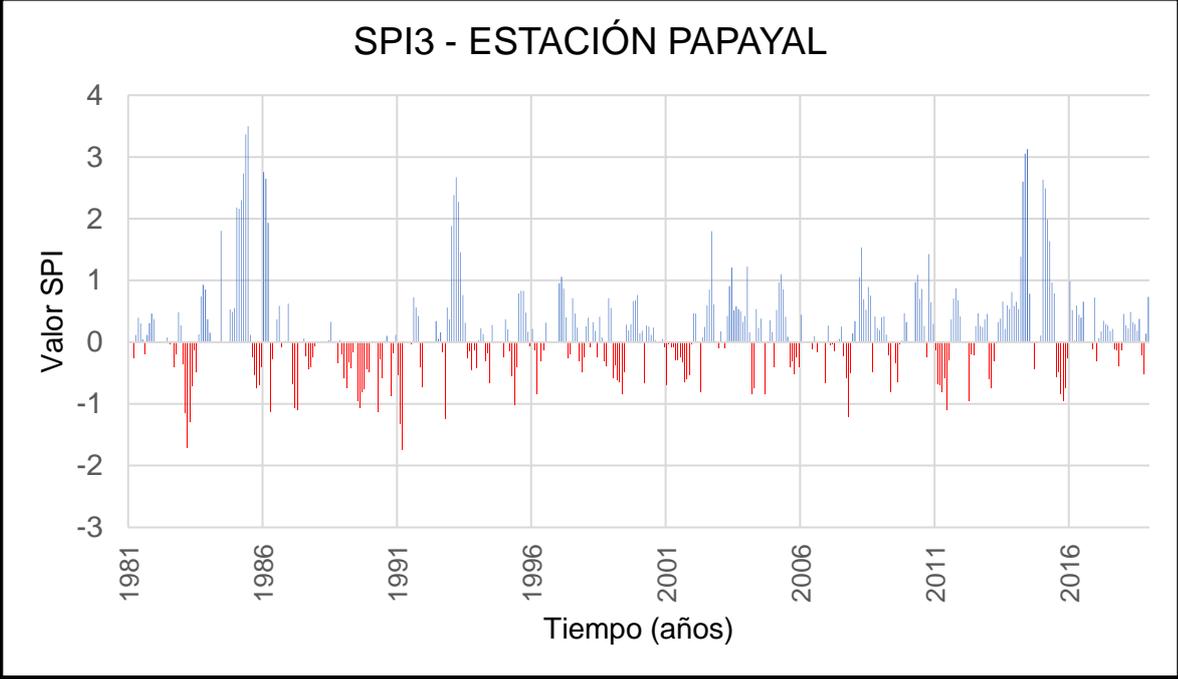


Gráfico 28. Evaluación temporal SPI 3 - Estación El Salto

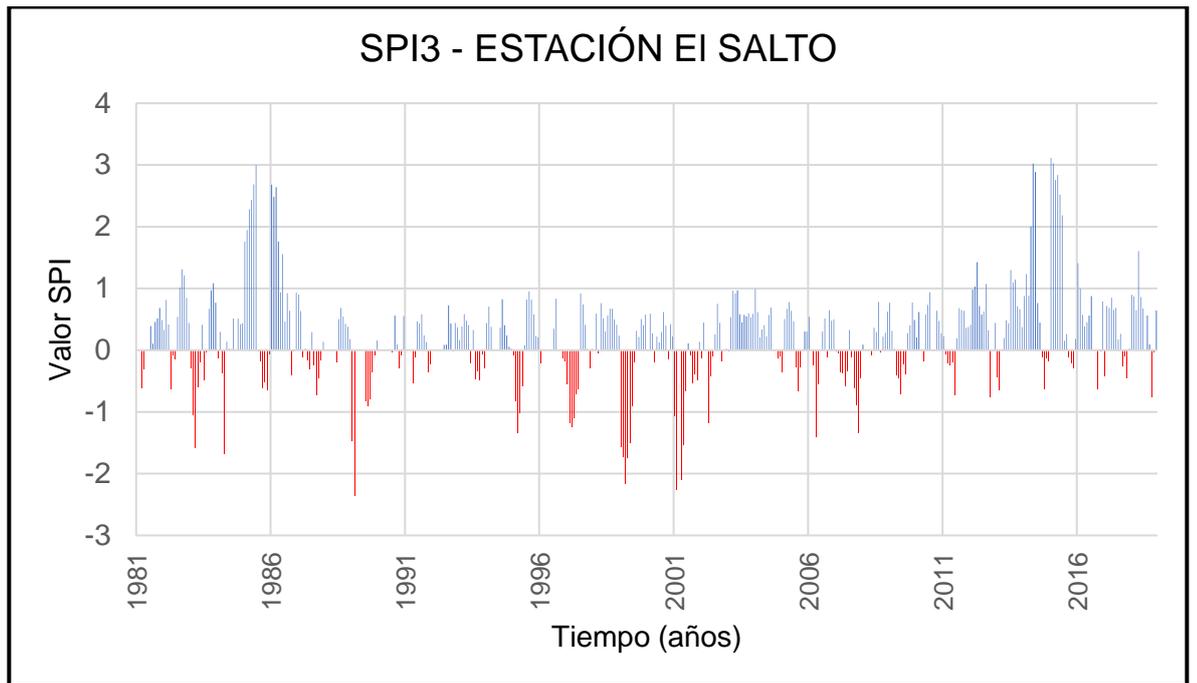
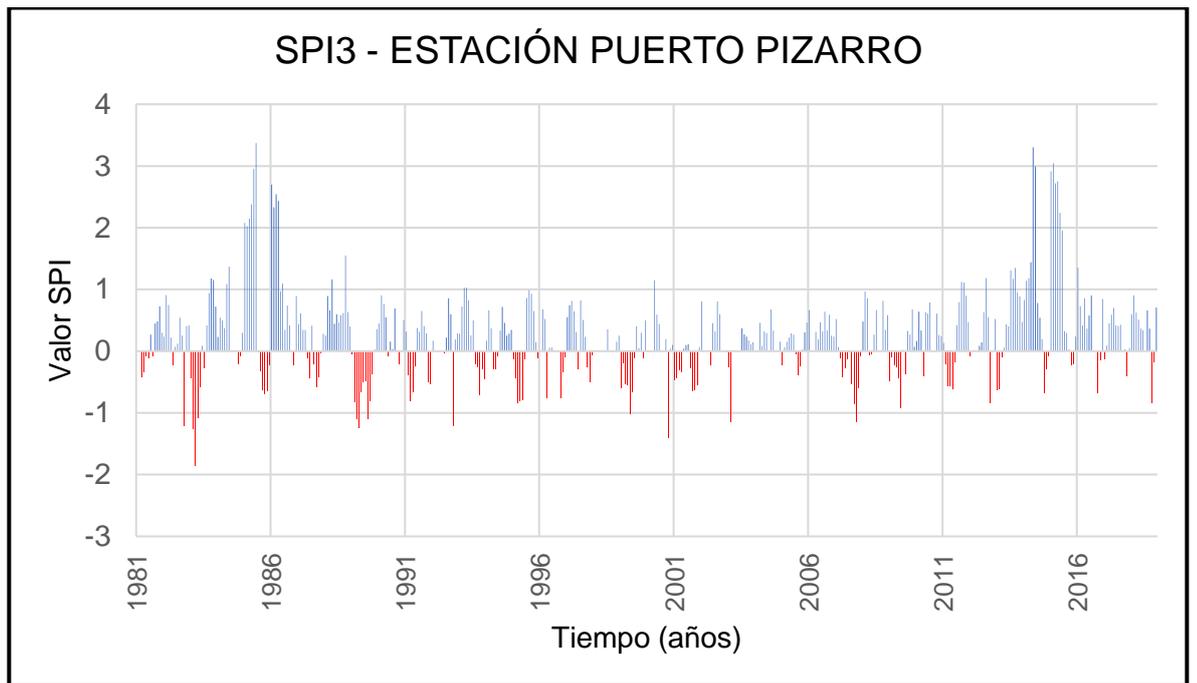


Gráfico 29. Evaluación temporal SPI 3 - Estación Puerto Pizarro



En las siguientes tablas se presentarán los resultados de la caracterización de las sequias para las estaciones en estudio:

Tabla 15. Caracterización del SPI 3 - Estación Matapalo

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/09/1982	01/10/1982	1	-1.29	1.29
01/01/1983	01/05/1983	4	-2.44	7.34
01/04/1986	01/06/1986	2	-2.20	3.78
01/02/1987	01/05/1987	3	-1.68	4.52
01/01/1989	01/03/1989	2	-1.28	2.48
01/08/1989	01/09/1989	1	-1.08	1.08
01/04/1990	01/07/1990	3	-2.20	5.29
01/09/1990	01/10/1990	1	-1.03	1.03
01/01/1991	01/04/1991	3	-2.49	5.60
01/05/1991	01/06/1991	1	-1.58	1.58
01/03/1995	01/06/1995	3	-2.20	4.66
01/03/1996	01/04/1996	1	-1.61	1.61
01/05/1996	01/06/1996	1	-1.13	1.13
01/03/2000	01/04/2000	1	-1.13	1.13
01/10/2007	01/11/2007	1	-1.13	1.13
01/02/2013	01/03/2013	1	-1.14	1.14
01/09/2018	01/10/2018	1	-1.06	1.06

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/01/1983 al 01/05/1983, abarcando un total de 4 meses con una intensidad de -2.44 y una severidad de 7.34.

Tabla 16. Caracterización del SPI 3 - Estación El Tigre

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/03/1982	01/06/1982	3	-1.90	4.74
01/01/1983	01/07/1983	6	-3.47	12.47
01/02/1989	01/06/1989	4	-2.38	8.34
01/07/1989	01/09/1989	2	-1.51	2.76
01/03/1990	01/04/1990	1	-1.07	1.07
01/03/1992	01/05/1992	2	-1.52	2.72
01/02/1995	01/06/1995	4	-1.45	5.16
01/03/1999	01/05/1999	2	-1.14	2.26
01/10/2007	01/11/2007	1	-1.12	1.12
01/04/2009	01/05/2009	1	-1.09	1.09
01/02/2013	01/03/2013	1	-1.08	1.08
01/11/2015	01/12/2015	1	-1.13	1.13
01/06/2018	01/07/2018	1	-1.02	1.02
01/01/2019	01/02/2019	1	-1.14	1.14
01/10/2020	01/11/2020	1	-1.14	1.14

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/01/1983 al 01/07/1983, abarcando un total de 6 meses con una intensidad de -3.47 y una severidad de 12.47.

Tabla 17. Caracterización del SPI 3 - Estación Papayal

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/02/1983	01/05/1983	3	-1.70	4.13
01/04/1986	01/05/1986	1	-1.13	-1.13
01/03/1987	01/05/1987	2	-1.09	2.15
01/08/1989	01/09/1989	1	-1.07	1.07
01/04/1990	01/05/1990	1	-1.13	1.13
01/02/1991	01/04/1991	2	-1.75	3.08
01/10/1992	01/11/1992	1	-1.23	1.23
01/05/1995	01/06/1995	1	-1.02	1.02
01/10/2007	01/11/2007	1	-1.21	1.21
01/06/2011	01/07/2011	1	-1.10	1.10

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/02/1983 al 01/05/1983, abarcando un total de 3 meses con una intensidad de -1.70 y una severidad de 4.13.

Tabla 18. Caracterización del SPI 3 - Estación El Salto

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/02/1983	01/04/1983	2	-1.58	2.64
01/04/1984	01/05/1984	1	-1.68	1.68
01/01/1989	01/03/1989	2	-2.36	3.84
01/03/1995	01/05/1995	2	-1.33	2.35
01/02/1997	01/05/1997	3	-1.24	3.51
01/01/1999	01/06/1999	5	-2.17	8.69
01/01/2001	01/03/2001	2	-2.25	3.32
01/04/2001	01/06/2001	2	-2.10	3.64
01/04/2002	01/05/2002	1	-1.18	1.18
01/04/2006	01/05/2006	1	-1.40	1.40
01/11/2007	01/12/2007	1	-1.34	1.34

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/01/1999 al 01/06/1999, abarcando un total de 5 meses con una intensidad de -2.17 y una severidad de 8.69.

Tabla 19. Caracterización del SPI 3 - Estación Puerto Pizarro

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/10/1982	01/11/1982	1	-1.21	1.21
01/02/1983	01/05/1983	3	-1.86	4.19
01/03/1989	01/05/1989	2	-1.24	2.33
01/08/1989	01/09/1989	1	-1.10	1.10
01/10/1992	01/11/1992	1	-1.21	1.21
01/05/1999	01/06/1999	1	-1.02	1.02
01/10/2000	01/11/2000	1	-1.41	1.41
01/02/2003	01/03/2003	1	-1.14	1.14
01/10/2007	01/11/2007	1	-1.14	1.14

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/02/1983 al 01/05/1983, abarcando un total de 3 meses con una intensidad de -1.86 y una severidad de 4.19.

4.1.8.2. Índice Estandarizado de precipitación a un periodo de 6 meses (SPI 6)

La caracterización de las sequías a una escala de 6 meses (SPI 6) se realiza de manera similar al análisis de SPI 3. Este índice proporciona una evaluación de las condiciones de sequía a mediano plazo, capturando los efectos acumulativos de la precipitación o la falta de ella a lo largo de un semestre.

Utilizando el software RStudio, se analizaron las series históricas mensuales (1981-2020) de cada una de las estaciones dentro de la zona homogénea. Los resultados del SPI 6 se interpretan en términos de intensidad, duración, severidad y frecuencia, proporcionando una visión integral de las sequías en un marco temporal más amplio.

Gráfico 30. Evaluación temporal SPI 6 - Estación Matapalo

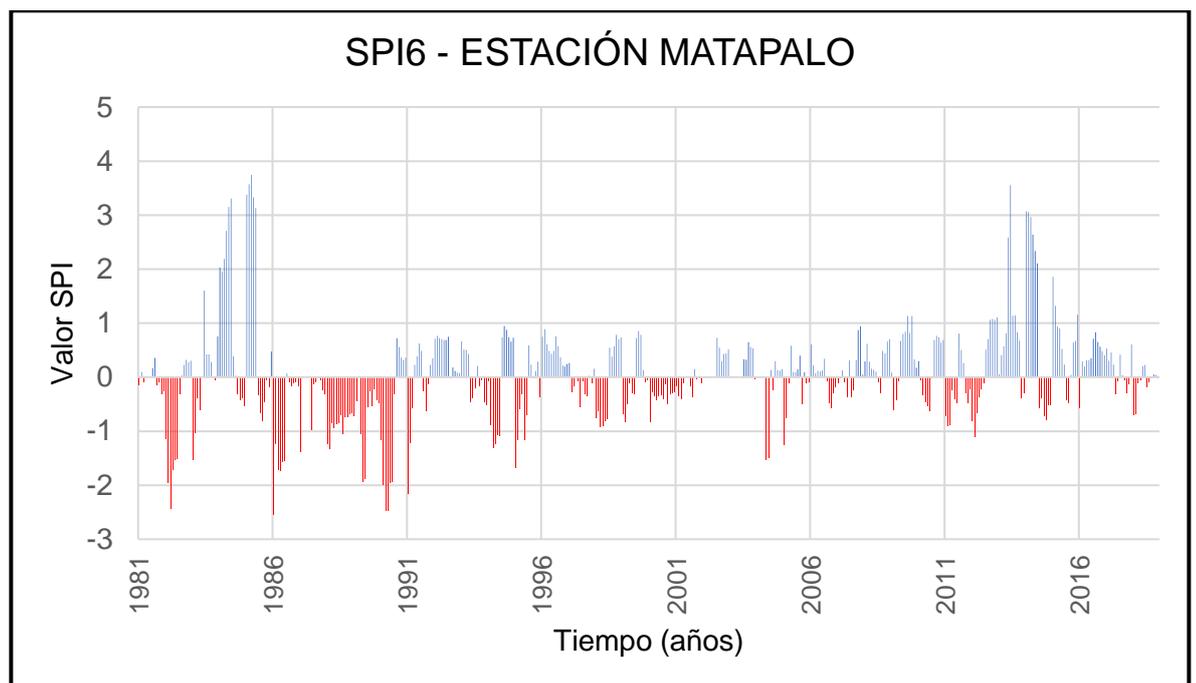


Gráfico 31. Evaluación temporal SPI 6 - Estación El Tigre

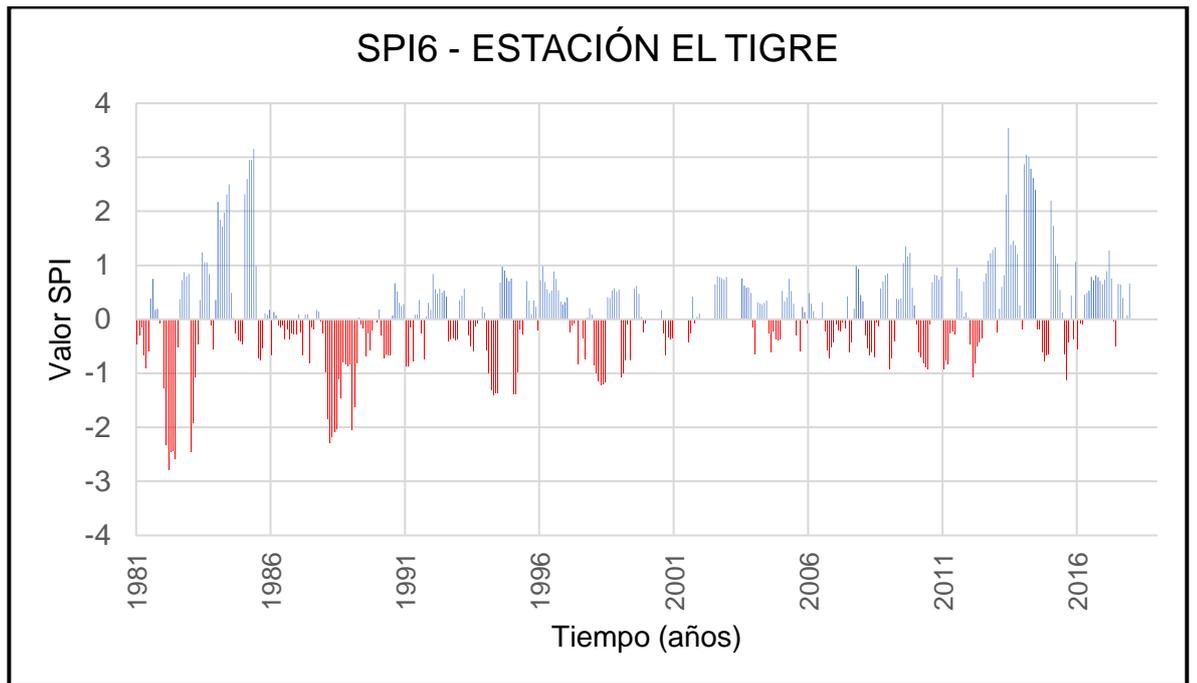


Gráfico 32. Evaluación temporal SPI 6 - Estación Papayal

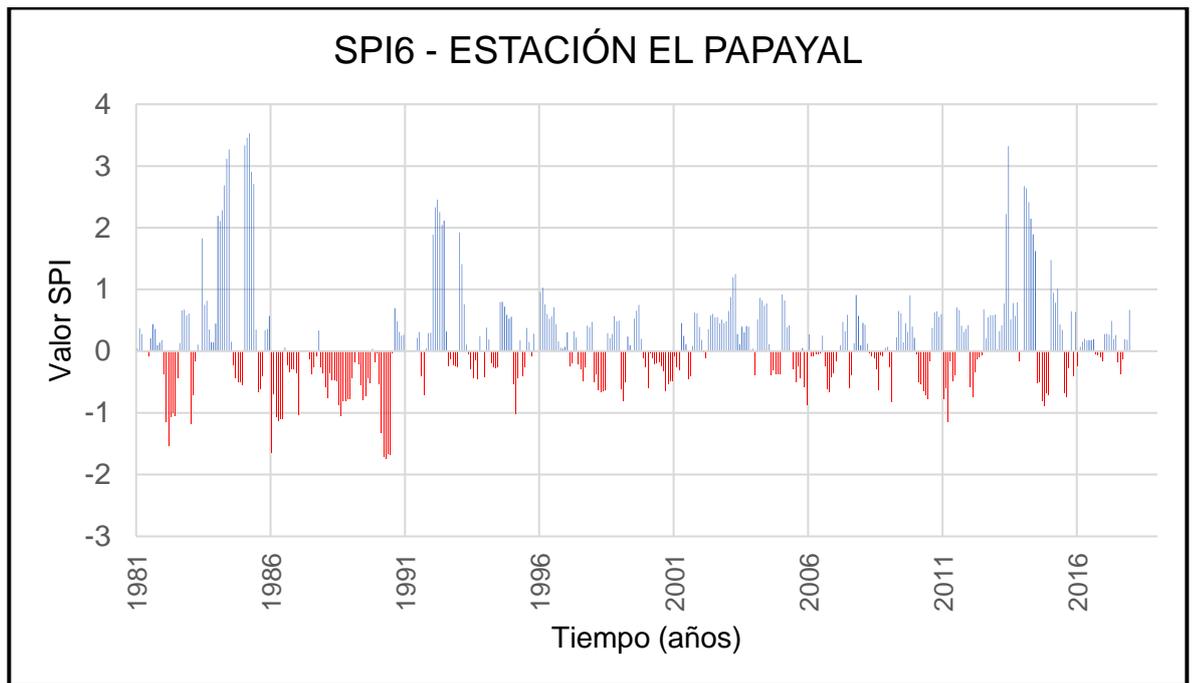


Gráfico 33. Evaluación temporal SPI 6 - Estación El Salto

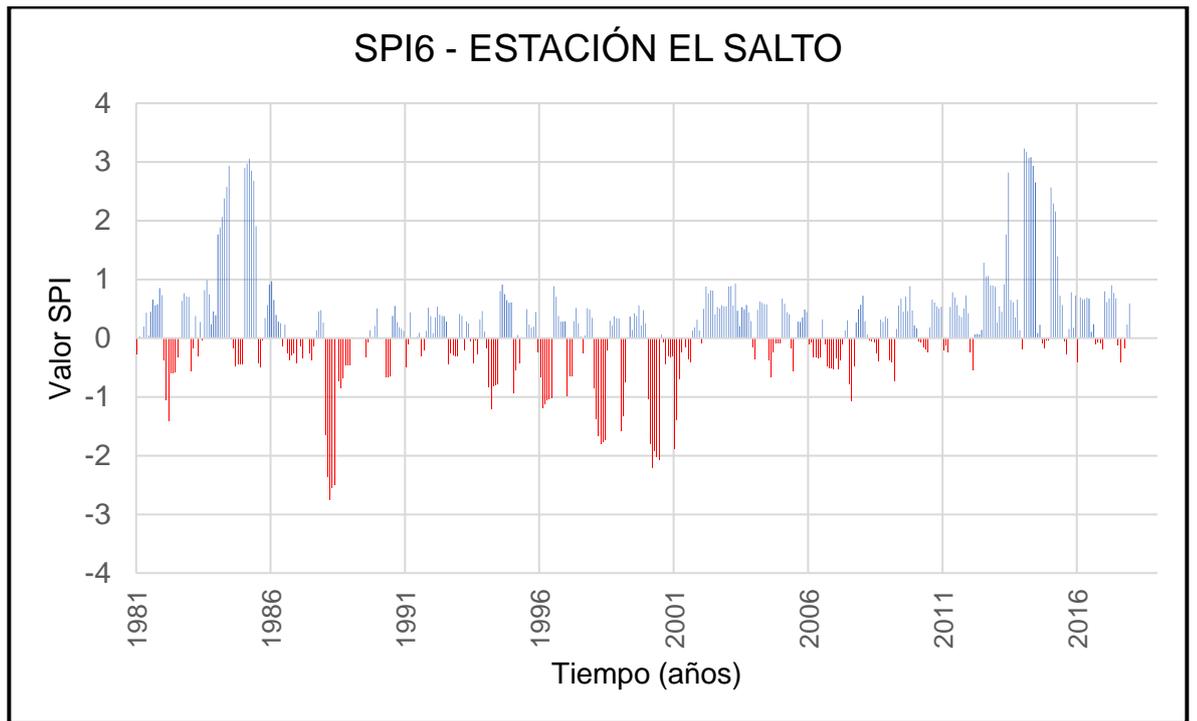
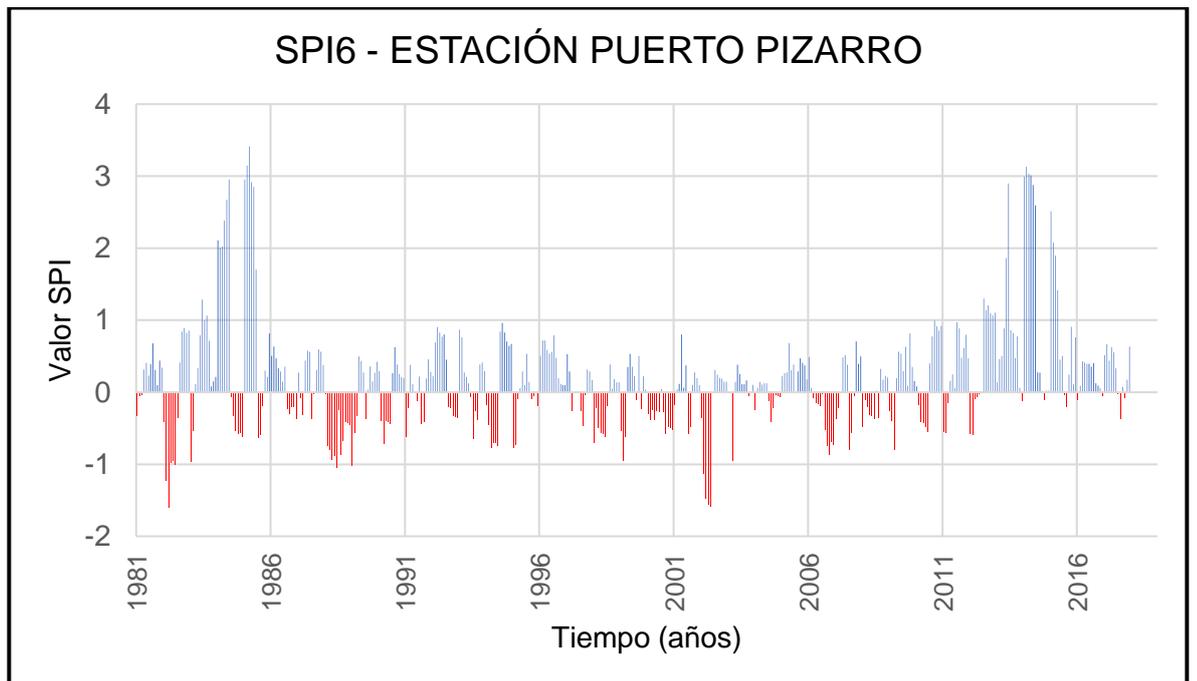


Gráfico 34. Evaluación temporal SPI 6 - Estación Puerto Pizarro



En la siguiente tabla se presentarán los resultados de la caracterización de las sequias para las estaciones en estudio:

Tabla 20. Caracterización del SPI 6 - Estación Matapalo

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/01/1983	01/07/1983	6	-2.44	10.27
01/01/1984	01/03/1984	2	-1.53	2.56
01/01/1987	01/07/1987	6	-2.55	10.36
01/01/1988	01/02/1988	1	-1.37	1.37
01/01/1989	01/03/1989	2	-1.33	2.55
01/08/1989	01/09/1989	1	-1.04	1.04
01/04/1990	01/07/1990	3	-1.93	4.85
01/01/1991	01/07/1991	6	-2.47	11.97
01/01/1992	01/03/1992	2	-2.16	3.38
01/03/1995	01/07/1995	4	-1.30	4.71
01/01/1996	01/03/1996	2	-1.67	2.83
01/05/1996	01/06/1996	1	-1.16	1.16
01/05/2005	01/06/2005	1	-1.54	1.54
01/01/2006	01/02/2006	1	-1.25	1.25
01/02/2013	01/03/2013	1	-1.11	1.11

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/01/1991 al 01/07/1991, abarcando un total de 6 meses con una intensidad de -2.47 y una severidad de 11.97.

Tabla 21. Caracterización del SPI 6 - Estación El Tigre

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/01/1983	01/07/1983	6	-2.78	13.83
01/01/1984	01/04/1984	3	-2.46	5.43
01/02/1989	01/09/1989	7	-2.28	12.96
01/01/1990	01/03/1990	2	-2.05	3.67
01/02/1995	01/07/1995	5	-1.39	6.43
01/01/1996	01/03/1996	2	-1.38	2.76
01/03/1999	01/07/1999	4	-1.21	4.70
01/01/2000	01/02/2000	1	-1.07	1.07
01/02/2013	01/03/2013	1	-1.06	1.06
01/08/2016	01/09/2016	1	-1.12	1.12
01/01/2019	01/02/2019	1	-1.06	1.06

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/02/1989 al 01/09/1989, abarcando un total de 7 meses con una intensidad de -2.28 y una severidad de 12.96.

Tabla 22. Caracterización del SPI 6 - Estación Papayal

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/02/1983	01/05/1983	3	-1.53	3.74
01/06/1983	01/07/1983	1	-1.05	1.05
01/01/1984	01/02/1984	1	-1.17	1.17
01/01/1987	01/02/1987	1	-1.65	1.65
01/03/1987	01/07/1987	4	-1.13	4.39
01/01/1988	01/02/1988	1	-1.03	1.03
01/08/1989	01/09/1989	1	-1.05	1.05
01/02/1991	01/07/1991	5	-1.74	8.12
01/02/1996	01/03/1996	1	-1.01	1.01
01/03/2012	01/04/2012	1	-1.14	1.14

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/02/1991 al 01/07/1991, abarcando un total de 5 meses con una intensidad de -1.74 y una severidad de 8.12.

Tabla 23. Caracterización del SPI 6 - Estación El Salto

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/02/1983	01/04/1983	2	-1.42	2.47
01/01/1989	01/06/1989	5	-2.75	11.80
01/03/1995	01/04/1995	1	-1.20	1.20
01/02/1997	01/07/1997	5	-1.19	5.41
01/02/1999	01/07/1999	5	-1.80	8.35
01/01/2000	01/03/2000	2	-1.57	2.89
01/01/2001	01/07/2001	6	-2.21	11.09
01/01/2002	01/03/2002	2	-1.88	3.28
01/08/2008	01/09/2008	1	-1.07	1.07

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/01/2001 al 01/07/2001, abarcando un total de 6 meses con una intensidad de -2.21 y una severidad de 11.09.

Tabla 24. Caracterización del SPI 6 - Estación Puerto Pizarro

FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN (MESES)	INTENSIDAD	MAGNITUD
01/02/1983	01/04/1983	2	-1.60	2.83
01/06/1983	01/07/1983	1	-1.01	1.01
01/06/1989	01/07/1989	1	-1.05	1.05
01/01/1990	01/02/1990	1	-1.02	1.02
01/02/2003	01/06/2003	4	-1.58	5.73

Según la tabla, el evento más prolongado se observa en el periodo comprendido entre el 01/02/2003 al 01/06/2003, abarcando un total de 4 meses con una intensidad de -1.58 y una severidad de 5.73.

Tabla 25. Característica de la sequías (SPI3 y SPI6) para la Cuenca del Río Zarumilla

Estaciones	Estación Matapalo		Estación El Tigre		Estación Papayal		Estación El Salto		Estación Puerto Pizarro		Valores clasificados para el SPI
	SPI3	SPI6	SPI3	SPI6	SPI3	SPI6	SPI3	SPI6	SPI3	SPI6	
Valores registrados	430	446	439	448	405	455	424	457	424	466	
Ev. -0.99 a 0.99	366	376	364	374	359	403	369	401	374	425	Cercano a lo normal
Frecuencia	85.12%	84.30%	82.92%	83.48%	88.64%	88.57%	87.03%	87.75%	88.21%	91.20%	
Ev. -1.49 a -1.00	15	18	21	19	12	13	11	13	11	6	Moderadamente seco
Frecuencia	3.49%	4.04%	4.78%	4.24%	2.96%	2.86%	2.59%	2.84%	2.59%	1.29%	
Ev. -1.99 a -1.50	10	16	6	3	2	6	7	9	1	3	Severamente seco
Frecuencia	2.33%	3.59%	1.37%	0.67%	0.49%	1.32%	1.65%	1.97%	0.24%	0.64%	
Ev. < a -2.00	5	5	5	11	0	0	4	7	0	0	Extremadamente seco
Frecuencia	1.16%	1.12%	1.14%	2.46%	0.00%	0.00%	0.94%	1.53%	0.00%	0.00%	

Nota: La tabla 25 presenta las características de las sequías meteorológicas en la Cuenca del Río Zarumilla, evaluadas mediante los índices SPI3 y SPI6 en las estaciones Matapalo, El Tigre, Papayal, El Salto y Puerto Pizarro durante el periodo 1981-2020.

4.2. DISCUSIÓN

En esta sección se aborda la interpretación de los resultados obtenidos en los análisis anteriores, examinando su relevancia y las implicaciones para la gestión hídrica y la planificación regional en la cuenca del Río Zarumilla.

1. Caracterización Geomorfológica de la Cuenca del Río Zarumilla:

La delimitación precisa de la cuenca del Río Zarumilla y el cálculo de sus parámetros geomorfológicos proporcionan una base sólida para entender la dinámica hidrológica de la región. El área de 375 km² y el perímetro de 151.64 km son indicadores fundamentales de la capacidad de la cuenca para capturar y canalizar el agua de precipitación. La longitud del cauce principal de 62.6 km sugiere que la cuenca tiene un tiempo de respuesta relativamente rápido a los eventos de precipitación, lo que puede influir en la planificación de infraestructuras de control de inundaciones.

El coeficiente de forma de 0.096 indica que la cuenca es alargada, lo cual tiene implicaciones importantes para la gestión de recursos hídricos. Una cuenca alargada tiende a tener tiempos de concentración más largos, lo que puede reducir la probabilidad de inundaciones repentinas, pero al mismo tiempo puede prolongar el periodo de recarga de acuíferos. Por otro lado, el índice de compacidad de 2.19 sugiere que la cuenca tiene una forma más irregular, lo que puede afectar la eficiencia del drenaje y la distribución del flujo dentro de la cuenca.

2. Variabilidad Espacio-Temporal de las Precipitaciones:

El comportamiento de las precipitaciones en la cuenca del Río Zarumilla muestra una alta variabilidad interanual, con años de excesos significativos de precipitación seguidos por años de déficit. Esta variabilidad puede estar asociada a la influencia de fenómenos climáticos de gran escala, como El Niño y La Niña, que afectan las condiciones meteorológicas en la región. Por ejemplo, el análisis de los diagramas de caja reveló que, en la mayoría de las estaciones estudiadas, los datos presentan una distribución con sesgo positivo, indicando la ocurrencia de eventos de precipitación extrema con mayor frecuencia de lo que podría esperarse en una distribución normal.

3. Tendencias en las Series Temporales:

El Test de Mann-Kendall aplicado a las series de precipitación de las estaciones seleccionadas (Matapalo, El Tigre, Papayal, El Salto y Puerto Pizarro) permitió identificar tendencias significativas en algunas estaciones, mientras que otras mostraron series temporales más homogéneas. En las estaciones de Matapalo y El Tigre, se identificaron tendencias positivas y significativas, lo que sugiere un incremento en la precipitación a lo largo del tiempo. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han señalado un aumento en las precipitaciones en algunas regiones de la costa norte del Perú, posiblemente debido a cambios en los patrones de circulación atmosférica y el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos de El Niño.

4. Homogeneidad y Saltos en las Series:

La prueba CUSUM aplicada para detectar la homogeneidad en las series temporales indicó la presencia de saltos representativos en varias estaciones, particularmente en el año 1983. Este año coincide con un evento de El Niño excepcionalmente fuerte, que causó un aumento abrupto en las precipitaciones en la región. El análisis sugiere que, aunque algunas estaciones presentan una homogeneidad relativa en su serie de tiempo, la influencia de eventos extremos puede generar discontinuidades significativas, lo que debe ser considerado al interpretar las tendencias a largo plazo.

5. Análisis de Sequías Meteorológicas:

El uso del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) permitió identificar y caracterizar eventos de sequía en la cuenca del Río Zarumilla. Los resultados mostraron que las sequías más severas ocurrieron en la estación El Tigre, con un evento particularmente intenso en 1983. Este hallazgo es de gran relevancia, ya que la identificación de años críticos para la sequía permite desarrollar estrategias de mitigación más eficaces. Además, la duración y severidad de las sequías varían considerablemente entre estaciones, lo que refleja la influencia de factores locales en la distribución de la precipitación. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la topografía local, la distancia al mar y otras características geográficas que influyen en la precipitación.

6. Implicaciones de los Resultados en la Gestión Hídrica:

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río Zarumilla. La identificación de tendencias significativas y eventos extremos en las precipitaciones sugiere la necesidad de adaptar las políticas de gestión del agua para enfrentar tanto el exceso como el déficit de agua. La variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones, combinada con la presencia de eventos extremos, resalta la necesidad de desarrollar infraestructura resiliente que pueda manejar estas fluctuaciones. Además, la detección de años con sequías significativas debe llevar a una planificación más cuidadosa de los recursos hídricos, especialmente en lo que respecta al almacenamiento y la distribución del agua durante los períodos de escasez.

7. Comparación con Estudios Previos:

Al comparar estos resultados con otros estudios realizados en la región y en cuencas similares, se observa una coherencia en los patrones de precipitación y en la respuesta de los sistemas hídricos a los eventos extremos. Sin embargo, este estudio aporta un análisis detallado y específico de la cuenca del Río Zarumilla, que hasta ahora no había sido explorada con tal profundidad. Esto proporciona una base sólida para futuras investigaciones y para la implementación de medidas de gestión adaptativa en la región.

8. Limitaciones del Estudio:

Es importante destacar algunas limitaciones en el análisis realizado. Una de ellas es la dependencia en los registros históricos de precipitación, que pueden contener errores o faltantes de datos, afectando la precisión del análisis. Además, la interpretación de los resultados del test de Mann-Kendall y CUSUM está sujeta a la naturaleza de las series temporales y a la influencia de eventos extremos que pueden distorsionar la tendencia general. Por lo tanto, se recomienda complementar este estudio con modelos climáticos que puedan ofrecer proyecciones más detalladas bajo diferentes escenarios de cambio climático.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

Realizado el análisis exhaustivo de las precipitaciones en la cuenca del Río Zarumilla durante el periodo 1981-2020, se ha logrado caracterizar las sequías meteorológicas, cumpliendo con el objetivo general de la investigación. Los resultados evidencian una marcada variabilidad temporal en las precipitaciones, influenciada significativamente por eventos climáticos como El Niño, lo que subraya la necesidad de una gestión hídrica adaptativa que considere estos patrones fluctuantes en la planificación de recursos hídricos.

La aplicación del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) permitió identificar y caracterizar eventos significativos de sequía en la cuenca, destacando que las estaciones como El Tigre y Papayal experimentaron las sequías más prolongadas y severas. Este análisis demostró que, en escalas de tiempo de 3 y 6 meses, el SPI es una herramienta eficaz para cuantificar y entender la severidad y duración de las sequías en la región, lo que es crucial para la implementación de estrategias de mitigación.

El análisis de las estaciones meteorológicas de Matapalo, El Tigre, Papayal, El Salto y Puerto Pizarro reveló que, aunque la sequía es un fenómeno recurrente en la cuenca del Río Zarumilla, su impacto varía significativamente entre estaciones. La estación El Tigre, por ejemplo, mostró una tendencia más alta hacia sequías severas, mientras que otras estaciones como Matapalo presentaron un comportamiento más estable. Esta variabilidad espacial en la ocurrencia de sequías sugiere que las estrategias de gestión de agua deben ser ajustadas de acuerdo a las características específicas de cada subcuenca.

El test de Mann-Kendall aplicado a las series de tiempo de precipitación indicó tendencias positivas significativas en las estaciones de Matapalo y El Tigre, lo que sugiere un incremento en la precipitación a lo largo del periodo de estudio. Sin embargo, estaciones como Papayal, El Salto y Puerto Pizarro no mostraron tendencias significativas, lo que podría indicar una mayor homogeneidad en la distribución de las precipitaciones en estas zonas. Estos resultados reflejan la complejidad de las dinámicas climáticas en la cuenca y la necesidad de un monitoreo continuo.

El estudio también destaca la presencia de saltos representativos en las series de tiempo, especialmente en 1983, coincidiendo con un evento de El Niño de gran magnitud. Estos saltos subrayan la vulnerabilidad de la cuenca a eventos extremos, lo que resalta la importancia de desarrollar infraestructuras y políticas de gestión hídrica que puedan adaptarse rápidamente a cambios bruscos en las condiciones climáticas.

Estas conclusiones sintetizan los principales hallazgos de la investigación y demuestran el cumplimiento de los objetivos planteados, aportando una base sólida para futuras investigaciones y la gestión adecuada de los recursos hídricos en la cuenca del Río Zarumilla.

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Implementar un Sistema de Monitoreo Climático Continuo:

Se recomienda establecer un sistema de monitoreo climático continuo en la cuenca del Río Zarumilla, que permita la recolección y análisis de datos en tiempo real. Este sistema debe incluir la instalación de estaciones meteorológicas adicionales en puntos estratégicos de la cuenca, con el fin de mejorar la precisión en la predicción de eventos extremos, como sequías e inundaciones, y facilitar una respuesta más rápida y eficiente ante estos fenómenos.

- Desarrollar Infraestructura de Almacenamiento y Distribución de Agua:

Dada la variabilidad de las precipitaciones y la ocurrencia de sequías severas en la cuenca, es crucial invertir en la construcción de infraestructura de almacenamiento, como represas y embalses, que permitan retener agua durante los periodos de exceso y distribuirla durante los periodos de escasez. Además, la implementación de sistemas de riego eficientes puede ayudar a mitigar el impacto de las sequías en la agricultura local.

- Fortalecer la Gestión Integrada de Recursos Hídricos:

Se sugiere promover una gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca del Río Zarumilla, que involucre a las comunidades locales, autoridades gubernamentales y organizaciones no gubernamentales en la planificación y ejecución de estrategias de manejo del agua. Esta gestión debe basarse en un enfoque holístico que considere tanto la oferta como la demanda de agua, así como la conservación de los ecosistemas acuáticos.

- Fomentar la Investigación sobre el Impacto del Cambio Climático:

Es recomendable llevar a cabo investigaciones adicionales que exploren cómo el cambio climático podría afectar las precipitaciones y la ocurrencia de sequías en la cuenca del Río Zarumilla. Estos estudios deben incluir el uso de modelos climáticos avanzados que permitan proyectar escenarios futuros y evaluar la vulnerabilidad de la cuenca ante diferentes condiciones climáticas.

- Promover la Reforestación y Conservación de Ecosistemas:

La reforestación en áreas clave de la cuenca, especialmente en las zonas altas, puede ayudar a regular el ciclo hidrológico y reducir la vulnerabilidad a las sequías. Además, es esencial conservar los ecosistemas acuáticos y las áreas cercanas a los ríos para mantener la salud del río y sus afluentes, lo que contribuirá a la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

- Implementar Programas de Educación y Sensibilización:

Es fundamental desarrollar programas de educación y sensibilización dirigidos a las comunidades locales sobre la importancia de la conservación del agua y las prácticas sostenibles de manejo de recursos hídricos. Estos programas deben incluir la formación en técnicas de riego eficiente, conservación del suelo y reforestación, así como la promoción de una cultura del ahorro y uso racional del agua.

CAPITULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA*, 5(1), 12.
- Andrade, M., & Scarpati, O. (2008). *AGUA: SEQUÍA E INCERTIDUMBRE*. La Plata: X Jornadas de Investigación del Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía.
- Bravo, Á., Homero, S., & Agustín, R. (2006). *SEQUÍA: Vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México*. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS.
- Campos, D. (2015). Contraste de los índices DPP, SPI y RDI para clasificación de sequías, en la estación climatológica Zacatecas, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 183-193.
- Castillo, M., Ibáñez, L., Valdés, J., Arteaga, R., & Vazquez, M. (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 35-52.
- Chereque, W. (1989). *Hidrología: para estudiantes de ingeniería civil*. PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.
- Coronel, A. (2013). Sequía: concepto e índices de monitoreo. Propuesta de un nuevo índice. *Revista Agromensajes*, 1-4.
- Cruz, G. (2021). *Análisis de sequías meteorológicas, utilizando el índice de precipitación estandarizado (SPI), en el periodo (1964 - 2018) en la región de Puno*.
- Durán, D. (1998). *Las sequías como riesgo natural*. Naturaleza y sociedad.
- Endara, S. (2019). *Monitoreo de sequía para Sistemas de Alerta Temprana*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Fernández, B. (1997). *IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS HIDROLÓGICAS EN CHILE CENTRAL*. Chile: Ingeniería del Agua.

- Gámez, W. (2009). *TEXTO BÁSICO DE HIDROLOGÍA*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.
- Jácome, J. (2022). *ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES PARA CARACTERIZAR LAS SEQUIAS METEOROLÓGICAS EN LA SUB CUENCA DEL RIO HIGUERAS EN EL PERIODO DE 1988 - 2019*. Huánuco.
- Linsley, R., Kohler, M., & Paulhus, J. (1975). *Hydrology for engineers*. McGraw Hill.
- Ortiz, R., Cardona, J., Ortiz, F., & Alvarado, P. (2018). Caracterización de las sequías mediante la comparación de tres índices multiescalares en Zacatecas, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 47-91.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. U.S. Department of Commerce Weather Bureau.
- Penalba, O., & Rivera, J. (2015). Comparación de seis índices para el monitoreo de sequías meteorológicas en el sur de Sudamérica. *Meteorologica*, 33-57.
- Podestá, G., Skansi, M., Herrera, N., & Veiga, H. (2020). *Descripción de índices para el monitoreo de sequía meteorológica implementados por el Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur*. Reporte Técnico CRC-SAS.
- Sosa, G., Fernández, M., & Spescha, L. (2020). EVALUACIÓN DE TRES ÍNDICES COMO INDICADORES DE SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA REGIÓN PAMPEANA. *Agronomía & Ambiente*.
- Valiente, Ó. (2021). *SEQUÍA: DEFINICIONES, TIPOLOGÍAS Y MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN*. Investigaciones Geográficas.
- Velasco, I., Ochoa, L., & Gutiérrez, C. (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *SCIELO*, 35-71.
- Vide, J. (2009). *Ingeniería de ríos*. Barcelona: Universidad Politèc. de Catalunya.
- Villón, M. (2004). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

CAPITULO VIII

8. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TÍTULO: "Identificación y caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca del Río Zarumilla (1981- 2020) mediante análisis de precipitaciones"					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	MÉTODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>¿De que forma la variabilidad de las precipitaciones influye en la caracterización de las sequías en la cuenca del Río Zarumilla, en el lapso comprendido entre 1981 y 2020?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis exhaustivo de las precipitaciones en la cuenca del Río Zarumilla entre 1981 y 2020, con el fin de caracterizar las sequías meteorológicas. <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar la variabilidad temporal de las precipitaciones en la cuenca del Río Zarumilla durante el periodo 1981-2020 mediante el análisis de datos climáticos históricos. Identificar y caracterizar eventos significativos de sequía meteorológica en la cuenca, empleando herramientas estadísticas y climatológicas para evaluar su duración e intensidad. Realizar la caracterización de la sequía meteorológica con los datos de precipitaciones, centrándose en patrones específicos que indiquen su desarrollo y comportamiento en diferentes escalas temporales Proponer estrategias de mitigación y adaptación basadas en los resultados obtenidos para hacer frente a las sequías meteorológicas en la cuenca. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> La variabilidad temporal en las precipitaciones en la cuenca del Río Zarumilla, entre 1981 a 2020, influye directamente en la frecuencia, duración y caracterización de las sequías meteorológicas, afectando en la disponibilidad del recurso hídrico y generando impactos negativos en las comunidades locales. <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> La identificación y caracterización de sequías meteorológicas a través de herramientas estadísticas y climatológicas revelara eventos de sequias con diferentes duraciones e intensidades. Las alteraciones en la frecuencia y la intensidad de las sequias meteorológicas se correlacionarán con patrones climáticos identificados a lo largo del periodo en estudio. La temporalidad de la precipitación, a diferentes escalas, será un indicador clave para caracterizar y comprender el desarrollo de las sequías meteorológicas en la cuenca del Río Zarumilla. Al proponer estrategias de mitigación y adaptación, basadas en la caracterización detallada de las sequias meteorológicas, se contribuirá significativamente a fortalecer en la resiliencia de las comunidades y mejorar el manejo y gestión sostenible del recurso hídrico en la cuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> Variable dependiente Sequía Meteorológica Variable independiente Precipitaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel Relacional Tipo Aplicada - Descriptiva Diseño No experimental 	<p>Población</p> <p>La población que consideraremos son todas las cuencas hidrográficas presentes en la región de Tumbes.</p> <p>Muestra</p> <p>La muestra que utilizaremos en nuestro estudio estará conformada específicamente por la cuenca del Río Zarumilla. Es decir, nos enfocaremos en analizar y caracterizar las sequías meteorológicas dentro de esta cuenca en particular.</p>

Anexo 2. Datos para procesar

ESTACIÓN MATAPALO														
AÑO		MESES												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	1981	13.3	80.6	190.5	93.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1982	22	0	0	49.7	4	0	0	0	0	0	0	214.8	
3	1983	566.8	555.9	657.1	1167.0	1393.2	295.1	22.9	0	0.6	0	0	0	
4	1984	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.8	
5	1985	11.5	44.1	141.9	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	
6	1986	20.1	0	0	0	15	1	0	0	21	0	12	8	45
7	1987	192	344	223	155	62	1	5	3	2	2	2	0	9
8	1988	102	0	7	23	9	0	2	0	0	0	0	2	8
9	1989	276	376	100	57	6	9	2	4	2	6	1	1	
10	1990	30	118	34	31	5	5	2	1	0	8	2	12	
11	1991	16	197	107	31	21	0	0	0	0	0	0	0	
12	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	1993	0	0	0	0	74	3	9	2	3	10	3	18	
14	1994	214	131	123	112	10	5	2	1	4	2	3	48	
15	1995	122	358	60	33	9	0	4	2	1	7	42	48	
16	1996	81	118	51	9	1	4	1	1	2	5	2	8	
17	1997	23	47	168	141	52	39	5	0	13	41	140	512	
18	1998	705	935	544	221	129	12	22	1	1	8	4	17	
19	1999	28	347	147	171	34	4	2	2	3	4	2	21	
20	2000	14	105	280	95	155	6	2	4	3	0	0	27	
21	2001	81	121	299	64	13	3	2	0	0	3	8	12	
22	2002	62	234	246	153	7	0	1	4	3	14	3	75	
23	2003	101	122	37	24	7	5	5	2	4	2	4	56	
24	2004	73	149	123	89	9	4	3	2	3	4	3	9	
25	2005	27	47	144	30	2	4	1	1	2	5	2	8	
26	2006	67	497	154	14	3	7	3	3	3	1	17	34	
27	2007	228	19	245	59	15	2	3	2	1	2	4	5	
28	2008	269	410	230	75	8	16	4	2	2	6	7	1	
29	2009	270	229	118	30	16	2	1	3	6	2	9	28	
30	2010	188	208	303	289	19	8	3	2	2	4	3	21	
31	2011	41	202	22	115	6	7	5	2	2	3	6	15	
32	2012	254	224	94	187	55	26	4	2	2	8	8	14	
33	2013	116	97	356	21	13	3	3	3	1	13	1	15	
34	2014	158	100	15	20	97	51	4	3	3	10	3	20	
35	2015	76	120	464	107	212	4	9	3	2	12	8	15	
36	2016	86	443	286	152	2	5	2	1	2	1	3	20	
37	2017	200	348	465	223.9	105.9	3.5	3	3	2	2.8	1.6	12.9	
38	2018	36.5	153	32	7	72	0	2	19	15	4	15	91	
39	2019	133	373	167	89	5	1	1	1	1	3	15	63	
40	2020	20	181	186	105	17	7	9	1	2	1	7	48	

ESTACIÓN EL TIGRE													
AÑO		MESES											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	0.01	65.2	67.9	46.5	0.02	0.32	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	2.6
2	1982	0.21	0.4	0	5.2	0	0	0	0	0	1.1	12.3	70.9
3	1983	554.8	263.8	258.1	469.7	489.8	196.3	46.7	0	5.5	5.5	2.7	1.6
4	1984	0	203.8	111	5.8	1.8	7.6	0.2	0	0	0	0	1.1
5	1985	5.82	3.2	0	5	2.8	2.71	0.04	0.06	0.04	2.3	0	5.7
6	1986	68.8	57.71	0	47.2	0.05	0	0.05	0.02	0.02	0.08	7.46	6.8
7	1987	172.9	147.5	133.5	140	3.6	0.7	0.44	0.6	1.2	0	0	1.16
8	1988	15.8	30.7	11.6	3.1	2.8	0	0.2	0.3	0.3	0	2.3	9.4
9	1989	151.9	320.3	76.2	45.1	0	4.8	0	0	0	0.6	0.6	0
10	1990	8.2	40.4	26	7.4	4.3	0.7	0	0	0	0	0	0
11	1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1993	15.6	249.2	133.3	73.5	35.6	3.2	2.8	1.1	0.7	10.3	0	6.2
14	1994	100.9	139.8	92	35.9	2.4	1.9	0.8	0.3	0.1	0.3	0.8	24.4
15	1995	70.3	38.6	34.5	4.8	18.5	0	2.7	1.4	0	0	9.4	11.8
16	1996	26.6	40.4	48.5	8.3	0.1	0.9	0.5	0	0	1.1	1.2	3.4
17	1997	17.9	20.8	73.6	97.2	26.8	13.3	2.6	0.5	13.2	4.4	109.9	370.5
18	1998	508.8	764.8	549.2	215.4	73	7.6	2	1.9	2	5.1	0	4.3
19	1999	6.5	158.5	102.3	281	48.2	2.4	1.4	0.1	1.8	0.2	0	0
20	2000	3.2	102.1	136.6	112.5	101.4	6	0.3	0	0.6	0	0	10.4
21	2001	63.4	53.3	300.7	69.51	11.9	1.2	0	0	0	0	4	8.1
22	2002	9.4	258.5	296.2	203.6	3.3	0	0	0	0.8	0.6	0	22.6
23	2003	96.7	74.6	37.2	10.5	2.5	2.5	3.2	1.1	0.8	0.1	0	11.8
24	2004	14.8	124.6	54.3	72.6	6.1	0	2.8	0	1	1.5	0.4	0.8
25	2005	1	17.6	101.9	17.7	0.1	0.6	0	0.9	0	1.8	3.1	4.8
26	2006	53.5	306.5	112.4	5	0.3	1.3	1.5	1.7	2.9	0.7	4	6.3
27	2007	93.6	9.3	91.6	48.1	1.4	0.4	1	1.8	1.1	1.1	5.1	5.3
28	2008	139.5	328.1	183	55.1	12.7	2.9	0.5	0.4	1.3	2.7	2.6	0
29	2009	191.5	200.3	95.7	5.8	2.3	0.8	0.2	1.6	2.2	0.8	4.3	5.1
30	2010	94.8	178.1	209.6	121.3	5.1	0	1.7	0.3	0.9	0.3	0.2	6.6
31	2011	67.7	64.1	3.5	114.7	0.6	1.9	1.8	0.1	0.6	0.4	2.2	9.6
32	2012	135.9	265.4	188.3	113.9	24.8	10.7	0.4	0.3	0.1	1.4	4	2.2
33	2013	28.3	51.5	150.9	8.8	6.2	0.8	1.3	1	0.3	5	0.1	2.4
34	2014	85.5	54.82	12.1	7.2	51	22.1	1.7	2	1.2	6.1	1.1	15.8
35	2015	25.7	114.7	344.4	180.6	109.4	3.8	4	0.7	0	7.4	4	3.8
36	2016	33	327.3	247.7	129.3	0.6	6.8	0	0.6	0	0.4	0.6	11
37	2017	144.9	276.3	326.8	249.71	111.4	3.5	0.7	2.4	1.2	3.1	0	0.3
38	2018	34.1	113.6	4.4	0.5	24.7	0	0.3	0.5	0.5	0.3	0.8	65.5
39	2019	108.6	212.3	229.6	108.8	3.1	0.5	1.2	1.4	0	0.9	3.5	32.3
40	2020	13.8	118.5	140.6	34	3.4	1.2	2.3	0	0	0.3	0.5	17.5

ESTACIÓN PAPAYAL														
AÑO		MESES												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	1981	0	31	184.6	129	0	0	0	0	0	0	0	8	
2	1982	22	0	0	49.7	4	0	0	0	0	0	0	214.8	
3	1983	566.8	555.9	657.1	1167	1393.2	295.1	22.9	0	0.6	0	0	0	
4	1984	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.8	
5	1985	11.5	44.1	141.9	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	
6	1986	20.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.2	
7	1987	601	919.7	662.8	271.4	0	0	2	1.1	0.5	0.4	0	0	
8	1988	114.6	132.6	0	22	5	0	0.6	0	0	0	0.5	3.5	
9	1989	245.6	339.2	80.6	40.8	2.4	4	0.7	1.2	0.7	2.1	0.3	0.2	
10	1990	17.7	97.6	21.1	18.4	1.6	1.8	0.4	0.4	0.1	3.3	0.4	5.3	
11	1991	7.8	171.9	87	18.5	11.5	7.5	0	0	0	1	1.2	11	
12	1992	71.7	106.9	83.8	278.7	198.3	2.1	0.2	0	0.4	0.7	7.1	4.9	
13	1993	15.9	328.6	375.5	138.8	17	0	0	0	0	0	0	4.2	
14	1994	93.7	80.8	106.8	69.8	10.7	0	0	0	11	0	0.9	26.4	
15	1995	92.6	194.2	43.3	0	0	0	0	0	0	7.2	18	14.9	
16	1996	16.2	39.6	65.5	2.9	0	0	0	0	0	0.8	0	2.2	
17	1997	15.5	46.1	141.2	113.9	30.2	4.8	4.7	0	10.3	10.8	182.7	475	
18	1998	408.3	754.7	319.2	171.3	104.2	5.9	3.1	0	0	5.2	1.3	13.4	
19	1999	18.8	175.3	154.4	106.2	14.5	1.2	2.5	0	1.6	3.1	2.5	0	12
20	2000	7.8	104.1	115.4	44.4	39	3.8	1.6	1.1	3	0	0	15	
21	2001	52.1	80.7	194.9	145.1	1.4	0	0	0	1.5	0.8	4.9	8.5	
22	2002	9.6	206	382.9	146.1	0	0	0	0	0	4.9	2.4	21.6	
23	2003	51.8	64.7	36.2	17.8	1	8.6	2.6	0	0	0	1.8	32.2	
24	2004	35	74.4	63	52.8	10.1	0	0	0	0	1.9	0	1.3	
25	2005	5.4	28	69.5	19.8	0	1.8	0	0	0	0.9	0	8.2	
26	2006	50	373.6	84.7	10.5	0	0	2.3	0	0	0.5	8.2	9.9	
27	2007	87.1	36.5	124.3	18.1	7.9	0	0	0	0	0	0	2.6	
28	2008	202.4	272.6	169.4	54.1	9.4	0	0	0	0	0	0	0	
29	2009	184.7	144.1	42.2	26.5	13.4	1.6	0	0	1.8	0	10.4	18.4	
30	2010	70.9	152.4	170.1	264.5	5.1	1.3	0	0	0	0	2	2.6	
31	2011	34.3	86	10	51.3	14.2	2	15.9	5.3	0	0	0	4.4	
32	2012	137.6	230.6	128.6	146.7	12.8	0	0	0	0.6	2.2	2.3	5.9	
33	2013	64.1	39.9	100	24.2	2.4	0.5	0	0	0	0	0	0.4	
34	2014	94.7	45.5	1.5	10.6	68.9	16.5	0.5	0.8	0	3.6	0	7.8	
35	2015	23.5	43.3	211.8	56.1	75.8	2.2	0.5	0.9	0.6	8.7	1.4	5	
36	2016	29.2	263.5	285.65	152.7	0.6	5.13	1.51	0.99	1.82	0.88	2.66	19.63	
37	2017	150.2	78.5	298.2	146.8	61.5	0	0	1.1	0.3	1.4	0	7.3	
38	2018	11.3	77	10.4	0.4	39.9	0	0	0	0	0	1.1	40.7	
39	2019	42.6	164.9	46.4	50.4	0.8	3.4	0.6	1.5	0	0	2.7	40	
40	2020	36.4	135.7	82.9	104.9	17.1	6.7	8.5	0.8	1.9	0	0.8	11.2	

ESTACIÓN EL SALTO													
AÑO		MESES											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	1.5	18.2	100.5	28.2	0.0	2.5	2.0	0.0	0.3	0.5	0.2	0.2
2	1982	24.0	0.5	0.0	90.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
3	1983	409.4	545.4	597.0	903.0	520.5	738.0	108.0	1.5	18.7	0.5	1.0	169.5
4	1984	0.0	141.7	84.8	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
5	1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1986	0.0	0.0	0.0	102.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
7	1987	55.4	179.0	222.5	10.0	6.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1988	37.2	2.0	0.0	39.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1989	13.2	6.0	26.6	2.5	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	7.5	0.0	0.0
10	1990	0.5	4.5	2.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.5	0.6	2.0	1.0
11	1991	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.0
12	1992	41.7	238.0	353.6	56.7	75.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.5	2.0	0.0
13	1993	19.0	251.2	224.0	89.5	13.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
14	1994	42.5	95.5	30.0	9.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.5
15	1995	134.5	75.0	52.0	0.0	1.2	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	7.0	22.0
16	1996	35.6	76.0	87.8	0.0	0.0	2.0	5.0	5.5	3.0	7.0	2.5	10.0
17	1997	5.1	38.7	210.3	45.5	9.0	41.5	1.5	0.0	8.0	17.0	210.7	500.4
18	1998	357.1	972.4	681.4	930.2	207.6	9.6	3.9	0.0	0.0	4.8	1.5	12.3
19	1999	4.5	322.9	174.3	108.7	49.8	3.1	2.5	1.0	1.5	15.7	0.0	10.8
20	2000	16.5	42.4	83.1	34.3	22.9	10.7	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.5
21	2001	83.2	83.7	239.4	105.3	2.3	0.0	11.2	3.9	8.8	0.0	7.9	4.7
22	2002	2.7	131.8	359.7	188.1	0.6	0.0	0.0	0.4	0.0	5.3	0.5	6.6
23	2003	35.3	71.3	14.3	20.4	0.0	5.6	3.5	0.0	1.3	0.0	0.0	51.6
24	2004	20.6	31.2	50.7	34.8	10.2	0.7	0.5	0.5	2.6	2.0	0.5	2.0
25	2005	3.8	27.8	61.4	48.1	0.4	0.0	0.0	0.6	0.0	1.0	0.0	17.3
26	2006	72.5	205.1	51.4	14.0	0.0	1.0	0.0	1.4	1.0	0.2	4.9	4.6
27	2007	66.8	1.2	104.3	6.4	3.0	2.5	0.0	2.2	0.0	1.7	0.0	0.5
28	2008	153.9	275.5	133.8	50.2	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
29	2009	173.5	175.6	40.6	18.2	14.9	0.0	0.0	1.6	3.7	0.3	1.6	3.9
30	2010	24.3	188.6	108.0	126.9	2.6	0.0	1.0	0.0	1.1	1.0	3.7	0.8
31	2011	48.8	82.6	4.2	43.5	2.0	0.4	0.5	2.0	0.0	0.0	0.0	2.2
32	2012	90.3	198.6	152.1	117.6	13.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.4
33	2013	23.4	29.0	135.0	66.5	3.5	0.4	0.0	0.0	0.2	6.6	0.0	8.8
34	2014	68.1	49.2	2.2	2.7	0.0	3.6	0.0	0.0	0.3	3.5	0.0	19.3
35	2015	8.3	54.8	278.1	43.5	64.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0
36	2016	61.4	265.0	158.2	64.4	0.0	18.8	1.0	0.6	0.0	0.0	0.0	12.7
37	2017	253.8	223.8	254.6	49.8	34.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
38	2018	57.1	146.6	21.6	0.0	51.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.5	34.6
39	2019	24.1	146.6	18.4	33.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	1.2	22.8
40	2020	11.0	152.0	104.0	60.4	27.9	6.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	12.5

ESTACIÓN PUERTO PIZARRO													
AÑO		MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1981	1.2	29.4	71.5	20.7	0.4	0.82	1.7	1.7	0.5	0.5	0	1.3
2	1982	4.2	1	0	34.1	2.7	0.2	0	0	1.2	2	16.6	97.6
3	1983	501.2	424	375.5	708	621	331.5	151	0	13.5	3	0	63.6
4	1984	0	198.5	82.5	6.2	0	2.5	0.7	0.6	1.4	4.8	0	12
5	1985	6.9	1.7	23.3	0	7	0	1.94	2.2	0.03	1.62	0	1.1
6	1986	47.9	5.7	0.6	67.5	2	0	0	0	0	0	0	1
7	1987	44.3	254	260.5	52.5	2	0	0	0.61	0	0.8	0	0
8	1988	15.5	34	1.7	21	0	0	0.7	0	0.7	0	1.7	0
9	1989	78	228.5	152.5	13.5	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1990	3	75	9.3	4	0	0	0	0	0	6.7	1.8	0.9
11	1991	2.3	46	74	0	38	0	0	0	0	0	1	9
12	1992	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.3	2.4	1.5
13	1993	7.5	111.6	106	32.6	22.6	0	0	0	0	3	0.4	7.2
14	1994	67.3	46.5	45.5	15.4	4.8	1.4	4	0.7	1.2	0	0.6	4
15	1995	0	88.8	47.4	0	1.4	0	0.5	0	0	1.2	7.9	8.4
16	1996	15	52.7	15.1	18.7	0.4	0	0	0	0	2.1	0.5	0
17	1997	2.1	32.4	127.5	44.4	24.7	3.7	12.4	0.5	3.7	4.3	149.3	649.7
18	1998	388.5	932.9	503.4	426.4	165.6	0.5	0.6	0	0.2	5	0	10.5
19	1999	4.9	110.2	202.2	59.8	13.1	2.9	1.2	0	1.1	2.6	1.5	2.2
20	2000	4.3	38.4	43.5	63.8	13.7	3.5	0	1.2	0	0	0	5.8
21	2001	37.8	53.1	224.1	57.9	1.3	0.2	0	0	0.3	0	5.4	3.2
22	2002	1.1	199.3	315.1	130	0	0	0	0	0	1.6	0	3.7
23	2003	17.3	41.2	15.7	11.9	4.1	0.4	0.8	0	0	0	1	39.4
24	2004	19.5	17.4	43	47.9	9.2	0.3	0	0	2.2	7	0	1.1
25	2005	3.4	5.7	44.9	65.5	0	0.8	0	0	0	1.6	0.5	9.9
26	2006	37.9	226.6	37.5	5.2	0	1	1.7	0.3	0	0	3.4	1.6
27	2007	67.2	8	56.1	3.2	5	0	0	1	0	1.8	2.5	2.1
28	2008	135.2	265.6	109.6	22.7	0	0	0	0	0	0.7	0	0
29	2009	130.8	97.3	17.8	19.9	5.6	0	0	0	0	0	3.1	1.2
30	2010	12	185.9	0	88	0	0	0	0	0.2	0	2.1	0
31	2011	27.6	40.6	4.3	32.3	2.6	0	2	0	0	0	0	1.1
32	2012	53.6	110.6	83.4	42.1	0	0.2	0.5	0	0	0	0	2.7
33	2013	16.8	35.1	82.8	78.6	4.2	0	0.5	0	0	4	0	0
34	2014	21	18.7	10	2	22.8	0	0	0	0	5	0	10.8
35	2015	12.5	32.3	231.4	0	35.61	0	0	0	0	4.1	0	0
36	2016	61.4	265	279.5	64.4	0	18.8	1	0.6	0	0	0	12.7
37	2017	253.8	223.8	254.6	49.8	34	0	0.2	0	0	0.8	0	0
38	2018	49.79	121.33	21.6	0	51.8	0	0	0	0	0.8	0.5	34.6
39	2019	24.1	146.6	18.4	33.6	0	0	0	0.6	0	0	1.2	22.8
40	2020	18.8	150.4	113.4	60.36	27.94	6.7	0	0	0.5	0	0.5	12.5

Anexo 3. Categorías para la sequía

SPI	Categoría de la Sequía	
2 a más	Extremadamente Húmedo	
1.50 - 1.99	Muy Húmedo	
1 - 1.49	Moderadamente Húmedo	
-0.99 a 0.99	Cercano a lo Normal	
-1.49 a -1.00	Moderadamente seco	
-1.99 a -1.50	Severamente seco	
-2.00 a menos	Extremadamente Seco	

Anexo 4. Datos procesados SPI3

ITEM	AÑO	REGISTRO SPI 3, ESTACION MATAPALO												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	1981	NA	NA	-0.444678867	-0.153704321	0.149459934	-0.008248761	-0.09803456	-0.24767908	0.208340638	0.17974962	0.397659411	-0.093169003	
2	1982							0.059534411	-0.37918339	-1.292281558	-0.98045744	0.010306123	-0.116058136	
3	1983	-1.104112152	-1.913498211	-2.438524688	-1.884048558	-0.976391452	-0.295459548	-0.30618145	0.040515816	0.306715925	0.524726217	0.469859504	0.312850135	
4	1984	-0.338340957						1.638825059	-0.16559522	-0.46426967	-0.190457731	1.055768317	0.455622768	0.800392412
5	1985	2.066165734	2.02176232	2.222130997	2.827801111	3.452540033	3.657245202	0.315964534	0.007216005	-0.538892754	-0.86194479	-0.846824582	-0.483359673	
6	1986	3.117561219	3.624945391	1.714416399	-2.197298213	-1.582446549		0.049358796	0.03457507	0.322907468	-0.33201273	-0.193256993	0.489343956	
7	1987		-1.204859481	-1.676546047	-1.643023191			0.056982871	-0.06567755	-0.23884613	-0.1683045	-0.056669909	0.035918245	
8	1988						-0.696137546	0.015198098	-0.13925191	-0.049864427	-0.03026748	-0.093726358	-0.326979273	
9	1989	-1.197927484	-1.28317767	-0.809840969	-0.841370276	-0.381401285		-0.789325	-1.08400767	-0.712852363	-0.67790837	-0.229824996	-0.485814999	
10	1990				-2.197298213	-1.582446549	-1.511623078	-0.23742391	-0.34490604	-1.033255296	-0.09393929	-0.201343035	-0.359494643	
11	1991	-1.150564982	-1.962427828	-2.491506185		-1.58491782	-0.811786379	-0.35969291	0.75030498	0.688563018	0.591592409	-0.250479692	-0.661831678	
12	1992	0.020804136	0.420461402	1.519994201	1.787381418	0.437198736	0.525542971	-0.05988602	0.06790605	0.097578688	-0.25806341	0.544193909	0.384576014	
13	1993	0.615783253	0.772441933	0.770078015	0.706423969	0.546154142	0.521124053	0.750456039	-0.05237941	0.182544377	-0.291899	0.245402252	-0.129135089	
14	1994	0.533475896	-0.069274526	0.294148356	-0.362659607	-0.728966574	-0.505615431	0.072695684	-0.28909338	-0.464024661	-0.49223529	-0.322396324	-0.493018499	
15	1995	-0.079718974	-0.868338704	-1.328632915	-2.200397593	-1.133275526	-0.522697114	0.743685259	0.986403557	1.037954356	0.691909705	0.231535144	0.020715754	
16	1996	-0.07170801	-0.770698923	-1.611213713		-1.130660887	-0.531665829	0.186101655	0.4045165	-0.172332971	0.124689505	0.242438299	-0.36620106	
17	1997	0.775413318	0.939469213	0.75474349	0.298777445	-0.284695523	-0.147469629	0.746697992	0.585879471	0.479730527	-0.11802006	-0.282055443	-0.349519925	
18	1998	0.052780888	0.177060313	-0.066912417	0.224354619	-0.185237335	-0.655595033	0.077518116	-0.28909338	0.205597673	0.136046429	0.274421626	0.172763312	
19	1999	-0.910523077	-0.636453405	-0.890794606	-0.860427927	-0.836718882	-0.434119739	0.529110719	0.387077734	0.649570633	0.853135942	0.886451766	0.805083924	
20	2000	-0.086457346	-0.190016738	-1.125082896	0.043021822	-0.108414043	-0.174478879	0.230349143	0.095427611	-0.283694803	-0.16024116	-0.108414043	0.008850181	
21	2001	-0.964098486	-0.270492982	-0.320830576	-0.250058565	-0.304273689	-0.311740413	-0.4602234	-0.11041426	-0.517306122	-0.23505652	-0.376062363	0.173529337	
22	2002	0.105271681						0.064522644	0.160510069	0.065695142	-0.24370085	-0.057895854	-0.095291173	
23	2003							0.732337165	0.568327174	0.378610186	0.232929594	0.296521018	0.674076409	
24	2004							0.623976493	0.682851144	-0.245860044	0.26692535	0.331004293	0.020706988	
25	2005						-0.795221165	-0.113985103	0.089991044	-0.25883013	0.371237779	0.153862492	0.430981176	-0.464094512
26	2006	0.631875063	0.122064789	0.728979115	0.540561074	0.247827063	0.03432429	0.071074819	-0.13925191	-0.443097001	0.689897105	0.170102064	-0.01745716	
27	2007	0.575174165	0.21811375	0.1232875	-0.149728234	0.025109727	0.164998753	0.289013667	-0.08198069	-0.487954942	-1.12647047	-0.432921156	0.340300614	
28	2008	0.018944883	-0.237720648	-0.443097001	-0.442245654	-0.226013683	0.385887716	0.908414032	1.20159994	0.049572043	0.594521494	0.242438299	0.070186392	
29	2009	0.286901764	0.650502376	0.301221611	0.091622576	-0.599118918	-0.407768162	-0.16998917	-0.3073978	0.570448792	0.643951774	1.169410906	0.821876709	
30	2010	-0.030911731	-0.289093381	-0.208751061	0.101750014	1.431795469	0.844307717	1.139765736	0.221027831	0.776825028	0.748402296	0.578108689	0.118471344	
31	2011	0.274470937	-0.177933445	-0.576550163	-0.883375471	-0.910548561	-0.864250566	-0.09526768	0.687829037	0.872307014	0.99694446	0.54531063	0.307181381	
32	2012	-0.237423913	-0.281503117	-0.946682777	-0.173842581	-0.217719911	-0.36620106	-0.15706117	-0.20129849	-0.859355057	-0.91013355	-0.511093021	-0.119106174	
33	2013	-0.903437927	-1.140154713	-0.632014231	-0.183319862	0.359472398	0.565724002	0.522119414	0.743011885	1.210944783	1.252029488	1.18863694	0.847398883	
34	2014	0.679795485	0.94857838	1.182843212	2.797584422	3.751552752	3.386273258	0.7566149	-0.12111581	-0.190457731	-0.24370085	-0.399469067	-0.272248939	
35	2015	3.031553983	2.942076686	2.648866144	2.12637192	1.333210615	0.916149552	-0.62464314	-0.3650042	-0.7012622	-0.81233557	-0.548512905	-0.099818177	
36	2016	0.951265852	0.757649719	1.748535174	0.066756639	0.129238828	0.012821834	0.564568444	0.4045165	2.681901593	2.101722826	1.006413617	0.961544247	
37	2017	-0.647123955	0.300311702	0.258651513	0.590767115	0.337014478	0.489869368	0.589802735	0.807139021	0.597908108	0.517042495	0.079002638	-0.000612494	
38	2018	0.32153717	-0.203308785	-0.264684413	-0.030267479	-0.153796118	-0.021582846	-0.20299702	-0.60195895	-1.06324185	-0.57980324	0.399570824	0.693919788	
39	2019	-0.806149905	-0.683539408	-0.070120316	0.16621109	0.73224695	0.637528802	-0.18606056	-0.11563858	-0.104803141	0.148433498	0.21808012	0.17494288	
40	2020	0.951605415	0.049028923	0.033324823	-0.347255914	-0.792426242	-0.01745716	0.246670613	0.217119487	0.407081933	-0.88452545	-0.072080157	0.426997678	
N° de datos		32	31	32	31	33	33	40	40	40	40	40	40	
SPI MAX		3.118	3.625	2.649	2.828	3.752	3.657	1.140	1.202	2.682	2.102	1.189	0.962	
SPI MIN		-1.198	-1.962	-2.492	-2.200	-1.585	-1.512	-0.789	-1.084	-1.292	-1.126	-0.847	-0.662	

REGISTRO SPI 3, ESTACION EL TIGRE													
ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	-0.688866419	-0.417178939	-0.283442841	-0.114551582	0.204605	-0.312393266	0.441481957	0.460361897	0.796940087	0.207200116
2	1982	-0.51910107	-0.424602979	-1.366998465	-1.904547808	-1.469362716	-0.366044881	0.293654	-0.130771982			0.110547056	0.18544845
3	1983	-1.176679013	-2.317641273	-3.474051501	-2.556389571	-1.922352443	-1.023509586	-0.43389	0.387973971	0.815506798	1.217176765	1.11140645	0.862190515
4	1984				-0.469099322	0.849902387	1.323320637	-0.07507		-0.434449433	-0.321178957	-0.356600926	0.491409299
5	1985	2.158087876	1.868416534	1.770673091	1.624022311	2.3789199	2.901749217	0.520066	0.048138541	-0.290872961	-0.743193082	-0.831092543	-0.623010316
6	1986	2.846418428	3.333495554	3.25685532	1.509740426	0.866364328	0.09741726	0.1568	0.433360274	0.58233629	-0.083979564	-0.522267269	0.178313343
7	1987	-1.042967526	0.101009221	0.124146629	0.149071197	-0.256748658	-0.630920994	-0.33737	-0.169653418	-0.359727938	-0.100420105	-0.169639631	0.177626035
8	1988	0.201306756	0.488986174	-0.953374718			-0.612674176	0.179745	0.117523193	0.382452142	0.077222489	-0.045665484	-0.356814984
9	1989	-0.881174389	-1.830675625	-2.369469037	-2.381563693	-1.757313317	-0.77468136	-1.25165	-1.513179195	-0.770628854	-0.649236764	-0.24983618	-0.552209551
10	1990	0.052514665	0.118663183	-1.067733742	0.046927073	-0.142926652	0.016953257	-0.39909	-0.069371942	-0.383314382	0.135369288	0.216402671	0.0932536
11	1991	0.21036688	-0.280616326	-0.730915808	-0.864179605	-0.867089506	-0.109978886	0.095452	0.686097729	0.590483115	0.461439885	-0.262438545	-0.942524141
12	1992	-0.727755052	-0.75297434	-1.20125887	-1.515105161	0.46478037	0.259989566	-0.08965	0.277776973	0.713821725	0.711251335	0.46801063	0.145060925
13	1993	0.864540277	0.566444893	0.541702055	0.45340833	0.466459025	0.581249123	0.424347	-0.431499425	-0.355912781	-0.5799787	-0.123554805	-0.081107163
14	1994	0.012534027	-0.027060032	0.065990915	-0.156525635	-0.416118012	-0.598561271	-0.11307	0.160850428	0.399349362	0.455293883	0.443492885	0.163772984
15	1995	-0.536160508	-1.004162792	-1.311066798	-1.450636439	-1.394947739	-0.981001597	0.688079	0.990850193	1.00704874	0.817996235	0.371042944	0.113717468
16	1996	-0.097237951	-0.349867214	-0.434449433	-0.804237222	-0.095814915	0.171089119	0.358629	0.218602079	0.056035525	0.539252548	0.383458201	-0.134976012
17	1997	0.755966807	1.013347831	0.778756391	0.509690503	-0.23986233	-0.081107163	0.894826	0.767147036	0.629380431	0.085160574	-0.354572408	-0.836262114
18	1998	0.015679353	0.301021644		-0.804237222	-0.416118012	-0.589492225	-0.07507	0.094027795	0.415952393	0.579342687	0.443492885	0.113760208
19	1999	-0.794331702	-0.991970522	-1.136509275	-1.124567899	-0.996989195	-0.711518137	0.4263	0.395340392	0.616588781	0.682602997	0.660244487	0.486312443
20	2000	0.02593686	-0.269375983					0.105781	0.013790785	0.214425394	-0.277099255	-0.356600926	-0.02856822
21	2001							0.210367	-0.243273277	-0.675250686	-0.403797014	-0.255488441	0.433954598
22	2002							-0.01159	0.218602079	0.127769145	-0.469099322	0.000754931	0.188983422
23	2003							0.676803	0.822325256	0.873819482	0.821196843	0.632162345	0.606844149
24	2004							0.646217	0.654762278	-0.434449433	-0.156525635	0.279450971	-0.002767858
25	2005	-0.570973723	0.346049401	0.386132032	0.548014153	0.339163784	0.404921661	-0.21264	-0.643209696	-0.193761758	-0.268667906	0.00688017	-0.615220686
26	2006	0.706378531	0.450636475	0.510061127	1.63133382	0.708657481	0.324221591	0.16017	0.150430096	0.150306443	0.881338354	0.269293286	-0.00782164
27	2007	0.444990551	0.276505415	0.184061784	-0.038068147	-0.185442428	-0.193099591	0.314757	-0.217908022	-0.573980586	-1.121498449	-0.621115594	0.18985026
28	2008	0.030940538	0.139746648	-0.252433607	-0.723457741	-0.416118012	0.540877786	0.975239	1.087169063	0.554022598	1.306292548	0.530311941	0.486949368
29	2009	0.368009646	-0.273951729	-0.626244059	-1.085983389	-0.745280438	-0.45042027	-0.10537	-0.142088946	0.622483631	0.97962107	1.402623065	1.172576866
30	2010	0.450563191	0.244895859	0.432274197	-0.321178957	0.602771929	0.445536984	1.220359	0.52493706	0.52492361	1.148436056	0.733511771	0.286349864
31	2011	-0.044246686	-0.671378488	-0.804793966	-0.922634118	-0.754977074	-0.820160969	-0.12781	0.683945493	0.914898282	1.11216233	0.784057648	0.54196383
32	2012	-0.248805912	-0.088631431	-0.626075735	-0.469099322	-0.150521434	-0.109141267	0.128586	0.467391728	-0.553960447	-0.525085837	-0.484099517	0.181891867
33	2013	-0.41367025	-1.080342154	-0.827236534	-0.358755113	0.155164764	0.545117613	0.721269	0.881947979	1.204234578	1.390233555	1.510555811	1.385108507
34	2014	0.717311678	0.832804574	1.609105019	2.199961158	3.560785068	3.419100112	1.212248	0.42153265	0.464121656	0.94450363	0.147581576	-0.284312553
35	2015	2.805049124	2.962854351	2.747624531	2.378270884	1.787703013	1.179629976	-0.21408	-0.187632883	-0.575795904	-0.768489839	-1.129186878	-0.415433173
36	2016	1.026072311	0.658803054	0.688731165	1.268071739	0.426760789	0.080566054	0.508821	-0.236213903	-0.214389813	-0.367629913	-0.303425771	1.141393363
37	2017	-0.717269309	-0.072689299	-0.04698893	0.761375839	0.932032148	1.289519251	0.809222	0.75123334	0.783711019	0.782215324	0.677165023	0.405522714
38	2018	0.802740815	0.227536572	0.293025673	-0.049632479	-0.210940761	-1.015318045	0.015679	0.150430096	0.150306443	0.015735013	0.159511042	0.745868208
39	2019	-1.137485373	-0.459294438	-0.147231677	0.247876917	0.704474762	0.913310786	-0.02422	-0.097142008	-0.025781027	0.054665393	0.065615715	-0.213456857
40	2020	1.171129324	0.403291108	-0.383314382	-0.804237222	-0.662222122	0.121752441	0.109691	0.190675959	0.080686689	-1.1365727	-0.564020757	0.373272967
N° de datos		34	34	33	34	34	35	40	39	39	39	40	40
SPI MAX		2.846	3.333	3.257	2.378	3.561	3.419	1.220	1.087	1.204	1.390	1.511	1.385
SPI MIN		-1.177	-2.318	-3.474	-2.556	-1.922	-1.024	-1.252	-1.513	-0.771	-1.137	-1.129	-0.943

REGISTRO SPI 3, ESTACION PAPAAYAL													
ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	-0.25647445	0.115976355	0.397060985	0.30176784	0.045730649	-0.191411359	0.114609829	0.30988562	0.465833578	0.373632575
2	1982						0.078096195	-0.02330293		-0.399564829	-0.1835056	0.483724798	0.270748113
3	1983	-0.360919424	-1.138048614	-1.703601485	-1.291113471	-0.70528247	-0.129310332	-0.478597723	0.128556158	0.743969923	0.92653858	0.853592407	0.372058866
4	1984	0.151277394					1.803207777				0.531324235	0.489225494	0.551304897
5	1985	2.181659149	2.157563337	2.29974699	2.734483283	3.367033285	3.500586922	0.1152699	-0.239998591	-0.529822855	-0.744411709	-0.693424743	-0.402233417
6	1986	2.756669198	2.647095242	1.933686052	-1.128530939	-0.267533519		0.369230529	0.589257413	-0.080938521		0.017471388	0.623727613
7	1987		-0.68041175	-1.063782487	-1.088883801			0.061446634	-0.222192961	-0.436659624	-0.3955976	-0.238497569	-0.058699383
8	1988						0.027885599	0.329344526			-0.339295408	0.033056362	-0.184807612
9	1989	-0.574494148	-0.747715135	-0.328503512	-0.413141373	-0.164455598		-0.948600808	-1.065247916	-0.812946829	-0.752646125	-0.438511145	-0.489640237
10	1990				-1.128530939	-0.267533519	-0.571750673	0.016333081	0.100878196		-0.876187264	-0.168689057	0.119172684
11	1991	-0.535699421	-1.328021231	-1.747870582				-0.032499271	0.726564495	0.560434688	0.42050426	-0.4025802	-0.731836541
12	1992						0.341270181	0.056222902	0.156351812	-0.156064397	-1.234763578	0.561088958	0.371076604
13	1993	1.881112949	2.383183635	2.674407074	2.275877576	1.458050585	0.76587629	0.31495491	-0.263900719	-0.137925292	-0.443459924	-0.127986406	-0.421871057
14	1994	0.033324416	0.227336687	0.131661862	-0.298309801	-0.168689057	-0.652926224	0.279438456					-0.238410453
15	1995	0.370442737	0.210062267	-0.140375629	-0.554339303	-1.021805105	-0.407761338	0.791207943	0.830906772	0.830516202	0.479954426	0.170443829	-0.054371047
16	1996	0.212920423	-0.122342786	-0.84461312			-0.309936815	-0.124975324	0.314531606				
17	1997	0.953748424	1.059060729	0.868791931	0.402199947	-0.248716745	-0.184941753	0.709577568	0.462166752	0.234208077	-0.305689513	-0.484862078	-0.238776179
18	1998	0.25839541	0.395554733	-0.080938521	0.322109156	0.182528317	-0.238410453	0.414497894	0.075050344	-0.298997655	-0.381856798	0.71044896	0.549797872
19	1999	-0.576736552	-0.363598171	-0.61378756	-0.642375415	-0.833729255	-0.48633018	0.280881628	0.191145983	0.292393266	0.66360038	0.682695742	0.764579555
20	2000	0.142150603	0.185028772	-0.658813525	0.271426337	0.249654477	0.115603565	0.238291752	0.030733766			0.048000667	-0.086231809
21	2001	-0.695299982	-0.023779412	-0.073852689	-0.081401801	-0.282704694	-0.280067825	-0.238607108	-0.321334851	-0.647109627	-0.590123661	-0.530133547	-0.026269841
22	2002	0.468584648	0.464583899		-0.806577254	0.076192372	0.244757162	0.598650509	0.853137713	1.798200032	0.616160963		-0.09866497
23	2003	0.175064335	-0.004757194	-0.088222555	0.421835215	0.909926594	1.209187332	0.516210498	0.580434398	0.535542281	0.500766449	0.330262664	0.423231011
24	2004	1.222761219	0.156351812	-0.84461312	-0.74203229	0.536443656	0.231199869	0.379591034		-0.84461312	-0.013646911	0.352661049	0.163014422
25	2005	-0.3937669	0.519010512	0.96482183	1.097490365	0.857738493	0.40940868	0.088019264	-0.396914026	-0.302115815	-0.509576875	-0.23511889	-0.406373301
26	2006	0.442816045					-0.111565346	0.095151504	-0.156045591				-0.652926224
27	2007	0.269447195	-0.050377444	-0.026232132	-0.146504038	0.017182615	0.057278801	0.251365469	-0.227247732	-0.585715227	-1.205834414	-0.492210944	0.144823877
28	2008	0.341384367		1.054179457	1.531656124	0.698919465	0.526733933	0.892316115	0.750683238	-0.475366258	0.418594447	0.231515699	0.19394725
29	2009	0.400359205	0.417523672	0.121511633	-0.214904396	-0.809253438		-0.341460955	-0.642332019	-0.034907176	0.021559525	0.471352683	0.323382021
30	2010				0.970683605	1.091346425	0.701007696	0.862074525	0.264455154	-0.238697832	1.425001972	0.650680965	0.292987676
31	2011	-0.122112976	-0.674497115	-0.698446395	-0.809301479	-0.582331537	-1.099687581	-0.28120443	0.371669765	0.704619507	0.870834408	0.681168918	0.41925671
32	2012				-0.951945322	-0.198087154	-0.201674319	0.262215894	0.469678003	0.260092878	0.242781299	0.37083187	0.45816793
33	2013	-0.588097482	-0.734864719	-0.306941797	-0.008059748	0.322686932	0.383012623	0.657611855	0.213913005	0.59992459	0.537485132	0.812408205	0.587846575
34	2014	0.655931733	0.536557541	1.382258208	2.597972751	3.056615435	3.129481899	0.783923531	-0.00386239	-0.436441077	-0.013646911	0.001177996	0.104707892
35	2015	2.628799166	2.489498091	1.990162624	1.635487041	0.967779851	0.791489183	-0.567824703	-0.488045276	-0.841211362	-0.946378905	-0.733525236	-0.25082784
36	2016	0.990169042	0.519724342	0.031471028	0.595356521	0.443581572	0.397309539	0.657322113				-0.117206	0.721086082
37	2017	-0.30989516	0.066336802	0.173321072	0.345716265	0.294653682	0.270651659	0.178618857	0.213470609	-0.117118537	-0.132216039	-0.38844032	-0.122017197
38	2018	0.458549176	0.271376908	0.222535377	0.487189265	0.323308577	0.292987676	0.184286811	0.376062624	-0.210202281	-0.520754746	0.138728686	0.731490613
39	2019	-0.541969263	-0.315766686	-0.212170749	-0.124969419	0.058107558	0.096506392	0.140153426	0.083913293	-0.11334137	0.057104397	0.079142404	0.300477839
40	2020	0.687301659	0.422956653	0.470028484	0.346814235	0.172009231	0.290566511	0.600284266	0.711666373	1.072206346	-0.045816701	0.138728686	0.211522171
N° de datos		32	30	31	33	33	35	39	33	32	34	36	39
SPI MAX		2.757	2.647	2.674	2.734	3.367	3.501	0.892	0.853	1.798	1.425	0.854	0.765
SPI MIN		-0.695	-1.328	-1.748	-1.291	-1.022	-1.100	-0.949	-1.065	-0.845	-1.235	-0.734	-0.732

REGISTRO SPI 3, ESTACION EL SALTO														
ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	1981	NA	NA	-0.613241868	-0.305378522	0.011866627	-0.002786201	0.392330804	0.106874879	0.456116943	0.516559595	0.686749452	0.487738742	
2	1982	0.329235495	0.815946055	0.417834805	-0.629830162	-0.080628798	-0.150457578	0.541325644	1.013956534	1.312214335	1.215110369	0.847709322	0.442411113	
3	1983	-0.284290741	-1.05374559	-1.584891623	-0.602775244	-0.185795231	0.408563633	-0.48767291	-0.03649235	0.670060911	0.969431462	1.081933066	0.769902065	
4	1984	-0.120291999	0.297371805	-0.378585925	-1.675805821	0.134747391	0.030660193	0.020275461	0.516479028	0.014022016	0.510315997	0.42212203	0.437830745	
5	1985	1.758483573	1.946220828	2.281421089	2.431940948	2.685162307	2.998475727	-0.01209245	-0.183307394	-0.608984419	-0.509729363	-0.638067475	-0.057395494	
6	1986	2.679084798	2.482924587	2.641120104	1.761234329	0.939987469	1.560802227	0.460372491	0.925570981	0.637193865	-0.399807586	-0.016331611	0.931132429	
7	1987	0.901494309	0.632589965	-0.10591527	0.030819935	-0.153609471	-0.312782987	0.291525652	-0.244936245	-0.727554607	-0.451297197	-0.154171873	0.13649412	
8	1988						-0.195131068	0.505878711	0.68370989	0.546674996	0.427014699	0.378316398	0.177512023	
9	1989	-1.476136031	-2.359418533					-0.82397319	-0.901597932	-0.795095578	-0.349155761	-0.078294297	0.158450973	
10	1990							-0.03340845	0.560480503	0.096760633	-0.293116982	-0.080628798	0.554367104	
11	1991				-0.528057781	-0.115271816	0.466867307	0.430517066	0.582137813	0.240865219	0.130320074	-0.349499906	-0.225458764	
12	1992						0.086807404	0.091366698	0.728379374	0.429505678	-0.020205961	0.439692197	0.369581422	
13	1993	0.164925793	0.387809081	0.582600822	0.480382527	0.406544486	-0.206658838	0.325834847	-0.471617957	-0.336139009	-0.476993527	-0.05921546	-0.291095934	
14	1994	0.435185286	0.704491281	0.380274256				0.365050976	0.822333274	0.405762937	0.237905304	0.05264079	0.021498976	
15	1995	-0.080077092	-0.821567593	-1.331665143	-1.020720751	-0.586749472	0.080361483	0.821676016	0.956477607	0.821162855	0.58073859	0.231583429	0.208046128	
16	1996	-0.201834777						0.351439498	0.834456507			-0.133090436	-0.171573855	
17	1997	-0.547795143	-1.171482209	-1.242447199	-1.094775093	-0.711447918	-0.634427384	0.919620374	0.743564119	0.412362902	0.020988142	-0.290188634	0.022608214	
18	1998	-0.00414612	0.5929539	-0.041647016	0.762672625	0.51414604	0.301910294	0.562564743	0.676076077	0.669984898	0.496855826	0.410029111	0.237772211	
19	1999	-1.560933884	-1.719757676	-2.166760559	-1.739414741	-1.502794501	-0.909202625	-0.19015965	0.310530602	0.21641011	0.506169402	0.403595728	0.575425238	
20	2000		0.5929539	0.271250383	-0.200505179	0.220992362	0.126798576	0.290704509	0.618922593	0.393255779	-0.144626494	0.42212203	0.224920327	
21	2001	-1.067317809	-2.253542536		-2.102212478	-1.534816485	-0.657975298	0.112765168	-0.073957203	-0.523489226	-0.382512597	-0.479549014	0.138095795	
22	2002	-0.120291999	0.445499056		-1.175109566	-0.422364108	-0.097473054	0.25457481	0.753855897	0.440805839	-0.172052242		0.021498976	
23	2003	-0.008360904	0.536667513	0.962923021	0.919676481	0.969916855	0.583644281	0.450136262	0.570113794	0.543896088	0.598376109	0.531387468	0.589193722	
24	2004	0.988634732	0.618922593	0.209277942	0.336790059	0.403861381	0.224920327	0.572591945	0.690965443			-0.133090436	-0.097473054	
25	2005	-0.352046518	0.502057628	0.670060911	0.778768589	0.639770298	0.467309102	-0.2805357	-0.658861704	-0.267374251	0.008488871	0.302756099	0.303727502	
26	2006	0.539742138		-0.23527151	-1.404034189	-0.548666671		0.30437525	0.516479028	-0.116345813	0.648954144	0.478330633	0.501346804	
27	2007	-0.01084647	-0.042818859	-0.356504713	-0.362345133	-0.576818792	-0.338673829	0.330747615	-0.10776856	-0.617517608	-0.882579712	-1.3378797	-0.458565427	
28	2008	0.091366698				-0.080628798	0.363960785	0.291175533	0.784265231	-0.035419397	0.220420127	0.283136103	0.6253935	
29	2009	0.767214162	0.315165161	0.022797458	-0.398696814	-0.448077754	-0.702845392	-0.22681307	-0.39288682	0.276943061	0.401954321	0.772195497	0.487310713	
30	2010	0.210006102	0.618922593		-0.172052242	0.583394706	0.73194736	0.938491698			0.636993498	0.472996171	0.273359086	
31	2011	0.224150666	-0.066353935	-0.215482845	-0.23308754	-0.19998315	-0.722272516	0.194110585	0.678100473	0.647974624	0.636310021	0.358620929	0.373605395	
32	2012	0.409676713	0.979905599	1.030686556	1.425218249	0.717659193	0.574471315	0.626230376	1.071123478	0.322595327	-0.755059208		0.444680388	
33	2013	-0.428863276	-0.648228972	-0.003372796	0.197514958	0.481258372	0.436079774	1.299191979	1.099459212	1.14687475	0.713016423	0.666874007	0.376683224	
34	2014	0.876167277	1.231827623	0.882893006	2.002757246	3.024968283	2.885839435	0.760446509	0.445499056	-0.116345813	-0.629830162	-0.133090436	-0.171573855	
35	2015	3.114188575	3.027884367	2.759813913	2.836755427	2.521255944	2.183821595	0.151948188	0.258765927	-0.110566561	-0.215210262	-0.292242199	0.183130931	
36	2016	1.40702138	0.993611037	0.571195946	0.382862027	0.451052389	0.559483153	0.875043986			-0.629830162	-0.016331611	0.786211075	
37	2017	-0.412161482	0.716801569	0.687122313	0.849770309	0.653752745	0.686978997	0.172810357	0.265207478	-0.259882499	-0.09980232	-0.458682829	0.027717268	
38	2018	0.894799324	0.873858875	0.65059704	1.606913129	0.861639731	0.676419511		0.560480503	0.096760633	-0.755059208	-0.036263258	0.642564253	
39	2019	-0.231980245	-0.496423551	-0.488375686	-0.249722409	0.062845562	0.289011659	-0.11096013	0.184225785	0.041919301	0.25551995	0.260354914	0.431422181	
40	2020	0.755824075	0.971258775	0.252013708	-0.439521207			-0.054899794	0.763797563	0.876212605	0.058898355	-0.830728481	-0.080628798	0.451406962
N° de datos		34	32	30	33	33	35	39	38	36	38	38	40	
SPI MAX		3.114	3.028	2.760	2.837	3.025	2.998	1.299	1.099	1.312	1.215	1.082	0.931	
SPI MIN		-1.561	-2.359	-2.167	-2.102	-1.535	-0.909	-0.824	-0.902	-0.795	-0.883	-1.338	-0.459	

REGISTRO SPI 3, ESTACION PUERTO PIZARRO													
ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	-0.424379043	-0.333336097	-0.078279297	-0.118568592	0.268795126	-0.070267008	0.447398596	0.484593711	0.727487066	0.299356418
2	1982	0.234535319	0.90845182	0.747600278	0.2207827	-0.230183182	0.073025434	0.123368627	0.54185913	0.254146793	-1.210938939	0.404631905	0.415559877
3	1983	-0.434184301	-1.254927856	-1.862973266	-1.072215624	-0.575136254	0.087775326	-0.27022745	0.419311033	0.939742283	1.177556969	1.149194115	0.719839956
4	1984	0.233333297	0.54185913	0.492547563	0.372709609	1.089939526	1.367029957				-0.199596614	-0.082649075	0.298878164
5	1985	2.077236996	2.027817553	2.148978422	2.378235393	2.953412784	3.369479252	-0.01612703	-0.31527964	-0.625091711	-0.699441312	-0.645623513	-0.222731654
6	1986	2.69818758	2.329623212	2.543930307	2.43472765	0.970789997	1.094679486	0.34385187	0.73895108	0.417301103		-0.230183182	0.890704353
7	1987	0.438843728	0.613070633	0.344588064	0.342803434	-0.104186016	-0.429974723	0.410620945	-0.205355129	-0.579988216	-0.412262425	-0.030591681	0.283118799
8	1988	0.250669063	0.892986272	0.661176066	1.164111698	0.442938109	0.598527606	0.462139104	0.582989796	0.615974269	1.548224319	0.636067393	0.400488332
9	1989	-0.053282536	-0.826632341	-1.088148411	-1.240890539	-0.666514183	-0.495576548	-0.48846143	-1.097467808	-0.809834324	-0.36517149	0.030892465	0.352534938
10	1990	0.449224571	0.905607355	0.764133566	0.548041764	-0.072486031	0.154566308	0.027070751	0.690547035		-0.199596614	0.009553155	0.50306405
11	1991	0.31948657	-0.38157026	-0.8077634	-0.657145774	-0.240640552	0.37586477	0.313152275	0.650046299	0.409009739	0.285742537	-0.502475936	-0.531133784
12	1992	0.170111546					-0.034720133	0.220908176	0.859103099	0.595584313	-1.210938939	0.187743938	0.285567649
13	1993	0.285224245	0.721693176	1.028900436	1.028790678	0.820408845	0.258833925	0.500226842	-0.20174451	-0.253884979	-0.712583376	-0.288624379	-0.448085288
14	1994	0.170111546	0.659551445	0.369743631	-0.291792861	-0.295664865	-0.073393282	0.33269528	0.71686548	0.458060464	0.252605142	0.282613041	0.342996157
15	1995	-0.120935331	-0.431692355	-0.839468184	-0.812449225	-0.79546009	-0.134381304	0.862598682	0.984156017	0.928932106	0.651410588	0.149206354	-0.052560839
16	1996	0.007541198	0.675152657	0.522599751	-0.749613036	0.056917551	0.062141185				-0.749613036	-0.333598902	-0.096006648
17	1997	0.549705505	0.741680064	0.815913145	0.642840921	0.306983589	-0.289110531	0.822435365	0.50447828	0.229236718	-0.259923874	-0.495528735	-0.061539139
18	1998							0.354495688				0.151957988	0.251780019
19	1999	-0.593041708	-0.193149215	-0.524898386	-0.545603378	-1.015546225	-0.653805175	-0.10404015	0.402926138	0.05160954	0.300645035	-0.108922798	0.497701981
20	2000				1.14639756	0.595452485	0.438299124			0.193028575	-1.405051115	0.041663583	0.102854963
21	2001	-0.460185079	-0.434704171	-0.303207759	-0.342487414	0.040071938	0.099007551	0.112683141	-0.266445282	-0.639047561	-0.629606059	-0.544567234	0.063427793
22	2002	0.807515591				-0.230183182	0.454378082	0.31691813	0.803902864	0.595584313			-0.017848047
23	2003	-0.260938152	-1.142339831					0.368776289	0.270966951	0.235072579	0.172692201	0.114051591	0.144940962
24	2004			0.458060464	0.084764933	0.320106688	0.294510764	0.007541198	0.675152657	0.336129638			0.153060932
25	2005	-0.22035267	0.063865671	0.155491865	0.221948588	0.285952751	0.264779667	-0.04235226	-0.382499296	-0.235886789	0.022541677	0.305247073	0.465425108
26	2006	0.665012571			0.314008777	0.187743938	0.469721611	0.320966624	0.637462543	0.336129638	0.585667545	0.252777137	0.235906255
27	2007	0.518434382	0.065941642	-0.114500078	-0.417854074	-0.276757096	-0.124009139	-0.01612703	-0.538308966	-0.855862411	-1.140160972	-0.601813189	-0.072181035
28	2008	0.477444746	0.965150922	0.854318605	-0.068763985	-0.043383715	0.266772005	0.667280514			0.81558438	0.346727799	0.580533056
29	2009	-0.482602294	-0.094363684	-0.228050191	-0.253610533	-0.435046361	-0.917490106	0.021402444	-0.373266266	0.329411638	0.267365872	0.677086776	0.07177944
30	2010	0.161642861	0.637462543	0.336129638	-0.404797034	0.630398136	0.610650321	0.788655917			0.610239103	0.262900096	0.241302827
31	2011	0.133132541	-0.206804267	-0.557962164	-0.558667343	-0.61004821	-0.168828299	0.422207772	0.795381159	1.121059493	1.110802725	0.900001592	0.467957164
32	2012	-0.071197624			0.01055192	0.08601947	0.145391167	0.631518876	1.183411154	0.549337018	-0.840109231		0.518620424
33	2013	-0.62846781	-0.603427314	-0.102010776	0.053672616	0.43214739	0.399140287	1.306012264	1.173781125	1.347945235	0.949358592	0.885194115	0.47173941
34	2014	0.828533549	1.141865546	1.180335532	1.443306781	3.304387949	2.994788758	0.777087361	0.54185913	0.193028575	-0.668488848	-0.295664865	-0.073393282
35	2015	2.913391781	3.045911753	2.717328464	2.748036699	2.244597448	1.951945888	0.326557022	0.294929294	0.030719506	-0.218924712	-0.214637789	0.235368445
36	2016	1.352494613	0.728343478	0.417301103	0.857901392	0.363838437	0.574967571	0.902172081			-0.668488848	-0.149546974	0.847022801
37	2017	-0.123095268	0.08947265	0.454079869	0.585399526	0.702360327	0.41966282	0.405143031	0.425437058	0.015887296	0.031006428	-0.402209496	0.047799498
38	2018	0.596963105	0.904168056	0.625621139	0.509436991	0.363838437	0.339249413		0.657695201	0.366910193	-0.840109231	-0.174589481	0.708872195
39	2019	-0.32778203	-0.479498933	-0.532861078	-0.204988186	0.090044878	0.453924167	0.260901268	0.37655562	0.349608039	0.453465662	0.451696605	0.539130119
40	2020	0.596963105	0.924641505	0.492547563	-0.404797034		0.319765707	0.780734679	0.980215908	0.336129638	-0.943084094	-0.230183182	0.525086445
N° de datos		36	32	33	36	36	38	36	33	33	36	37	40
SPI MAX		2.913	3.046	2.717	2.748	3.304	3.369	1.306	1.183	1.348	1.548	1.149	0.891
SPI MIN		-0.628	-1.255	-1.863	-1.241	-1.016	-0.917	-0.488	-1.097	-0.856	-1.405	-0.646	-0.531

Anexo 5. Datos procesados SPI6

ITEM	AÑO	REGISTRO SPI 6, ESTACION MATAPALO											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	NA	NA	NA	-0.3133534	-0.0799376	-0.2804681	0.1451446	0.0985732	0.0992779	0.1035085
2	1982	-0.1451721	0.0954504	-0.0840772				0.1650093	0.3551481	-0.1529036	-0.0943234	-0.3147620	-0.2551023
3	1983	-1.1324439	-1.9557692	-2.4386108	-1.7171648	-1.5232918	-1.5034215	-0.3053518	0.0307701	0.2249177	0.3187627	0.2724141	0.3043784
4	1984	-1.5300015	-1.0272186	-0.3837605	-0.6069405		1.6017714	0.4236365	0.4241786	0.2814219	0.0151159	-0.0553463	0.7552951
5	1985	2.0310266	1.9594556	2.1900550	2.7101494	3.1506081	3.3066316	0.3876544	0.0255463	-0.3199562	-0.4275656	-0.3826178	-0.5298042
6	1986	3.3778558	3.5711033	3.7427325	3.3307360	3.1302088	-0.3217537	-0.6567390	-0.8038617	-0.4577109	-0.0499234	-0.1749693	0.4721371
7	1987	-2.5518107	-1.2419285	-1.7083844	-1.7329086	-1.5699751	-1.5507480	0.0696767	-0.0818963	-0.1647730	-0.1076796	-0.0971472	-0.1615153
8	1988	-1.3736263					-0.9693707	-0.1179100	-0.0797141	0.0083608	-0.0454053	-0.2442525	-0.3166290
9	1989	-1.2263719	-1.3259835	-0.8522548	-0.9417319	-0.8564780	-0.8523262	-0.6918331	-1.0446199	-0.7267041	-0.7335538	-0.6729953	-0.6555013
10	1990	-0.7103154	-0.4332162		-1.0470143	-1.9294035	-1.8763081	-0.5538442	-0.2587196	-0.5367639	-0.2271836	-0.4224492	-0.4711469
11	1991	-1.1638984	-1.9888541	-2.4730363	-2.4618333	-1.9498631	-1.9281289	-0.3129600	0.7170974	0.5598082	0.3622037	0.3144227	0.3644312
12	1992	-2.1572589	-1.2224785	-0.5622690	0.2265366	0.3837769	0.6247617	0.4842454	-0.2510283	-0.6237310	-0.1324872	0.2242016	0.3500865
13	1993	0.7134919	0.7619029	0.7219792	0.7044528	0.6850643	0.6900644	0.7473391	-0.0243274	0.1784179	0.1144740	0.0864895	0.0756579
14	1994	0.6639193	0.5112358	0.5027827	0.4299123	-0.4598194	-0.3887065	-0.2073509	0.2083127	-0.1678499	-0.0439087	-0.4550602	-0.5122962
15	1995	-0.0630613	-0.8867926	-1.3037032	-1.2339642	-1.0764314	-1.0923634	0.7351464	0.9467101	0.8788810	0.7392319	0.6553109	0.7270134
16	1996	-1.6678066	-1.1577041	-0.5928376	-0.3040225	-1.1646817	-0.6911226	0.5887827	0.2348296	-0.0105518	0.1158682	0.2843421	-0.3666680
17	1997	0.7451290	0.8894112	0.6132324	0.4867678	0.4305564	0.4855674	0.7546844	0.5716197	0.3655503	0.2137455	0.1943982	0.2457920
18	1998	0.2592654	-0.2730406	-0.1712884	0.0151159	-0.0648115	-0.5567363	-0.0692399	-0.3065522	-0.3474911	0.0243037	-0.1101315	0.1554225
19	1999	-0.7619567	-0.6327553	-0.9238492	-0.9038280	-0.8103195	-0.7656984	0.5437594	0.3799312	0.5675251	0.7823131	0.7005998	0.7363864
20	2000	-0.6815869	-0.8251131	-0.4898831	-0.1112728	-0.2827820	-0.3014435	0.7227462	0.8507859	0.7819015	0.1320121	-0.0937218	-0.0485940
21	2001	-0.8281007	-0.2764216	-0.3533284	-0.4202482	-0.3417573	-0.3305278	-0.4101266	-0.1214581	-0.5020569	-0.3118183	-0.2841797	-0.2767116
22	2002	-0.1689324	-0.3563338	-0.4007532	-0.1027194			-0.1637919	-0.3599235	0.1482428	-0.0277471	-0.0243819	-0.1049795
23	2003							0.7299459	0.5428080	0.2927534	0.4259133	0.4399301	0.5083969
24	2004							0.3332825	0.3215354	0.6481161	0.5554818	0.5321189	-0.0336117
25	2005						-1.5369124	-1.4922331	0.1291573	-0.2362168	0.2975961	0.1341895	0.1178408
26	2006	-1.2460582	-0.7447487	-0.1027705	0.5789064	0.0942367	0.0934909	0.1458056	0.3957496	-0.4887834	0.0889957	-0.1002549	-0.0890836
27	2007	0.6045849	0.2149852	0.0740636	0.1144740	0.1028394	0.1270059	0.3401604	-0.0787004	-0.4805925	-0.5776528	-0.2924506	-0.1724496
28	2008	-0.1026339	-0.0051780	0.1264074	-0.0877154	-0.3734973	0.3118532	-0.3630019	-0.2302663	0.3147171	0.8725369	0.9394575	0.0431955
29	2009	0.2888416	0.6182872	0.2834542	0.1561005	0.1388292	0.1033304	-0.0901871	-0.2890056	0.4844323	0.4409127	0.6570170	0.6967331
30	2010	0.0845153	-0.6116425	-0.4241222	-0.0637414	0.6700369	0.8002901	0.8425333	1.1326380	0.8177101	1.1292443	0.3282149	0.1721036
31	2011	0.2968579	-0.0447528	-0.3336446	-0.4614008	-0.5308976	-0.6233703	-0.0107519	0.6868261	0.7650705	0.7360404	0.6389023	0.6848136
32	2012	-0.7193811	-0.9036814	-0.8782608	-0.2409577	-0.3954191	-0.4680445	0.8061958	0.5056855	0.2629766	-0.2889999	-0.4845050	-0.2250218
33	2013	-0.8039317	-1.1092794	-0.6581969	-0.3565761	-0.2188171	-0.1121307	0.5084496	0.7027926	1.0583271	1.0777219	1.0576963	1.1084032
34	2014	0.0565981	0.4086369	0.5711671	0.8099080	2.5864004	3.5567684	1.1390466	1.1407274	0.8266410	0.6758710	-0.3778395	-0.2914723
35	2015	3.0692223	3.0572336	2.9640020	2.6394069	2.3372747	2.1048040	-0.5661200	-0.3823602	-0.7090421	-0.7934171	-0.5165061	-0.5161441
36	2016	1.8592940	1.3181277	0.9365573	0.8994130	0.5203424	0.2327942	-0.4246770	-0.4835617	0.0407361	0.6413386	0.6682557	1.1547978
37	2017	-0.5594645	0.2886970	0.1942721	0.3163849	0.3172346	0.3480167	0.7127400	0.8269672	0.6511018	0.5618033	0.4786735	0.4049300
38	2018	0.5293794	0.3012641	0.4596096	0.2301229	-0.3147620	-0.0753932	0.4155143	0.0353530	-0.0544574	-0.2827335	-0.1335470	0.6047650
39	2019	-0.7061678	-0.6754507	-0.1076593	-0.0550172	0.2028352	0.2273171	-0.1743398	-0.0953183	-0.0032600	0.0515304	0.0393479	-0.0188669
40	2020	0.4257039	0.6980457	0.6155268	0.8881462	-0.3734973	-0.0392027	0.1690637	0.2077714	0.1603578	0.1025996	0.0116536	0.4181636
N° de datos		36	35	34	34	33	36	40	40	40	40	40	40
SPI MAX		3.378	3.571	3.743	3.331	3.151	3.557	1.139	1.141	1.058	1.129	1.058	1.155
SPI MIN		-2.552	-1.989	-2.473	-2.462	-1.950	-1.928	-0.692	-1.045	-0.727	-0.793	-0.673	-0.656

REGISTRO SPI 6, ESTACION EL TIGRE													
ITEM		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	NA	NA	NA	-0.6312278	0.1602877	-0.3299644	0.3748251	0.3338262	0.3040278	0.3268013
2	1982	-0.4584473	-0.3009649	-0.1448173	-0.6580415	-0.9063284	-0.5842433	0.3817065	0.7523231	0.1780168	0.1911707	-0.0782903	0.0099756
3	1983	-1.2696118	-2.3181356	-2.7777671	-2.4505879	-2.4294680	-2.5843782	-0.5052739	0.3729274	0.7268800	0.8735980	0.7989783	0.8375856
4	1984	-2.4568172	-1.9079119	-1.0605250	-0.4562331	0.3600394	1.2405600	1.0486789	1.0546748	0.8387640	-0.1118288	-0.5455042	0.3610516
5	1985	2.1747768	1.8419276	1.7205063	1.9739441	2.3086720	2.5004896	0.4898614	0.0291798	-0.2501474	-0.3822664	-0.4059000	-0.4495679
6	1986	2.3165263	2.5976041	2.9526956	2.9471838	3.1535760	0.9883862	-0.7131251	-0.7627176	-0.5373719	0.1110903	0.0902633	0.1758631
7	1987	-0.6554031	0.1346291	0.0784063	-0.1076310	-0.1512633	-0.0988196	-0.3702423	-0.1876082	-0.3588118	-0.2548425	-0.2717667	-0.2774802
8	1988	0.0915284	-0.2302994	-0.6596620	0.0923462	0.0960937	-0.8109972	-0.1356648	-0.1764637	0.1771946	0.1461324	-0.0403260	-0.2585517
9	1989	-0.9681765	-1.8380628	-2.2784882	-2.1769367	-2.0793028	-2.0280576	-1.1053263	-1.4506441	-0.7850468	-0.8347141	-0.8553967	-0.8326490
10	1990	-2.0544214	-1.6160295	-0.8047607	0.0355589	-0.0822373	-0.1659124	-0.6709652	-0.2613198	-0.5654267	-0.1957271	0.0088025	-0.0506874
11	1991	0.1812708	-0.2881744	-0.7160980	-0.6355024	-0.6601717	-0.6592713	0.0681758	0.6675388	0.5117880	0.3067967	0.2462471	0.2801430
12	1992	-0.8735055	-0.8725547	-0.1397762	-0.7667863	0.0861487	0.0939973	0.3575988	-0.2552813	-0.7367917	0.0519068	0.3071304	0.1788619
13	1993	0.8378141	0.5590673	0.4778401	0.5649533	0.4946641	0.5290892	0.4174730	-0.3999055	-0.3592464	-0.3414416	-0.3841852	-0.3740946
14	1994	0.3544112	0.4334421	0.5649983	-0.0209551	-0.2969705	-0.5014035	-0.5960667	-0.1300185	-0.0710208	-0.0098458	0.2361356	0.1260522
15	1995	-0.5667627	-1.0030177	-1.3046733	-1.3929844	-1.3695389	-1.3640947	0.6758440	0.9721102	0.9041165	0.7647366	0.7078289	0.7538998
16	1996	-1.3817168	-1.3770040	-0.9736417	-0.1812590	-0.2777813	0.7106079	0.3484417	0.1022393	0.1022393	0.3467802	0.2314473	-0.2001876
17	1997	0.7280741	0.9822480	0.6917943	0.5591600	0.4920072	0.5292836	0.8880195	0.7517412	0.5375589	0.3306756	0.2748470	0.3188789
18	1998	0.4059052	-0.2320640	-0.1117512	-0.0743299	-0.0187437	-0.8346086	0.0140237	-0.3551963	-0.7306478	0.0336975	0.2075055	0.0861672
19	1999	-0.8529302	-0.9911667	-1.1398940	-1.2096644	-1.1894535	-1.1649168	0.4148642	0.3919470	0.5373198	0.5747753	0.5129615	0.5497682
20	2000	-1.0725709	-0.9903835	-0.7461556	-0.0952356	-0.7499123		0.5681186	0.6220666	0.4743687	0.0483351	-0.2438124	-0.0767583
21	2001							0.1737729	-0.2571611	-0.6704850	-0.3276523	-0.3604647	-0.3453721
22	2002							-0.4282954	-0.2528758	0.4203223	-0.0743299	0.0477972	0.1030737
23	2003							0.6491306	0.7961499	0.7813844	0.7633305	0.7316106	0.7841176
24	2004							0.7537938	0.6232649	0.5833083	0.5898507	0.4865311	-0.1525756
25	2005	-0.6471237	0.3170100	0.2949653	0.2754114	0.2997513	0.3493915	-0.2501503	-0.6149011	-0.2240476	-0.3673001	-0.3925449	-0.3665838
26	2006	0.5270445	0.3298736	0.4040068	0.7520156	0.5256848	0.2897043	-0.2892678	-0.0051685	-0.5857334	0.2273128	0.1354359	-0.0723330
27	2007	0.4806911	0.2909146	0.1542753	0.0339195	-0.0053464	0.0205898	0.3155211	-0.2096638	-0.5754392	-0.7171074	-0.5211486	-0.4167298
28	2008	-0.0924615	-0.1905158	-0.2094122	-0.0546459	-0.1634868	0.4222477	-0.6111600	-0.4262792	0.1971580	0.9860767	0.9342020	0.4480735
29	2009	0.3291088	-0.2884738	-0.5296304	-0.6631886	-0.6099601	-0.6921634	-0.0557872	-0.1208777	0.5730749	0.7044192	0.8173704	0.8500736
30	2010	-0.9147904	-0.7124781	-0.4097634	0.3830405	0.3639565	0.3910825	1.0405070	1.3545605	1.1618787	1.2272885	0.5812155	0.2581504
31	2011	-0.0860210	-0.6091900	-0.7032448	-0.8044798	-0.8736868	-0.9120620	-0.0894543	0.6848888	0.8258095	0.8150383	0.7379244	0.7937492
32	2012	-0.9176509	-0.7490787	-0.8361056	-0.2618152	-0.2121186	-0.2774132	0.9602219	0.7569831	0.5173725	0.0519068	0.1299650	0.0289511
33	2013	-0.4621485	-1.0617728	-0.8183266	-0.4876440	-0.4215507	-0.3555792	0.6943522	0.8487375	1.0889982	1.2244197	1.2847728	1.3363164
34	2014	-0.2315292	0.1929298	0.6000536	0.8133504	2.3111360	3.5433279	1.3807770	1.4549374	1.3719235	1.2115934	0.2545737	-0.1892435
35	2015	2.8697384	3.0479425	2.9985106	2.7909738	2.6189457	2.4013626	-0.1846890	-0.1865107	-0.5986735	-0.7632658	-0.6684143	-0.6431458
36	2016	2.1957596	1.7308045	1.1726861	1.0348682	0.5414742	0.1228167	-0.6401533	-1.1159702	-0.4251316	0.4412979	-0.3685477	1.0600071
37	2017	-0.5426474	-0.0610678	-0.0814366	0.4529484	0.4880144	0.5304494	0.7862962	0.7216977	0.8132477	0.7813571	0.7148942	0.6506519
38	2018	0.7341582	0.8902972	1.2738711	0.7556125	-0.0258454	-0.4912106	0.6545290	0.6417207	0.3927833	0.0025572	0.0784326	0.6622104
39	2019	-1.0636631	-0.4648129	-0.2092496	-0.0222791	0.1862948	0.2409131	-0.0557872	-0.0982359	0.0302020	-0.0555208	-0.0984784	-0.1536453
40	2020	0.4362954	0.6774136	0.8903045	1.1349713	0.0414762	-0.0216323	-0.0022548	0.0531917	-0.2156056	0.0065983	-0.1543050	0.2767154
N° de datos		35	35	35	35	35	35	40	40	40	40	40	40
SPI MAX		2.870	3.048	2.999	2.947	3.154	3.543	1.381	1.455	1.372	1.227	1.285	1.336
SPI MIN		-2.457	-2.318	-2.778	-2.451	-2.429	-2.584	-1.105	-1.451	-0.785	-0.835	-0.855	-0.833

REGISTRO SPI 6, ESTACION PAPAYAL													
ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	NA	NA	NA	-0.0760427	0.0787452	-0.1961120	0.0848696	0.2354290	0.1853782	0.1869453
2	1982	0.0372394	0.3707470	0.2793478			-0.0725495	0.2103707	0.4381195	0.3580541	0.0946606	0.1390482	0.1795073
3	1983	-0.3635084	-1.1481607	-1.5301894	-1.0624721	-0.9997747	-1.0531542	-0.4401254	0.1315706	0.6622190	0.6713789	0.5800040	0.6075702
4	1984	-1.1703978	-0.7114618	-0.1572000	0.1091662		1.8283731	0.7466531	0.8177295	0.3505131	0.1477403	0.1438381	0.4482020
5	1985	2.1924049	2.1078397	2.2839220	2.6870629	3.1153458	3.2642450	0.1517939	-0.2221948	-0.4370535	-0.5016090	-0.5066104	-0.5409135
6	1986	3.3333640	3.4590739	3.5288602	2.9061578	2.7098000	0.3519955	-0.6615389	-0.6072503	-0.3987725	0.3380466	0.3594801	0.5654822
7	1987	-1.6519823	-0.6895366	-1.0705500	-1.1348471	-1.0936532	-1.0946757	0.0608450	-0.2320314	-0.3394381	-0.2921799	-0.2845573	-0.3594154
8	1988	-1.0293756					-0.1277365	-0.3772881	-0.2526309	-0.0856806	0.3343147	-0.2633902	-0.3613651
9	1989	-0.5780372	-0.7612333	-0.3473655	-0.4669123	-0.4695659	-0.4797514	-0.8666926	-1.0489805	-0.8123705	-0.7996543	-0.7799971	-0.7719559
10	1990	-0.4291020	-0.1799317		-0.2043699	-0.5427628	-0.7859142	-0.7205899	-0.4381722	-0.5222389	0.0376875	-0.1672334	-0.0273919
11	1991	-0.5266956	-1.3232617	-1.7093459	-1.7449489	-1.6670078	-1.6791241	-0.0252239	0.6986812	0.4825344	0.3073297	0.2495508	0.2658474
12	1992						0.2169280	0.3088558	-0.4004948	-0.7033905	0.0441338	0.2937785	0.2999044
13	1993	1.8901682	2.3301407	2.4563295	2.2533092	2.0437072	2.1131855	0.3186566	-0.2379808	-0.1335828	-0.2216672	-0.2420898	-0.2502648
14	1994	1.9202608	1.4125960	0.7585371	0.1091662	-0.0519212	-0.2956662	-0.4261280	-0.1441317	-0.4535749	0.2436268		-0.4202097
15	1995	0.3828290	0.1894611	-0.1944135	-0.2633038	-0.2668820	-0.2494612	0.7943124	0.7995905	0.7223912	0.5893874	0.5233768	0.5572337
16	1996	-0.5304896	-1.0137880	-0.4309027	0.1737964	-0.4019894	-0.2531147	0.3739313	0.1486364	-0.0812967	0.2805066		
17	1997	0.9577154	1.0256991	0.7605782	0.6027854	0.5255435	0.5637744	0.7122532	0.4355053	0.1574014	0.0533617	0.0407402	0.0689358
18	1998	0.3022523	-0.2347791	-0.1903413	0.3168699	0.2185035	-0.2148365	-0.2847510	-0.4843074	-0.2502718	0.4127115	0.3836853	0.4758237
19	1999	-0.4969446	-0.3631340	-0.6302772	-0.6548747	-0.6396637	-0.6244759	0.2927099	0.2088216	0.2795802	0.5679510	0.4833931	0.4951470
20	2000	-0.6145532	-0.8095087	-0.5040916	0.2355659	0.0987643	0.0028561	0.5277591	0.6530618	0.7478227	0.2004199	-0.1094637	-0.2531147
21	2001	-0.6010145	-0.0291684	-0.1050656	-0.2031809	-0.1966919	-0.1720935	-0.2406340	-0.3280745	-0.6510818	-0.5320132	-0.4888879	-0.4787324
22	2002	-0.0845440	-0.2593074	-0.3099129	0.4554936	0.2461565	0.1107263	-0.4540022	-0.3936381	0.0800912	0.6234829	0.6123649	0.3911153
23	2003	0.1821481	-0.0170381	-0.1053719	0.3535704	0.5764785	0.6033821	0.5439611	0.5523077	0.4498676	0.5086796	0.4542567	0.4834646
24	2004	0.6499464	0.8767547	1.1987612	1.2481753	0.2759859	0.1136578	0.3981127	0.3052945	0.4045665	0.3949903	0.0240625	0.0415126
25	2005	-0.3789916	0.5133844	0.8642217	0.8227946	0.7379758	0.7752939	0.1095272	-0.3837820	-0.3097583	-0.3611426	-0.3707826	-0.3720558
26	2006	0.9179958	0.8217863	0.3883254	0.4155664		-0.2809391	-0.5026640	-0.2469513	-0.4378731	0.0503850	-0.5828364	-0.8749304
27	2007	0.2698701	-0.0710303	-0.0754122	-0.0416416	-0.0510381	-0.0375535	0.2516982	-0.2459697	-0.6148468	-0.6660181	-0.4151814	-0.3522658
28	2008	-0.1626701	-0.0016764	0.0958403	0.4760625	0.3243489	0.5890103	-0.6027475	-0.3930696	0.1273830	0.9103281	0.5744902	0.0958119
29	2009	0.4610656	0.4251751	0.1230362	-0.0367336	-0.0714562	-0.1095532	-0.2820884	-0.6285359	-0.0620338	-0.0720037	0.0551856	0.0693373
30	2010	-0.2540368	-0.8137848		0.2243978	0.6521271	0.6131524	0.1408938	0.4519388	0.3096536	0.9037664	0.3982987	0.2145102
31	2011	-0.0514534	-0.5020758	-0.5239871	-0.6472414	-0.7118968	-0.7733982	-0.1592940	0.3775447	0.6274836	0.6422460	0.5583939	0.5969834
32	2012	-0.7803284	-0.5905183	-1.1405227	-0.1613337	-0.4774748	-0.3798825	0.7087977	0.6641085	0.4144260	0.3134466	0.3591707	0.4244083
33	2013	-0.5735619	-0.7413233	-0.3416971	-0.1301356	-0.0876276	-0.0599950	0.6760523	0.2081259	0.5464113	0.5818138	0.5822586	0.5948355
34	2014	0.0283280	0.3228615	0.4186702	0.7729395	2.2239125	3.3240294	0.5137410	0.7794267	0.5733212	0.7914427	0.1569262	0.0101219
35	2015	2.6725876	2.6372355	2.4154011	2.1421853	1.8902170	1.6243562	-0.5126083	-0.4928413	-0.8044210	-0.8937113	-0.6813904	-0.7052011
36	2016	1.4775616	0.9441206	0.7829675	1.0143605	0.4319185	0.3423136	-0.6771426	-0.7392524	-0.2802920	0.6423159	-0.4019894	0.6352815
37	2017	-0.2431480	0.0688439	0.1508989	0.2003247	0.1738294	0.1799925	0.1785909	0.1934919	-0.0452939	-0.0633853	-0.0949172	-0.1614558
38	2018	0.2755094	0.2804422	0.2661892	0.4898348	0.1934795	0.2632423	-0.1672581	-0.3690177	-0.1329275	0.1972496	0.1848377	0.6728825
39	2019	-0.4542451	-0.3080799	-0.2117225	-0.2227644	-0.1473722	-0.1467868	0.1510577	0.0718205	-0.0394735	0.0643618	0.0526608	0.0096426
40	2020	-0.0532592	0.0604392	0.1035838	0.7010410	0.2384129	0.2957067	0.0638163	0.1112410	0.3254198	0.6044901	0.5132479	0.3462044
N° de datos		38	37	35	36	34	40	40	40	40	40	38	39
SPI MAX		3.333	3.459	3.529	2.906	3.115	3.324	0.794	0.818	0.748	0.910	0.612	0.673
SPI MIN		-1.652	-1.323	-1.709	-1.745	-1.667	-1.679	-0.867	-1.049	-0.812	-0.894	-0.780	-0.875

REGISTRO SPI 6, ESTACION EL SALTO													
ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	NA	NA	NA	-0.4237236	0.3375742	0.0758917	0.4216146	0.4803601	0.4482875	0.4461868
2	1982	-0.2763838	0.0316087	-0.0062410	0.2004624	0.4320370	0.0403336	0.4513192	0.6584510	0.5563927	0.5739978	0.8504971	0.7347328
3	1983	-0.3694011	-1.0497517	-1.4180808	-0.5967404	-0.5936756	-0.5813434	-0.3173013	0.0177798	0.6369312	0.7668441	0.7096640	0.7002661
4	1984	-0.5556247	-0.1675272	0.3819890	-0.3053676	0.2746026	-0.0268660	0.8214890	0.9858452	0.7446972	0.2356298	0.4559991	0.3886553
5	1985	1.7652528	1.8843664	2.0638151	2.3790775	2.5759151	2.9364763	-0.0266478	-0.1756000	-0.4801221	-0.4429798	-0.4471643	-0.4396435
6	1986	2.8941795	2.9712672	3.0526200	2.8554760	2.6805169	1.9069000	-0.4301758	-0.4902610	-0.0296024	0.3438760	0.5659539	0.9111504
7	1987	0.9648764	0.6517769	0.3972936	0.2824566	0.2521093	-0.1371674	0.2333853	-0.2621819	-0.3790644	-0.2883343	-0.2620565	-0.4344345
8	1988	0.0018797	-0.1382464	-0.3420425			-0.2587373	-0.3714099	-0.1300557	0.1371931	0.4531653	0.4748391	0.2628861
9	1989	-1.6423335	-2.3625010	-2.7472116	-2.5532441	-2.4940222		-0.7240132	-0.8459049	-0.6854567	-0.4633022	-0.4651808	-0.4616564
10	1990							-0.3308180	-0.0664917	0.1356715	0.0190521	0.2110149	0.5066249
11	1991				-0.6606431	-0.6554426	-0.6414019	0.3804813	0.5462078	0.2722838	0.1810757	0.1564977	0.1256327
12	1992	-0.4905799	-0.1031300	0.4401997			0.0261960	0.0916469	-0.3017132	-0.2105183	0.1252641	0.5217377	0.3725062
13	1993	0.0883876	0.3521605	0.5387572	0.4026539	0.3803512	0.3763513	0.2801447	-0.4447243	-0.2580291	-0.2907901	-0.3047108	-0.3020294
14	1994	0.4102016	0.3783796	-0.2003452	0.2859937	0.2479155	-0.0593417	-0.4194279	-0.0308069	-0.2721935	0.3212364	0.4624379	0.1124139
15	1995	-0.1698158	-0.8392207	-1.2038195	-0.8107862	-0.7999964	-0.7842352	0.8008884	0.9147747	0.7515868	0.6461462	0.6037835	0.6089401
16	1996	-0.9274190	-0.5363722	0.0527437	-0.4201588			0.4915844	0.2299454	0.1808152	0.1927729	0.4460155	-0.2348947
17	1997	-0.6629363	-1.1850331	-1.1224264	-1.0542496	-1.0363818	-1.0131030	0.8831180	0.7038726	0.3805235	0.2838826	0.2827489	0.2852293
18	1998	-0.9886726	-0.6411814	-0.6437843	0.2939473	0.5166359	0.2530491	0.0340063	-0.2535505	0.0463529	0.5083272	0.4866614	0.3481313
19	1999	-0.8503493	-1.3713524	-1.6712127	-1.8037884	-1.7640497	-1.7372636	-0.1963393	0.2973109	0.2174443	0.3715225	0.3415850	0.3362802
20	2000	-1.5737454	-1.3188010	-0.7444549	0.0101931	0.3660273	0.1377062	0.4243143	0.3730386	0.5567648	0.2151418	0.4748391	0.2463226
21	2001	-1.0446409	-1.7989946	-2.2144258	-1.9254444	-2.0281860	-2.0779768	0.0564919	-0.0714268	-0.4409580	-0.3070961	-0.3198674	-0.3112619
22	2002	-1.8797874	-1.3961802	-0.6891994	-0.2339392	0.0042646	-0.1599361	-0.3495737	-0.4134882	0.1303087	0.1848270	0.3121086	0.1278548
23	2003	-0.0916163	0.4990846	0.8773070	0.7612484	0.8144799	0.8089004	0.4038926	0.5313040	0.5022121	0.5612603	0.5438789	0.5424279
24	2004	0.8788938	0.8856210	0.5608453	0.9283284	0.4655961	0.2065681	0.5247972	0.4907839	0.5626924	0.4393263	0.2928660	-0.1599361
25	2005	-0.3636150	0.4823595	0.6224630	0.6016943	0.5784942	0.5772167	-0.3811325	-0.6701923	-0.2313758	-0.0809212	-0.0885452	-0.0814156
26	2006	0.6754176	0.5848941	0.4410844	0.4043921	-0.1732746	-0.5687358	-0.0067476	0.2797700	0.2779023	0.3503235	0.4866614	0.4471605
27	2007	-0.0955358	-0.0709064	-0.3164993	-0.3310199	-0.3335278	-0.3233812	0.3198838	-0.0983315	-0.4719539	-0.5191668	-0.5187237	-0.5294522
28	2008	-0.3399296	-0.5272154	-0.3680646	-0.0958281	0.1368887	0.3053025	-0.7756085	-1.0695463	-0.4764745	0.2696103	0.4926564	0.5720978
29	2009	0.7227134	0.2845319	0.0562455	-0.0369782	-0.0529962	-0.0658018	-0.2590799	-0.3880089	0.3151464	0.2742760	0.3663132	0.3331981
30	2010	-0.3666460	-0.4006267	-0.7343569	0.1546843	0.5572151	0.6742204	0.4486102	0.7049585	0.4606753	0.8854547	0.4717955	0.2141779
31	2011	0.1700150	-0.0477576	-0.0763730	-0.1592734	-0.1922491	-0.2453939	0.1841689	0.6566421	0.6051710	0.5416847	0.5033859	0.5325417
32	2012	-0.2051648	-0.1154119	-0.2445400	0.5328102	0.7825729	0.6970503	0.5640688	0.3850131	0.3549571	0.5070553	0.7283253	0.4210929
33	2013	-0.2317273	-0.5480211	0.0642538	0.0687686	0.0635898	0.1388384	1.2846900	1.0509539	1.0611517	0.9036449	0.8934308	0.8726374
34	2014	0.2648836	0.5427494	0.4520416	0.9164992	1.7660347	2.8216047	0.6514989	0.6099032	0.3508769	0.6566182	0.1368887	-0.1941370
35	2015	3.2301077	3.1716877	3.0690976	3.0823126	2.9366273	2.6494623	0.0831540	0.2284641	-0.0913515	-0.1688213	-0.0377383	-0.0312398
36	2016	2.5628172	2.2910041	2.1587102	1.3930265	0.7205866	0.5631914	-0.0479241	-0.2653935	0.1558302	0.7837426	0.1776937	0.7284609
37	2017	-0.4114463	0.6930423	0.6640802	0.6620485	0.6885974	0.6730904	0.1049242	0.2367487	-0.0952153	-0.0733253	-0.0898968	-0.1800070
38	2018	0.7955774	0.6115921	0.6765476	0.8999751	0.7691969	0.6800246	-0.1128404	-0.4134882	0.0059939	-0.1745381	0.2303463	0.5931473
39	2019	-0.0584576	-0.3829041	-0.3147853	-0.2946627	-0.2272798	-0.2187455	-0.1933436	0.1570472	0.1165399	0.1610655	0.1938922	0.1641485
40	2020	-0.1293695	0.1047555	0.2691178	0.6549250	0.5965241	0.0034359	0.2744162	0.2605491	0.4070319	0.6577992	0.5007136	0.4041370
N° de datos		37	37	37	36	35	37	40	40	40	40	40	40
SPI MAX		3.230	3.172	3.069	3.082	2.937	2.936	1.285	1.051	1.061	0.904	0.893	0.873
SPI MIN		-1.880	-2.363	-2.747	-2.553	-2.494	-2.078	0.380	0.546	0.272	0.181	0.156	0.126

REGISTRO SPI 6, ESTACION PUERTO PIZARRO													
ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	1981	NA	NA	NA	NA	NA	-0.4325488	0.2181553	-0.0948334	0.4014661	0.3947173	0.3537239	0.3544184
2	1982	-0.3262477	-0.0449162	-0.0361302	0.3140984	0.4070876	0.2311098	0.3901636	0.6768147	0.3100313	0.0985928	0.4372278	0.3404767
3	1983	-0.4125796	-1.2261445	-1.6011148	-0.9771085	-0.9515926	-1.0104146	-0.3500749	0.4116218	0.8416857	0.8927008	0.8240005	0.8554255
4	1984	-0.9680025	-0.5307678	0.1165096	0.3312327	0.7896507	1.2850971	0.9978398	1.0652182	0.7127322	0.0783367	0.1496539	0.2141333
5	1985	2.1112294	2.0100878	2.0195578	2.3834369	2.6720094	2.9544963	-0.0654549	-0.3251811	-0.5389253	-0.5758483	-0.5660351	-0.6160315
6	1986	2.9537798	3.1487245	3.4129182	2.9153222	2.8515822	1.7008603	-0.6289414	-0.5828766	-0.1805641	0.3019945	0.2137520	0.8147662
7	1987	0.5036255	0.6325349	0.4685034	0.3320250	0.2903385	0.1480619	0.3548666	-0.2219707	-0.2967786	-0.2003463	-0.1952036	-0.3699037
8	1988	0.2696551	-0.0707688	-0.3148028	0.4403193	0.5767664	0.5604241	-0.3605432	-0.0241188	0.3092602	0.5952867	0.5624471	0.3785576
9	1989	-0.0157568	-0.7371138	-0.7957975	-0.9405648	-0.8762631	-1.0487978	-0.2458822	-0.8720834	-0.6720039	-0.4069480	-0.4259675	-0.4509847
10	1990	-1.0207783	-0.5627378	-0.3211776	0.4987523	0.4325450	0.2764702	-0.3652450	0.0355442	0.3589935	0.1495146	0.2722335	0.4196854
11	1991	0.2945649	-0.3893505	-0.7171386	-0.3961808	-0.4061192	-0.4341184	0.2676104	0.6264141	0.3838621	0.2528490	0.2125384	0.1963486
12	1992	-0.6165064	-0.2212110	0.3814843	0.1169981		-0.1235613	0.2180180	-0.4335790	-0.4149620	0.1905326	0.4576859	0.2803358
13	1993	0.2231795	0.6913064	0.9067416	0.8273665	0.7720246	0.8042282	0.4511290	-0.2015763	-0.2184988	-0.3187817	-0.3334944	-0.3599629
14	1994	0.8704028	0.7636373	0.2736301	0.2147265	0.1251081	-0.0607579	-0.6423477	-0.2579854	-0.3806641	0.3841978	0.4107894	0.2939940
15	1995	-0.1723851	-0.4463750	-0.7630606	-0.6932684	-0.7043833	-0.7402885	0.8424084	0.9612626	0.8280357	0.7032250	0.6448970	0.6686683
16	1996	-0.7645143	-0.7269471	-0.0881250	0.0557640	0.2867880	0.0956149	0.5339617	0.1410806	-0.0833269	-0.0553506	-0.0027885	-0.1858275
17	1997	0.5056254	0.7176604	0.7187349	0.5883861	0.5350709	0.5571216	0.7908008	0.4781989	0.1934975	0.1170996	0.0973397	0.0981527
18	1998	0.5263887	0.2873383	-0.2609456				-0.2493709	-0.4588505	-0.0407612	0.3133587	0.2867880	0.1665923
19	1999	-0.6984012	-0.2169969	-0.4864051	-0.5666815	-0.5812266	-0.6117011	-0.1854495	0.3863405	0.0474800	0.1831234	0.1383359	0.1378818
20	2000	-0.5310439	-0.9456787	-0.6144970	0.3511614	0.5319863	0.3545861	0.2234589	-0.0986507	0.5000578	-0.2350835	0.2229733	0.0341368
21	2001	-0.2989234	-0.3772660	-0.2402856	-0.3855557	-0.2520139	-0.2712304	0.0447526	-0.2721157	-0.5739474	-0.4775147	-0.4919221	-0.5184087
22	2002	-0.1730793	0.0397952	0.1143658	0.8008727	0.0607380	0.3707567	-0.5742486	-0.4818651	0.1024215	0.2732544	0.1942131	0.0956149
23	2003	-0.3500749	-1.1248734	-1.4719449	-1.5514794	-1.5793797		0.3109205	0.2441321	0.1999351	0.1846977	0.1477693	0.1485951
24	2004			-0.9456292	0.1418464	0.3818597	0.2510212	0.1121130	0.1118795	0.1636534	-0.0553506	-0.0027885	0.1023306
25	2005	-0.2458822	0.0623871	0.1421944	0.1053151	0.1246749	0.1227075	-0.1207110	-0.4053463	-0.2133683	-0.0320747	-0.0491597	-0.0640462
26	2006	0.2203121	0.2678543	0.2743646	0.6818066	0.3072443	0.3861824	-0.0068014	0.2877400	0.4708418	0.4085265	0.3715613	0.1767768
27	2007	0.4887986	0.0578542	-0.0736084	-0.1474854	-0.1586967	-0.1912662	-0.0265607	-0.5149111	-0.7468252	-0.8621661	-0.6883102	-0.7235112
28	2008	-0.3615858	-0.2086371	-0.0125167	0.4853198	0.5123630	0.3836598	-0.8005147	-0.5581321	-0.0510499	0.7056535	0.3966700	0.4974321
29	2009	-0.4829419	-0.1076412	-0.1976964	-0.3130492	-0.3313671	-0.3685413	0.0225103	-0.3520121	0.3250813	0.1746889	0.2256343	0.2055369
30	2010	-0.2608865	-0.3975182	-0.7997678	0.1966792	0.5653561	0.5360764	0.2938592	0.6297014	0.0880689	0.8149410	0.3498121	0.1560103
31	2011	0.0790563	-0.1676543	-0.4062215	-0.4208650	-0.4769307	-0.5490128	0.3992569	0.7750648	0.9938902	0.9173027	0.8557351	0.9222041
32	2012	-0.5401412	-0.5658292	-0.1445246	0.1569154	0.2487766	0.0590342	0.9721189	0.8849634	0.4799100	0.6186039	0.7963341	0.4686666
33	2013	-0.5765508	-0.5919664	-0.0950060	-0.0618955	-0.0160995	-0.0091781	1.2972933	1.1392982	1.2076596	1.0947233	1.0706377	1.1024693
34	2014	0.1380178	0.4610011	0.5070396	0.8866832	1.8603565	2.8971530	0.8587464	0.8223254	0.4750877	0.7750410	0.0607380	-0.1235613
35	2015	2.9933491	3.1286464	3.0316012	3.0080774	2.8769312	2.5932802	0.2740159	0.2711469	0.0163683	-0.1102813	0.0231213	0.0204080
36	2016	2.5130657	2.0736620	1.8968584	1.4133403	0.4536973	0.5065572	-0.0299724	-0.1970032	0.2459905	0.9090621	0.1095891	0.7638650
37	2017	-0.1003736	0.0895978	0.4319294	0.4140586	0.3966849	0.3955893	0.3556846	0.4020774	0.1249722	0.0945389	0.0590858	-0.0472394
38	2018	0.5149477	0.6647069	0.4384913	0.6251790	0.5565582	0.3317074	-0.0160486	-0.3661902	0.0719266	-0.0788131	0.1729720	0.6339669
39	2019	-0.2989234	-0.4483474	-0.4533246	-0.2581655	-0.2340459	-0.2436579	0.2038662	0.3534113	0.3644104	0.3687304	0.3823283	0.3615604
40	2020	-0.1526966	0.1094421	0.4641190	0.5910050	0.3818597	0.2803358	0.4441188	0.4446183	0.5415602	0.7762816	0.5055662	0.4523681
N° de datos		38	38	39	38	37	38	40	40	40	40	40	40
SPI MAX		2.993	3.149	3.413	3.008	2.877	2.954	1.297	1.139	1.208	1.095	1.071	1.102
SPI MIN		-1.021	-1.226	-1.601	-1.551	-1.579	-1.049	-0.801	-0.872	-0.747	-0.862	-0.688	-0.724

Anexo 6. Panel Fotográfico

Foto 1. Observación del cauce del río Zarumilla en condiciones de sequía



Foto 2. Cauce reducido del río Zarumilla durante la temporada de sequía



Foto 3. Evaluación de la retención hídrica en Bocatoma La Palma para la gestión agrícola



Foto 4. Se observa la escasez hídrica aguas abajo de la bocatoma La Palma

