



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



**ANÁLISIS DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS, UTILIZANDO EL
ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO (SPI), EN EL
PERIODO (1964 - 2018) EN LA REGIÓN DE PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GYORGY NIWDEL CRUZ CHAGUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A mis padres Edwin Cruz e Isela Candia, a mis hermanos Blanca S., Keysi Y., Nayeli S., Jeremy Samuel S., Juniel, A., por su apoyo, respaldo en momentos de debilidad y gracias por esa ilusión y admiración que muestran ante mis metas cumplidas.

A mi querido abuelo Gregorio Chagua, la persona después de mi padre que más se preocupó por mí. Sus canas son sinónimo de sabiduría, a mis tíos Raul, Gilmer, Nilton, Gabriel y Rulin, quienes me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y seguir luchando por mis objetivos.

A mis tías Rosa Cruz, Josefa y Sonia, con mucho afecto y acariño por el permanente e inmensurable apoyo en los momentos más difíciles que me tocó vivir. A todo el resto de mis familiares por todos sus consejos y su compromiso como parientes, les agradezco de corazón.

En especial a la memoria de Irma Chagua Choquegonza, quien desde el cielo guía mis pasos para seguir adelante con mis proyectos.

GYORGY NIWDEL, CRUZ CHAGUA



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme esta oportunidad de la vida, por estar siempre guiando e iluminando mi camino hacia cada paso personal y por siempre proteger de mi familia.

A la Universidad Nacional del Altiplano y a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola que con afán de servicio y de contribuir con la superación profesional, por haberme concedido la oportunidad de instituir con éxito en mi formación académica.

Al Dr. Edilberto Velarde Coaquira, tutor de esta investigación, por su apoyo su apoyo constante y disposición a escucharme durante el desarrollo de esta tesis.

A los miembros de jurado calificador: Presidente M.Sc. Alberto Choquecota Riva, primer miembro M.Sc. Wilber Fermín Laqui Vilca y Segundo miembro M.Sc. Alcides Hector Calderon Montalico, por haberme brindado su apoyo, orientación y consejos para la culminación de la presente investigación.

Agradezco especialmente al Doctor Elmer Elio Calizaya Llatasi, por sus sabias orientaciones y apoyo incondicional. Finalmente, pero no por ello menos importante, a mis amigos y compañeros de la carrera por los conocimientos compartidos, las aventuras y el apoyo emocional durante esta experiencia donde el conocimiento es poder.

GYORGY NIWDEL, CRUZ CHAGUA



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	14
ABSTRACT	15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 HIPÓTESIS	19
1.2.1 Hipótesis general	19
1.2.2 Hipótesis específicas	19
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.4 OBJETIVOS	21
1.4.1 Objetivo general	21
1.4.2 Objetivos específicos	21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO TEÓRICO	22
2.1.1 Ciclo hidrológico	22
2.1.2 Precipitación	23
2.1.3 Tipos de precipitaciones	23
2.1.3.1 Precipitaciones de convección.....	23
2.1.3.2 Precipitaciones orográficas.....	23
2.1.3.3 Precipitaciones ciclónicas.....	24



2.1.4 Medición de la precipitación: instrumentos de medición convencionales	24
2.1.4.1 Pluviómetros.....	24
2.1.4.2 Fluviógrafos.....	24
2.1.5 Sistema climático	24
2.1.6 Fenómeno meteorológico “El Niño - Oscilación Sur (ENSO)”	26
2.1.7 Impactos del ENSO en las vertientes hidrográficas de Perú	26
2.1.8 Cambio climático	27
2.1.9 Fenómeno de sequía.....	28
2.1.10 Sequías ocurridas en el sur del Perú.....	28
2.1.11 Definición de sequía.....	30
2.1.12 Tipos de sequía.....	31
2.1.12.1 Sequía meteorológica o climatológica.....	32
2.1.12.2 Sequía edáfica o agrícola.....	33
2.1.12.3 Sequía hidrológica.....	33
2.1.12.4 Sequía socioeconómica.....	33
2.1.13 Caracterización de sequías.....	34
2.1.13.1 Duración de la sequía.....	34
2.1.13.2 Severidad de la sequía.....	34
2.1.13.3 Intensidad de la sequía.....	35
2.1.14 Índices de sequías.....	35
2.1.14.1 Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI).....	36
2.1.14.2 El Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).....	37
2.1.14.3 El Porcentaje de Precipitación Normal (PPN).....	41
2.1.15 Análisis de series de tiempo	41
2.1.16 Componentes de una serie temporal	42
2.1.16.1 Tendencia (T).....	42
2.1.16.2 Ciclo (C).....	42



2.1.16.3 Estacionalidad (E).....	42
2.1.16.4 Aleatorio (A).	42
2.1.17 Método del Vector Regional	43
2.1.18 Parámetros estadísticos	43
2.1.18.1 Hipótesis.	43
2.1.18.2 Test estadístico.	44
2.1.18.3 Nivel de significancia (α).	44
2.1.18.4 Test paramétricos.	44
2.1.18.5 Test no paramétricos.....	45
2.1.19 Análisis de tendencias.....	45
2.1.20 Prueba de Mann-Kendall para la detección de tendencia.....	45
2.1.21 Prueba de distribución CUSUM.....	47

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO	50
3.2.1 Ubicación.....	50
3.2.1.1 Ubicación geográfica.	50
3.2.1.2 Ubicación política	50
3.2.2 Características físicas.....	52
3.2.2.1 Hidrografía.....	52
3.2.2.2 Clima.	52
3.3 MATERIALES	54
3.3.1 Datos de precipitación observada.....	54
3.3.2 Información cartográfica.....	54
3.3.3 Equipos y software.....	58
3.3.3.1 Equipos de gabinete.	58



3.3.3.2 Programas de cómputo.....	58
3.4 METODOLOGÍA	59
3.4.1 Información pluviométrica	60
3.4.2 Tratamiento de datos.....	60
3.4.2.1 Análisis exploratorio de datos.	60
3.4.2.2 Análisis estadístico preliminar.	61
3.4.2.3 Análisis de tendencia.	61
3.4.3 Formación de regiones homogéneas de precipitación a escala interanual	63
3.4.3.1 Método del vector regional.....	64
3.4.4 Procedimiento para la estimación del índice de precipitación estandarizada.	65
3.4.4.1 Metodología computacional.	66
3.4.4.2 Método para calcular el SPI.....	66
3.4.4.3 Funcionamiento.....	67
3.4.4.4 Obtención del programa.....	68
3.4.5 Procesos de la variabilidad espacio-temporal de las sequías observadas	68
3.4.5.1 Duración (meses).....	68
3.4.5.2 Intensidad.....	69
3.4.5.3 Severidad.	69
3.4.6 Extensión espacial.....	70

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS.....	71
4.1.1 Análisis exploratorio de datos (AED).....	71
4.1.2 Resultados de la formación de regiones homogéneas por el MVR.	73
4.1.2.1 Indicadores del vector regional región 1.....	74
4.1.2.2 Indicadores del vector regional región 2.....	76
4.1.2.3 Indicadores del vector regional región 3.....	78



4.1.2.4 Indicadores del vector regional región 4.....	80
4.1.2.5 Indicadores del vector regional región 5.....	82
4.1.2.6 Indicadores del vector regional región 6.....	84
4.1.2.7 Indicadores del vector regional región 7.....	86
4.1.2.8 Indicadores del vector regional región 8.....	88
4.1.2.9 Análisis de tendencias en las series históricas anuales	90
4.1.3 Resultado de la estimación del índice de precipitación estandarizada (SPI)..	94
4.1.3.1 Indicadores de sequía.....	95
4.1.3.2 Análisis de fluctuaciones.....	95
4.1.4 Resultados de la variabilidad espacio-temporal de sequías meteorológicos	132
4.2 DISCUSIÓN	139
V. CONCLUSIONES	142
VI. RECOMENDACIONES.....	144
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	145
ANEXOS.....	157
Anexo A: Resumen de la precipitación total mensual para el área de estudio.	157
Anexo B: Valores clasificados para el SPI-región 1.	160
Anexo C: Valores clasificados para el SPI-región 2.	162
Anexo D: Valores clasificados para el SPI-región 3.	164
Anexo E: Valores clasificados para el SPI-región 4.	166
Anexo F: Valores clasificados para el SPI-región 5.....	168
Anexo G: Valores clasificados para el SPI-región 6.	170
Anexo H: Valores clasificados para el SPI-región 7.	172
Anexo I: Valores clasificados para el SPI-región 8.....	174

Área : Ingeniería y tecnología

Línea : Recursos Hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 24 de mayo del 2021.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios sobre tendencias en las precipitaciones en el Perú.	30
Tabla 2. Categoría de sequías definidos para valores de SPI.	40
Tabla 3. Estaciones pluviométricas seleccionadas para el ámbito de estudio.	55
Tabla 4. Valores clasificados para el SPI	69
Tabla 5. Indicadores estadísticos de las series de precipitación, región 1.	74
Tabla 6. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 2.	76
Tabla 7. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 3.	78
Tabla 8. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 4.	80
Tabla 9. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 5.	82
Tabla 10. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 6.	84
Tabla 11. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 7.	86
Tabla 12. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 8.	88
Tabla 13. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 1.	90
Tabla 14. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 2.	91
Tabla 15. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 3.	91
Tabla 16. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 4.	92
Tabla 17. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 5.	92
Tabla 18. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 6.	93
Tabla 19. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 7.	93
Tabla 20. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 8.	94
Tabla 21. Características de sequías (SPI-1 y SPI-3) región 1	98
Tabla 22. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 2	103
Tabla 23. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 3	107
Tabla 24. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 4	111



Tabla 25. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 5	115
Tabla 26. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 6	120
Tabla 27. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3), región 7	124
Tabla 28. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 8	129



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo hidrológico en una cuenca hidrográfica.	22
Figura 2. Componentes del sistema climático y sus procesos e interacciones.....	25
Figura 3. Sequías y sus efectos asociados al déficit del recurso hídrico.	32
Figura 4. Características de las sequías basadas en el SPI	35
Figura 5. Probabilidad de la escala de tiempo SPI.....	39
Figura 6. Ubicación del ámbito de estudio.....	51
Figura 7. Características físicas de la región Puno.	53
Figura 8. Ubicación espacial de las estaciones pluviométricas.....	57
Figura 9. Diagrama de flujo de la metodología.....	59
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de regionalización – Puno.....	63
Figura 11. Características de las sequías	69
Figura 12. Diagrama de caja y bigote Box-plot.....	71
Figura 13. Regionalización de estaciones según el mapa de clasificación climática ...	73
Figura 14. Índices anuales del vector regional-región 1.....	75
Figura 15. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 1.....	75
Figura 16. Índices anuales del vector regional-región 2.....	77
Figura 17. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 2.....	77
Figura 18. Índices anuales del vector regional-región 3.....	79
Figura 19. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 3.....	79
Figura 20. Índices anuales del vector regional-región 4.....	81
Figura 21. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 4.....	81
Figura 22. Índices anuales del vector regional-región 5.....	83
Figura 23. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 5.....	83
Figura 24. Índices anuales del vector regional-región 6.....	85



Figura 25. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 6.....	85
Figura 26. Índices anuales del vector regional-región 7.....	87
Figura 27. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 7.....	87
Figura 28. Índices anuales del vector regional-región 8.....	89
Figura 29. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 8.....	89
Figura 30. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 1.	99
Figura 31. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 2.	104
Figura 32. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 3.	108
Figura 33. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 4.	112
Figura 34. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 5.	116
Figura 35. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 6.	121
Figura 36. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 7	125
Figura 37. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 8	130
Figura 38. Delimitación de 8 regiones homogéneas.....	131
Figura 39. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 1	132
Figura 40. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 2	133
Figura 41. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 3	134
Figura 42. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 4	135
Figura 43. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 5	136
Figura 44. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, Región 6	137
Figura 45. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 7	138
Figura 46. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 8	139



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MVR	: Método del Vector Regional.
AED	: Análisis Exploratorio de Datos.
WMO	: World Meteorological Organization
SENAMI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
DRA	: Dirección Regional Agraria.
ENOS	: El Niño-Oscilación del Sur
ENF	: El Niño Fuerte
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change.
SPI	: Índice de Precipitación Estandarizado.
GWP	: Global Water Partnership



RESUMEN

La sequía es un fenómeno meteorológico natural que independientemente de su severidad, en los últimos años se ha hecho presente con mayor frecuencia y en paralelo a la variabilidad climática, por ello la necesidad de ser evaluados. Esta investigación está orientada al análisis de las sequías meteorológicas utilizando el método de Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) para la región de Puno, utilizando 48 estaciones pluviométricas para el periodo de 1964-2018. Con este fin, se realizó el AED de la información pluviométrica se inició con el método de vector regional, mediante el análisis estadístico muestra los índices de relación entre estaciones para la formación de regiones homogéneas, los test estadísticos de Mann Kendall y Cusum analizaron las tendencias del comportamiento pluviométrico, y posteriormente emplear el *SPI* desarrollando la caracterización de las sequías en términos de la duración, severidad e intensidad. Los resultados del análisis regional basados en el SPI presentaron patrones de sequías meteorológicas en todas las estaciones pluviométricas agrupadas en ocho regiones homogéneas, detectando las condiciones húmedas del suelo que analiza la escala de 1 mes y la precipitación estacional que analiza la escala de 3 meses. En consecuencia, la región 1 presentó valores extremos en el SPI-1, asimismo en las regiones 2, 5, 6 y 7 fueron preponderante como valores extremos en el SPI-3, para las regiones 3, 4 y 8 estableciendo una predominancia en ambas escalas de SPI-1 y SPI-3. Además, se detectó sequías extremas con mayor intensidad en los años: 1976, 1982, 1983, 1988, 1989, 1990, 1992, 2008, 2010 y 2016. En ese contexto aprovechar los resultados para emitir políticas de planificación en sequías meteorológicas a fin de no ser afectado en los sectores económicos, social y agrícola.

Palabras clave: Sequía, precipitación, intensidad, duración, severidad.



ABSTRACT

Drought is a natural meteorological phenomenon that, regardless of its severity, in recent years has been present with greater frequency and in parallel with climate variability, hence the need to be evaluated. This research is oriented to the analysis of meteorological droughts using the Standardized Precipitation Index (SPI) method for the Puno region, where extreme events were identified, for scales of one and three months using 48 rainfall stations for the period 1964- 2018. The AED of the information began with the regional vector method, by means of the statistical analysis it shows the relationship indices between stations for the formation of homogeneous regions, the statistical tests of Mann Kendall and Cusum analyzed the trends of the pluviometric behavior, and later use the SPI developing the characterization of droughts in terms of duration, severity and intensity. The results of the regional analysis based on the SPI presented patterns of meteorological droughts in all the pluviometric stations grouped in eight homogeneous regions, detecting the humid conditions of the soil that analyzes the 1-month scale and the seasonal precipitation that analyzes the 3-month scale. Consequently, region 1 presented extreme values in SPI-1, also in regions 2, 5, 6 and 7 they were predominant as extreme values in SPI-3, for regions 3, 4 and 8 establishing a predominance in both SPI-1 and SPI-3 scales. In addition, extreme droughts were detected with greater intensity in the years: 1976, 1982, 1983, 1988, 1989, 1990, 1992, 2008, 2010 and 2016. In this context, take advantage of the results to issue planning policies on meteorological droughts in order to not be affected in the economic, social and agricultural sectors.

Key Words: Drought, Standardized Precipitation Index, Precipitation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2014) considero a la sequía como un periodo de condiciones meteorológicas anormales seca y suficientemente prolongada como para que la falta de precipitación cause un gran desequilibrio hidrológico, esto causando los desastres naturales más costosos y menos entendidos.

Mirakbari *et al*, (2010) resaltan que la sequía meteorológica, como un evento extremo, tiene lugar cuando la precipitación mensual o anual desciende por debajo de un umbral para una duración específica y que estos eventos se presentan sobre la base de diferentes características de sequía como son su duración, magnitud y severidad. Los cambios en cada una de estas características pueden generar impactos en el manejo de los recursos hídricos y la agricultura. En general, las sequías intensas aun con pequeñas o medianas duraciones pueden tener fuertes impactos en la agricultura, mientras las sequías de mediana intensidad con largas duraciones pueden tener serios efectos en la provisión de agua (Ge *et al.*, 2016); por ello la importancia de estudiar la caracterización de las sequias meteorológicas.

Según un informe de la Autoridad Nacional del Agua sobre condiciones de sequía y estrategias de gestión en el Perú (ANA, 2010), “Gran parte del territorio nacional está expuesto a periódicas sequías, incluyendo regiones importantes de costa y sierra, cuya intensidad estaría asociada a la ocurrencia de condiciones climáticas especiales, inversas al fenómeno El Niño”. Asimismo, se prevé que el cambio climático influirá en las principales componentes del ciclo hidrológico (Burke *et al.*, 2006; Cook *et al.*, 2015).



La necesidad de evaluar las sequías meteorológicas mediante el método Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) en la región de Puno, tiene como propósito identificar y monitorear los eventos extremos así recomendar las acciones preventivas para no ser afectado en mayores magnitudes en los sectores económicos, social y agrícola.

En ese contexto la forma más elemental para el alcance de las condiciones de sequía es el uso de índices de sequía, ya que proporcionan un método cuantitativo para determinar el inicio y el final de un evento de sequía, debido a que el valor del índice indica el nivel de severidad de la sequía (Sosa, 2016).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, los sectores económicos y la agricultura familiar sienten impactos negativos por los aspectos climatológicos. La frecuencia de los desastres relacionados con el agua está en acrecentamiento debido al aumento en la intensidad de eventos naturales como tormentas, fuertes vientos, precipitaciones máximas, inundaciones, sequías y deslizamientos de tierra (OMM, 2020). Siendo así la **sequía** uno de los peligros naturales más grandes año tras año ya que sus efectos son considerables y generalizados como impactos negativos en el crecimiento económico.

Según la Organización Meteorológica Mundial y Asociación Mundial para el Agua (2016), la sequía es una parte natural del clima y pueden darse en todos los regímenes climáticos del mundo, incluso en desiertos y bosques lluviosos. En ese contexto, según la Autoridad Nacional del Agua (2010), las sequías afectan severamente al sur del Perú, caracterizado por la escasez de lluvias que afectan directamente a los cultivos de la agricultura de secano, causando pérdidas de los cultivos y ganados (Belizario, 2014, 2015). El Altiplano de Puno es la zona con mayor vulnerabilidad a las sequías (ANA, 2010), existiendo una fuerte dependencia entre la



severidad y la duración de las sequías, en la región hidrográfica del Titicaca (SENAMHI, 2010).

La región Puno es la zona con mayor vulnerabilidad a las sequías, al cual se incrementa los efectos del cambio climático constituyendo un serio problema para la seguridad alimentaria local y nacional (Belizario et al., 2013b, 2013a). En este sentido, ante los cada vez más recurrentes y severos sequías en el Altiplano la caracterización espaciotemporal de sequías meteorológicas son necesarias para implementar acciones que conduzcan a reducir los impactos negativos en los medios de vida de los lugareños y por ende en la seguridad alimentaria nacional. A pesar de los diversos impactos regionales del cambio climático que se están produciendo en el mundo y en Perú, aún existe un amplio desconocimiento sobre las características de las sequías que originan estos hechos como en el caso del Altiplano peruano.

El problema de la sequía en la región de Puno, constituye uno de los aspectos más críticos para planificar el uso óptimo de los recursos hídricos, debido a que no se conoce las particularidades de la caracterización espacio-temporal de las sequías meteorológicas. Debido a los cambios que presenta la variabilidad climática como se deduce que las sequías son consecuencias de las alteraciones y anomalías de este fenómeno natural.

Mediante la metodología desarrollado por McKee (1993) y recomendado por Gutman (1999), el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) es uno de los índices de sequías meteorológicos más conocidos y ampliamente utilizados. Que tiene como propósito definir y monitorear las sequías, identificando las características probabilísticas de la sequía, incluidas la duración, la severidad y la intensidad. La naturaleza del SPI permite al analista determinar la rareza de una sequía o un evento anormalmente húmedo a una escala temporal y espacial, la cual es importante para la producción agrícola y los



recursos hídricos. Adicionalmente, el SPI requiere solo de datos de precipitación, los cuales son usualmente disponibles en la mayoría de los países y zonas de estudio de escalas considerable con estaciones pluviométricas según la recomendación de la OMM.

Con la presente investigación se pretende responder a la siguiente interrogante.

¿En qué medida se conoce el comportamiento pluviométrico y las características climatológicas de los patrones espacio-temporal de áreas críticas y las tendencias de variabilidad interanual de las sequías meteorológicas en términos de intensidad, duración, severidad, observadas en 48 estaciones pluviométricas de la red SENAMHI de la región Puno entre los años 1964 y 2018?

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis general

- El comportamiento pluviométrico y las características climatológicas son particularidades que definen los patrones espacio-temporales de las regiones homogéneas y las tendencias de la variabilidad interanual en términos de intensidad, duración, severidad son tipologías que definen las sequías meteorológicas, para la región Puno entre los años 1964 y 2018.

1.2.2 Hipótesis específicas

- A través de métodos estadísticos las regiones homogéneas desarrollan indicadores a escala interanual de la variable precipitación, en la región de Puno.
- Cuantificar la temporalidad de los déficits de precipitación entre zonas con climas muy diferentes, cuanta influencia tiene las escalas de 1 y 3 meses en su intensidad, duración y severidad en las sequías meteorológicas.



- Se presenta una variabilidad espacial de las sequías meteorológicas en términos de sus características climatológicas en base a la vulnerabilidad de sequías moderadas a extremadamente secas, desarrollado en la región Puno.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú, la precipitación total anual muestra incrementos (tendencias positivas) en el período de 1965 al 2007. El análisis temporal de los últimos 40 años indica que mecanismos de circulación de gran escala modulan la precipitación en períodos, principalmente decadales o mayores. En el caso de la variabilidad interanual, los eventos ENOS son los responsables de esta tendencia, pero su incidencia es mínima, restringida a los eventos más intensos. Por otro lado, la sierra central y sur muestran una variabilidad interanual muy similar, pero con tendencias opuestas, donde los eventos ENOS parecen ser la principal fuente dinámica que modula, con mayor intensidad, las diferentes zonas a nivel nacional (SENAMHI, 2009). Lavado y Espinoza (2014) indica que la vertiente del Titicaca (VT), por su parte, presenta un importante déficit de lluvias durante el Niño fuerte (ENF).

El monitoreo de los eventos de sequía es de mucha utilidad para planificar y gestionar los efectos adversos de la sequía en la agricultura y el medio ambiente, este análisis requiere de herramientas que predigan con precisión las métricas estandarizadas de sequía (Mouatadid, Raj, Deo, Adamowski, 2018). Considerando 48 estaciones pluviométricas utilizando una cantidad mayor frente a otras investigaciones ya que estas serán de mucha utilidad para caracterizar a mayor detalle la región Puno y conocer el comportamiento de la sequía.

El índice de precipitación estandarizado (SPI) tiene varias características que son una mejora sobre otros índices, con su simplicidad y flexibilidad. Así mismo, se utiliza



para observar y describir la sequía con base en datos de precipitaciones mensuales (Shah, Bharadiya, Manekar, 2015). De los resultados obtenidos se desarrolla un pre proceso, que es la regionalización de precipitaciones mensuales mediante el método del vector regional este análisis permite identificar nuevas zonas con precipitaciones similares en toda la región de Puno.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- El objetivo principal del trabajo es el análisis espacio temporal de Sequías Meteorológicas, utilizando la información pluviométrica y la aplicación del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para el periodo 1964 – 2018, en la región Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar regiones homogéneas de precipitación a escala interanual en la región Puno, aplicando métodos estadísticos.
- Determinar la temporalidad del índice de precipitación estandarizado, precisando escalas de tiempo para 1 y 3 meses en su intensidad, duración, severidad, de sequías meteorológicas.
- Caracterizar la variabilidad espacial de sequías moderadas a extremadamente secas en los años y regiones más vulnerables.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es un proceso natural ocasionado por la evaporación del agua del mar que llega a la atmosfera y es arrastrada hacia el continente por el viento, ocasionando la nubosidad y las precipitaciones, después el agua es devuelta al océano por canales de superficie y subterráneos (Ledesma, 2011). En la figura 1 se muestra el ciclo hidrológico en una cuenca hidrográfica.

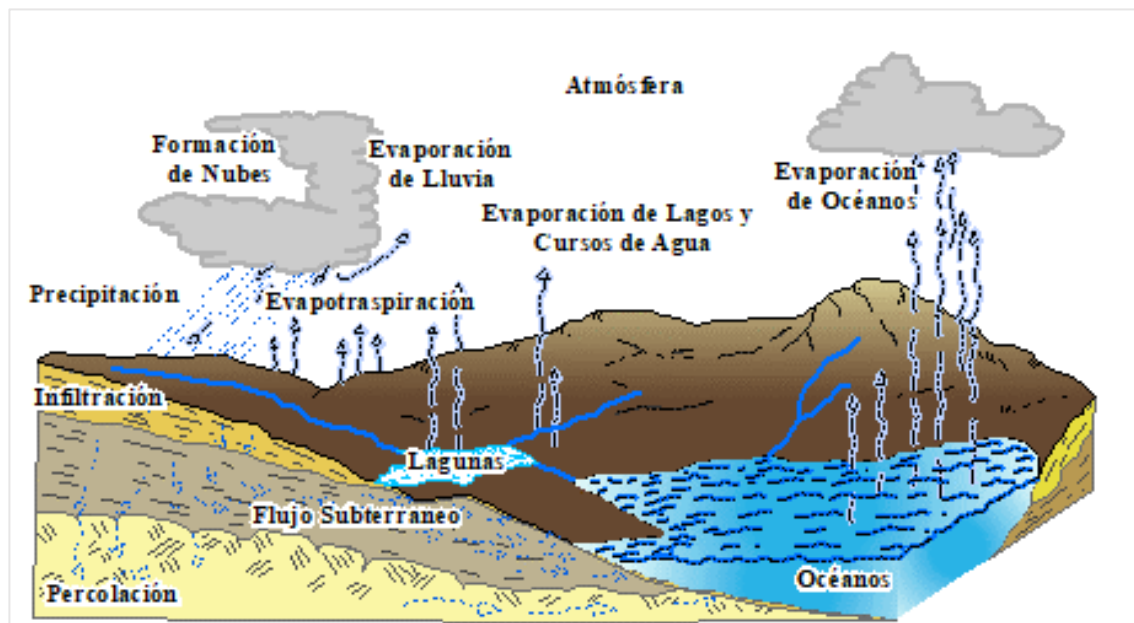


Figura 1. Ciclo hidrológico en una cuenca hidrográfica.

Fuente: Keller y Blodgett (2012).



2.1.2 Precipitación

Según Ledesma (2011), las nubes pueden clasificarse en calientes, si la temperatura de ellas a cualquier nivel es superior a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en nubes frías, si en algunas zonas, aunque sea en todas, la temperatura está por debajo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo el mecanismo de precipitación diferente. En las nubes calientes las precipitaciones son siempre líquidas y en las nubes frías, dentro de ellas, puede haber cristales de hielo más o menos hexagonales formados por sublimación del vapor de agua que constituyen los núcleos de sublimación y las precipitaciones, según la temperatura, serán líquidas o sólidas.

2.1.3 Tipos de precipitaciones

Las precipitaciones se clasifican en tres grupos según el factor responsable del levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para que se produzcan cantidades significativas de precipitación (Chereque, 1989).

2.1.3.1 Precipitaciones de convección.

En tiempo caluroso, se produce una abundante evaporación a partir de la superficie del agua, formando grandes masas de vapor de agua, que por estar calientes, se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo a la adiabática seca o húmeda. En el curso de su ascenso, se enfrían según el gradiente adiabático seco ($1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), o saturado ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) (Villón, 2011).

2.1.3.2 Precipitaciones orográficas.

Resultan de la ascensión mecánica de corrientes de aire húmedo con movimiento horizontal cuando chocan sobre barreras naturales, tales como montañas (Monsalve, 1999).



2.1.3.3 Precipitaciones ciclónicas.

Se producen cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión (Villón, 2011).

2.1.4 Medición de la precipitación: instrumentos de medición convencionales

2.1.4.1 Pluviómetros.

Consiste en un cilindro metálico con un embudo de tapa; en su interior hay un recipiente graduado en centímetros o en pulgadas; en donde el agua se acumula, y luego se hace la lectura de la altura. Si el recipiente no está graduado, se usa una regla (Ayllón, 2009).

2.1.4.2 Fluviógrafos.

Son semejante a los pluviómetros, con la diferencia que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación. Este mecanismo está formado por un tambor que gira a velocidad constante sobre el que se coloca un papel graduado especialmente. En el recipiente se coloca un flotador que se une mediante un juego de varillas a una plumilla que marca las alturas de precipitación en el papel (Aparicio, 1987).

2.1.5 Sistema climático

Sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y biósfera, y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna por

efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares; y forzamientos inducidos por el hombre, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo (IPCC, 2013).

El sistema climático es alimentado por la radiación solar (figura 2), el Sol proporciona la energía para la Tierra principalmente en los trópicos y los subtrópicos, y se redistribuye en parte a las latitudes medias y altas por procesos de transporte atmosférico y oceánico. La actividad humana cambia las emisiones de gases y aerosoles, que están implicados en las reacciones químicas atmosféricas, lo que resulta en el ozono (O_3) y cantidades de aerosoles modificados.

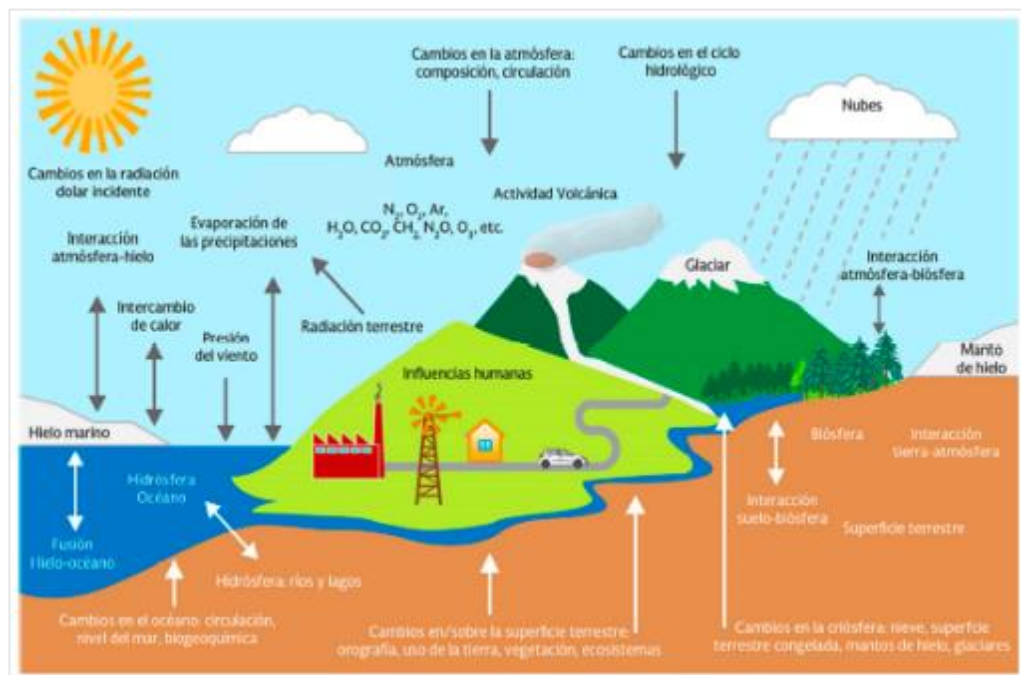


Figura 2. Componentes del sistema climático y sus procesos e interacciones

Fuente: IPCC (2007).



2.1.6 Fenómeno meteorológico “El Niño - Oscilación Sur (ENSO)”

La oscilación del sur de El Niño es uno de los impulsores más importantes de la variabilidad anual en los patrones climáticos globales. Los eventos de El Niño, caracterizados por temperaturas de la superficie del mar, más cálidas que la medida en el Pacífico Oriental y un debilitamiento de los vientos alisios, están asociados con temperaturas globales más altas. Las temperaturas globales más frías a menudo acompañan a los eventos de La Niña. Según la declaración provisional sobre el estado del clima (OMM, 2019; GPCC, 2019).

Las corrientes cálidas del oeste ecuatorial fluyen hacia las costas de Perú, cambian los patrones climáticos locales y provocan lluvias en áreas normalmente desérticas o de poca precipitación y sequías en donde generalmente llueve en abundancia (López, 2009).

2.1.7 Impactos del ENSO en las vertientes hidrográficas de Perú

Lavado y Espinoza (2014), evaluaron los impactos de El Niño (EN) y la Niña (LN) en las lluvias del Perú utilizando datos de lluvias mensuales (1965-2007) de 155 estaciones distribuidas sobre las tres vertientes hidrográficas del Perú: 85 en la del Pacífico (VP), 21 en la del lago Titicaca (VT) y 49 en la del Amazonas (VA). Para ello se dividió en dos etapas: Primero, sobre la base de años hidrológicos (septiembre a agosto) se clasificaron los eventos del El niño y La Niña en: El Niño fuerte (ENF), El Niño moderado (ENM), La Niña moderada (LNM) y La Niña fuerte (LNF), utilizando el Índice Troup de Oscilación del Sur (IOS), encontrando que en ENF y LNF, hay mayor porcentaje de estaciones de precipitación con anomalías significativas en diciembre a mayo en las VP y VT, ya que, existe un aumento de las lluvias durante ENF en el norte de la VP, mientras que la región sur andina de la VP presenta disminución de lluvias



durante ENF y aumento en LNF; asimismo, la VT presentó un importante déficit de lluvias durante ENF.

2.1.8 Cambio climático

El incremento en la variabilidad de la precipitación es uno de los aspectos más importantes relacionados con el cambio climático (IPCC, 2007). En varias regiones del planeta se ha observado durante los últimos años una reducción en el tiempo entre la ocurrencia de eventos extremos, los cuales tuvieron mayores niveles de severidad (Mishra y Singh, 2010). La identificación de estos cambios es particularmente importante en el manejo de los recursos hídricos.

El Grupo de expertos de Agua y Clima (2019): coordinado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), Organización de las Naciones Unidas (ONU), Comisión Económica para Europa (CEPE) y las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura Organización (UNESCO) - produjo un resumen de políticas sobre cambio climático y agua.

- El cambio climático amenaza vidas y derechos humanos. Asegurar el agua para las comunidades, economías y ecosistemas son críticos para la reducción de pobreza, transformación de energía verde, y creando un amortiguador de desastres.
- Mejora de las prácticas de gestión del agua en comunidades, gobiernos locales y autoridades regionales. Necesita ser empoderado para tener confianza y estar informado de riesgos para la toma de decisiones que pueden ayudar a mejorar la salud del ecosistema y reducir el riesgo de desastres relacionados con el agua.



2.1.9 Fenómeno de sequía

La sequía es considerada por muchos como la más compleja pero menos comprendida de todos los peligros naturales. Es uno de los peligros naturales más costosos de un año a otro con impactos significativos y generalizados que afectan a las personas y a varios sectores económicos (WMO, 2016).

Difiere de otros peligros naturales como las inundaciones, ciclones tropicales y terremotos, ya que, a menudo se acumula lentamente durante un período de tiempo considerable y puede persistir durante años después de la terminación del evento, por lo que es difícil determinar el inicio y final de una sequía (Tannehill, 1947). Asimismo, suelen tardar tres o más meses en desarrollarse, aunque este período de tiempo puede variar considerablemente, dependiendo del momento de la iniciación de la escasez de precipitación. Por ejemplo, un período seco significativo, durante la temporada de invierno puede tener pocos impactos; sin embargo, si esta escasez continúa, los impactos pueden magnificarse rápidamente (Wilhite, 2000).

Los efectos de una sequía varían significativamente con la intensidad, duración, extensión y obviamente de las condiciones preexistentes (SENAMHI, 2015), como los contextos socioeconómicos en los que se producen las sequías y las vulnerabilidades específicas de las entidades expuestas (WMO, 2016).

2.1.10 Sequías ocurridas en el sur del Perú

De acuerdo al informe desarrollado por el Programa Integrado de Manejo de Sequía (IDMP, 2013), gran parte del Perú está expuesto a sequías periódicas, incluyendo regiones importantes de la costa y sierra, cuya intensidad estaría asociada a la ocurrencia de eventos como el Fenómeno El Niño.



Siendo la precipitación la principal forzante de la sequía y debido a las pocas investigaciones sobre los cambios observados en las sequías a nivel del Perú, en la tabla 1, presentamos un resumen de los estudios relacionados a las tendencias en las precipitaciones. De esta tabla se desprende que, las tendencias diferenciadas (aumento y reducción) de las precipitaciones no permiten hacer conclusiones sobre alguna tendencia sistemática (IGP, 2005a; Marengo *et al.*, 2011; SENAMHI, 2012a). Sin embargo, las tendencias observadas muestran aumentos sistemáticos de las lluvias en la vertiente occidental de la sierra, así como reducciones en parte de la vertiente oriental de la sierra sur y central.

Tabla 1. Estudios sobre tendencias en las precipitaciones en el Perú.

Región	Periodo	Variable	Tendencia
Cuenca del Piura (Andes noroccidentales)	1963- 2003	Precipitación	Verano, otoño: +9 a 14 mm/año Invierno: -0.5 mm/año Primavera: +0.2 a 0.5 mm/año
Cuenca del Santa (Andes occidentales Centrales)	1965- 2006	Precipitación	Anual: 20-30% incremento en los últimos 40 años
Cuenca del Mantaro (Andes centrales orientales)	1965- 2010	Precipitación	Anual: -3 a -51 mm/década Verano: -3 a -29 mm/década Invierno: -1 a -6 mm/década
Arequipa (Andes del Sur)	1964- 2006	Precipitación	-2 a +1.5 mm/década
Parte media-alta de la Cuenca del Urubamba (Andes sur Oriental)	1965- 2010	Precipitación	Anual: +2 a +20 mm/década Verano: +9 a +18 mm/década Invierno: + +1 a +2 mm/década
Cuenca del Mayo (Andes nororiental)	1965- 2006	Precipitación	Anual: -20 a +20% Verano: -10 a 40% Invierno: -10 a -40%
Parte norte de la región Apurímac (Andes centrales occidentales)	1965- 2009	Precipitación	Anual: +36.3 a +63.2 mm/década Verano: +32.7 a +44.7 mm/década Invierno: +1.0 a +1.5 mm/década

Fuente: Marengo *et al.*, (2011). Estudios sobre tendencias en las precipitaciones en el Perú.

2.1.11 Definición de sequía

La Organización de Meteorológica Mundial y Global Water Partnership (2014), consideran que la sequía es un peligro natural complejo y los impactos asociados con él; son el resultado de numerosos cambios climáticos y una amplia gama de factores sociales que definen el nivel de resiliencia social.



La convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD, 2004), define la sequía como un fenómeno natural del clima, causado por el déficit de la precipitación en condiciones considerablemente inferior a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción del recurso tierra. Siendo un fenómeno frecuentemente mencionado como el causante de grandes catástrofes en la economía andina por Mendoza (1994).

Ramírez y Brenes, (2001) definen la sequía como un desastre natural lento que no presenta trayectorias definidas y tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y el espacio. La severidad de una sequía depende no solamente del grado de reducción de la lluvia, de su duración o de su extensión geográfica, sino también de las demandas del recurso hídrico para la permanencia de los sistemas naturales y para el desarrollo de las actividades humanas. La sequía es un fenómeno recurrente, inherente a climas muy variables, presente normalmente en regiones semiáridas y subhúmedas donde la vegetación se encuentra casi siempre en un frágil equilibrio ecológico; la agricultura es más vulnerable.

2.1.12 Tipos de sequía

Las sequías tienen su origen dentro del ciclo hidrológico con una deficiencia de la cantidad de precipitación, el cual provoca de forma directa una disminución de la presencia de agua en todos los estados del ciclo hidrológico (Brass, 1990). A esta deficiencia de la precipitación puede sumarse factores como una alta temperatura, la presencia de fuertes vientos, una baja humedad relativa con una alta radiación solar, las características del suelo y la cobertura vegetal. Todo ello tiene en común el aumento de la evaporación y la transpiración que acentúa la disminución de la presencia de agua en la superficie terrestre en el proceso del ciclo hidrológico.

Según Wilhite y Glantz (1985), en su trabajo “Understanding and Defining Drought”, definen cuatro tipos de sequías, atendiendo a su origen y sus efectos.

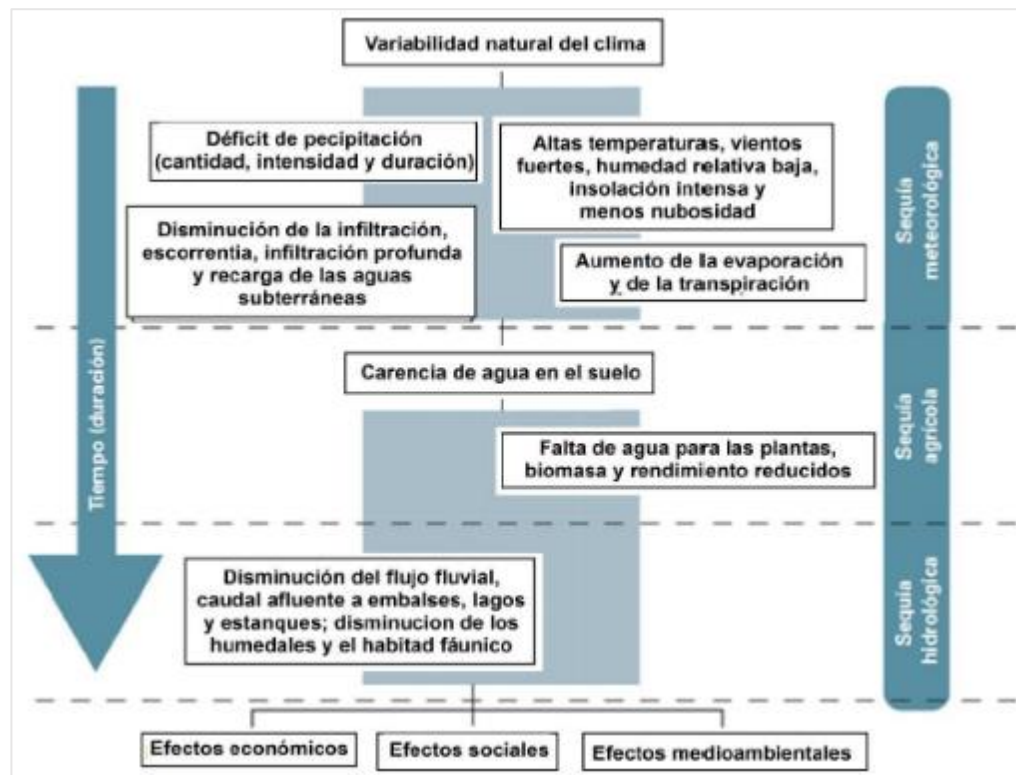


Figura 3. Sequías y sus efectos asociados al déficit del recurso hídrico.

Fuente: OMM, (2006). Característica de los tipos de sequía (vigilancia y alerta temprana de la sequía, 2006)

2.1.12.1 Sequía meteorológica o climatológica.

Las sequías meteorológicas se relacionan con la disminución de las precipitaciones, siendo evaluadas mediante la comparación de precipitación del periodo de análisis y un indicador estadístico de la serie temporal que generalmente es la media. Existen diversas definiciones de la sequía meteorológica que han sido desarrolladas para regiones específicas (Curi, 2014).

La Organización Meteorológica Mundial (2006), define a partir de un umbral de déficit de precipitación que se alcanza durante un período de tiempo



previamente determinado. El umbral escogido (ej. 75% de la precipitación normal) y el período de duración (ej. seis meses) variarán según el lugar, función de las necesidades de los usuarios y actividades.

2.1.12.2 Sequía edáfica o agrícola.

La sequía agrícola puede caracterizarse por una deficiencia en la disponibilidad de agua para el sostenimiento de los cultivos o el crecimiento de las plantas. La severidad de la sequía agrícola suele estar más estrechamente asociada con deficiencias en la humedad del suelo; el factor más crítico en la definición del potencial de producción de los cultivos (ISDR, 2005).

2.1.12.3 Sequía hidrológica.

La sequía hidrológica se asocia fuertemente a la deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales y/o subterráneas, así como el volumen de almacenamientos. Siendo así que la sequía hidrológica tiene un desfase de ocurrencia en relación con la sequía meteorológica, puesto que se requiere de un desfase temporal para que se propaguen las anomalías pluviométricas a los diversos componentes del ciclo hidrológico (Gálvez, 2017).

2.1.12.4 Sequía socioeconómica.

La sequía socioeconómica ocurre cuando la escasez física de agua empieza a afectar a las personas, individual y colectivamente; o en términos más abstractos, la asocian con la oferta y demanda de un bien económico, es decir, cuando la demanda de un bien económico excede a la oferta como resultado de un déficit climático relacionado con el suministro de agua (Committee Oversight, 2009).



2.1.13 Caracterización de sequías

Se asume que los episodios de sequías comienzan cuando el índice considerado toma valores por debajo de un umbral dado y finalizan cuando nuevamente se supera dicho umbral. Por ejemplo, Lloyd-Hughes y Saunders (2002), utilizan el SPI para detectar ocurrencia de sequías y consideran que una sequía moderada ocurre cuando $SPI < -1$ y en una sequía extrema el umbral correspondiente es -2 (Podestá *et al.* 2016).

La teoría de rachas permite la caracterización de una serie de episodio seco en base a tres características principales como son: duración, magnitud y área afectada (Lorenzo, 2012). A continuación, se describe las características de la sequía por (SENAMHI, 2016).

2.1.13.1 Duración de la sequía.

La duración de un evento de sequía, se define como el periodo consecutivo e interrumpido de tiempo con valores de SPI por debajo del umbral (meses) que dura un evento de sequía, registrado en un periodo de tiempo relativamente largo. Dependiendo de la región, la duración de la sequía puede variar entre una semana y algunos años. Debido a la naturaleza dinámica de la sequía, una región puede experimentar temporadas húmedas y secas simultáneamente al considerar varias escalas temporales.

2.1.13.2 Severidad de la sequía.

Este término hace referencia al déficit acumulado de agua (precipitación) por debajo de cierto umbral durante un periodo de sequía; el cual se cuantifica mediante la acumulación de la sucesión negativa de los déficits de precipitación en un evento de sequía.

2.1.13.3 Intensidad de la sequía.

Es un parámetro muy usual que se utiliza en la caracterización de sequías, algunos autores la calculan como la magnitud entre la duración de la sequía y corresponde entonces a la intensidad promedio, en otros casos se define como el valor más bajo del SPI durante un evento de sequía, conocido como intensidad máxima.

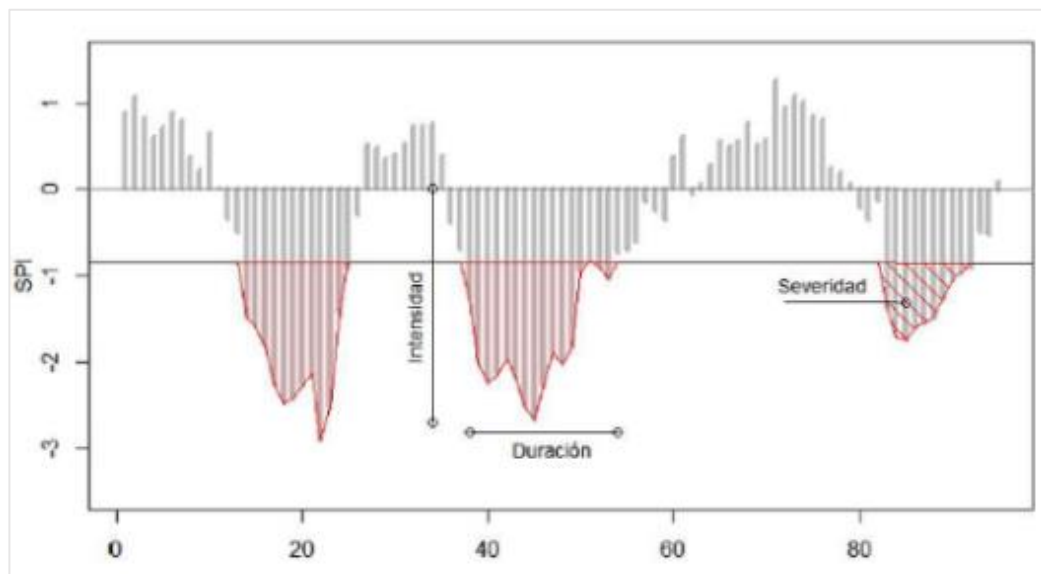


Figura 4. Características de las sequías basadas en el SPI

Fuente: SENAMHI, (2016). Serie cronológica de oferta - demanda para la identificación y caracterización de las sequías.

2.1.14 Índices de sequías

Los índices de sequía son medidas cuantitativas que caracterizan los niveles de sequía por la asimilación de los datos de una o varias variables (indicadores) como la precipitación, evapotranspiración o caudales en un único valor numérico. Por esta razón, se ha dedicado mucho esfuerzo al desarrollo de técnicas de análisis y vigilancia de la sequía, entre ellos, los índices son los más utilizados, pero la subjetividad en la definición



de sequía ha hecho muy difícil establecer un índice de sequía único y universal (Vicente *et al.* 2012).

Es importante que los índices de sequía reflejen con exactitud y representen los impactos que se experimentan durante las sequías. A medida que las sequías evolucionan, los impactos pueden variar según la región y estación (WMO, 2016).

2.1.14.1 Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI).

Karl y Knight (1985), mencionaron que un índice de tipo hidrológico que caracterice la situación de sequedad a partir del flujo superficial, humedad del suelo, niveles de lagos, embalses y acuíferos en un modelo hidrológico conceptual fue desarrollado con el nombre de Índice de Sequía Hidrológico de Palmer (*Palmer Hydrological Drought Index*, PHDI).

Este índice surge de introducir modificaciones al PDSI, destinadas a detectar anomalías de humedad que afectan a la corriente de agua superficial. El Índice de Sequía Hidrológico de Palmer (PHDI) evoluciona muy lentamente de un mes a otro, de tal forma que no muy útil para detectar las sequías meteorológicas, ya que las reservas de agua no empiezan a resultar afectadas hasta que esta se ha prolongado en el tiempo. En los años transcurridos desde su desarrollo, el PDSI se ha convertido en un estándar para medir la sequía meteorológica, particularmente en los Estados Unidos, sin embargo, ha habido muchas críticas del PDSI a lo largo de los años, pero tal vez una de las quejas más comunes es que los valores PDSI no son comparables entre diversas regiones climatológicas (Wells *et al.* 2004).



2.1.14.2 El Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).

El SPI fue desarrollado en la Universidad del Estado de Colorado (Estados Unidos) por McKee *et al.* (1992). El resultado de su trabajo se presentó por primera vez en la 8ª Conferencia sobre Climatología Aplicada, celebrada en enero de (1993). La base de este índice es que se sustenta en las relaciones de la sequía con la frecuencia, la duración y las escalas temporales. Según la OMM (2009), recomendó a los países que utilizaran el SPI como principal índice de la sequía meteorológica para vigilar y seguir las condiciones de sequía (Hayes, 2011). Al dar a conocer el SPI como índice de uso general.

Según la Organización Meteorológica Mundial (2016), la Asociación Mundial para el Agua y el Centro Nacional de Mitigación de Sequías (NDMC, 2016), consideran que el SPI utiliza registros históricos de la precipitación de un lugar para establecer una probabilidad de precipitación que se puede calcular para las escalas temporales que se deseen, (SPI de 1 mes, SPI de 3 meses, SPI de 6 meses etc.). Como ocurre con otros indicadores climáticos, las series cronológicas de datos utilizadas para calcular el SPI no tienen que tener una duración específica. Guttman (1998, 1999) señaló que, si hay datos adicionales presentes en una serie cronológica larga, los resultados de la distribución de la probabilidad serán más fiables porque habrá más episodios de humedad y sequía extrema incluidos. El SPI se puede calcular a partir de un registro mínimo de datos de 20 años, pero lo ideal es que la serie cronológica contenga datos de 30 años.

La principal crítica del SPI es que su cálculo se basa sólo en datos de precipitación. El índice no considera otras variables que puedan influir en las sequías, como la temperatura, la evapotranspiración, la velocidad del viento y la

capacidad de retención de agua en el suelo. Sin embargo, varios estudios han demostrado que la precipitación es la principal variable que determina el inicio, duración, intensidad y el final de las sequías (Vicente *et al.* 2010). Por lo que, los bajos requerimientos de datos y la simplicidad explican el amplio uso de índices basados en precipitaciones como el SPI para el monitoreo y análisis de la sequía (Vicente *et al.* 2012).

Para calcular SPI, los datos históricos de precipitaciones de cada estación se ajustan a una función de distribución de probabilidad gamma:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{para } x > 0 \quad (1)$$

Donde, $x > 0$ es la precipitación acumulada, $\alpha > 0$ es un parámetro de uniformidad, $\beta > 0$ es un parámetro de escala y $\Gamma(\alpha)$ define la función gamma. Las soluciones de máxima verosimilitud se utilizan para estimar óptimamente los parámetros de distribución gamma, α y β para cada estación y para cada uno de los intervalos de tiempo (3 y 6 meses):

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad \text{donde: } A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(\bar{x})}{n},$$

n es el número de precipitaciones (meses)

Donde:

α , es un parámetro de forma

β , es un parámetro de escala

x , es la cantidad de precipitación

$\Gamma (\alpha)$, es la función gamma.

Los parámetros resultantes son usados para encontrar la probabilidad acumulada de una precipitación observada para el mes y escala temporal (\dot{X}) dado de una determinada estación. La representación de la función de probabilidad acumulada es dada por:

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (3)$$

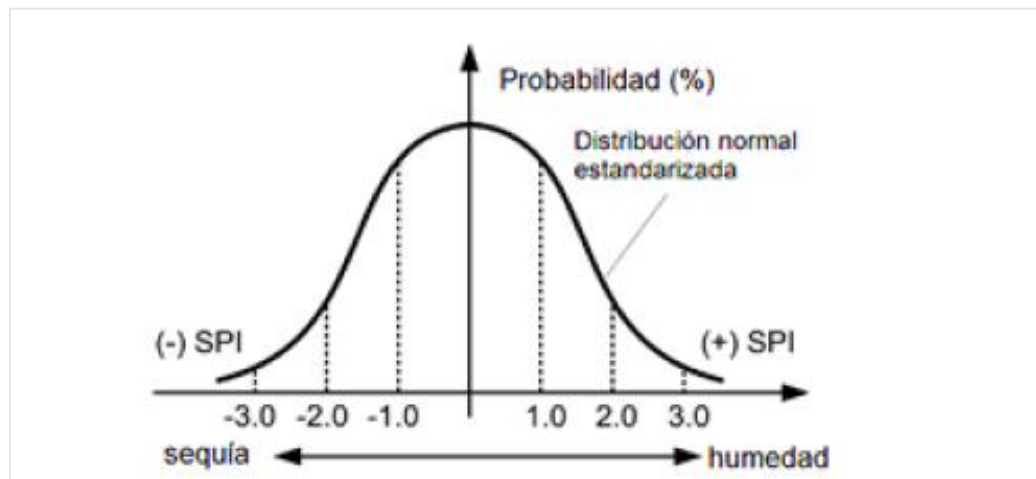


Figura 5. Probabilidad de la escala de tiempo SPI

Fuente: SENAMHI, (2016). Desarrollado en el estudio de análisis de riesgos de sequías en el sur del Perú.

El rango de aplicación de la función gamma está definido para valores mayores a cero, sin embargo, los registros de precipitación pueden contener dichos valores, más aún en zonas donde son más propensas a eventos de sequías, por lo que, en un registro de precipitaciones podrían presentar “m” valores iguales a cero, siendo la probabilidad de que aparezca dicho valor: m/n ; donde n es el número total de años que se le denominará q ; convirtiéndose así en la siguiente ecuación de probabilidad acumulada de que podría contener un valor de precipitación igual a cero:

$$H(x) = q + (1 - q) G(x) \quad (4)$$

Donde, q es la probabilidad de presentar un cero. El valor acumulativo de $H(x)$ se transforma a continuación en la distribución normal estándar para obtener el SPI. Como la tasa de precipitación se ajusta a una distribución gamma para diferentes escalas de tiempo de cada mes del año, la función resultante representa la probabilidad acumulativa de un evento de lluvia para una estación para un mes dado del conjunto de datos y a diferentes escalas temporales de interés. Esto permite establecer valores de clasificación para SPI. McKee *et al.* (1993) clasificó la severidad de la sequía de acuerdo con los valores de SPI (Shahid y Behrawan 2008) como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Categoría de sequías definidos para valores de SPI.

Valor del SPI	Categoría de Sequía	Probabilidad de Ocurrencia (%)
0.00 a - 0.99	Sequía Leve	~24
-1.00 a -1.49	Sequía Moderada	9.2
-1.50 a -1.99	Sequía Severa	4.4
≤ -2.00	Sequía Extrema	2.3
		~40

Fuente: Índice de precipitación estandarizado (McKee *et al.* 1993).



2.1.14.3 El Porcentaje de Precipitación Normal (PPN).

El Porcentaje de Precipitación Normal (PPN) es la relación que existe entre la precipitación acumulada en un año y la precipitación media anual para una región y un período dado, expresada de manera porcentual (Mendoza 2012). Puede ser calculada para una variedad de escalas de tiempo. Usualmente estas escalas de tiempo van desde un grupo de meses, representativos de una estación, a un año que puede ser el calendario o el hidrológico. También es posible calcularlo mes a mes, a partir de un mes dado, que puede ser, por ejemplo, el primer mes del año hidrológico (Morales, 2005).

2.1.15 Análisis de series de tiempo

El análisis de una serie temporal tiene por objetivo verificar los supuestos básicos de toda variable hidroclimática, este análisis es una práctica habitual para poner a prueba la hipótesis de que la data observada sea homogéneo (libre de tendencia y/o saltos), estacionario (constante en el tiempo y libre de tendencia), independiente (que los datos sean aleatorios) (Sosa, 2016).

El análisis de una serie temporal es mejorar la comprensión de la variable hidroclimática mediante mecanismos estadísticos que generan una serie de observaciones según (Kendall, G.1975), este objetivo, solo puede ser estudiado a través de una serie de mediciones.

Existen dos tipos de series temporales: estacionaria y no estacionaria. Se dice que una serie es estacionaria, cuando las propiedades de las series no cambian en el tiempo absoluto (tiempo invariable); caso contrario ellas son no estacionarias (tiempo variante) (Aliaga, 1985).



2.1.16 Componentes de una serie temporal

Una serie de tiempo puede descomponerse en cuatro componentes (cinco si se considera una constante llamada nivel) que no son directamente observables, de los cuales únicamente se pueden obtener estimaciones (Ríos, 2008).

2.1.16.1 Tendencia (T).

Representa el comportamiento predominante de la serie. Esta puede ser definida remotamente como el cambio de la media a lo largo de un extenso período de tiempo.

2.1.16.2 Ciclo (C).

Caracterizado por oscilaciones alrededor de la tendencia con una larga duración, y sus factores no son claros. Por ejemplo, fenómenos climáticos, que tienen ciclos que duran varios años.

2.1.16.3 Estacionalidad (E).

Es un movimiento periódico que se producen dentro de un período corto y conocido. Este componente está determinado, por ejemplo, por factores institucionales y climáticos.

2.1.16.4 Aleatorio (A).

Son movimientos erráticos que no siguen un patrón específico y que obedecen a causas diversas. Este componente es prácticamente impredecible. El comportamiento representa todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no son tendencia, variaciones estacionales ni fluctuaciones cíclicas.



2.1.17 Método del Vector Regional

Vauchel (2004) menciona: El Método del Vector Regional (MVR) está orientado a tres tareas definidas: La crítica de datos, la homogenización, la extensión y completación de datos.

El proceso para la regionalización depende del cálculo de una “estación media” o “vector Regional” de todos los datos involucrados en el área de estudio que se compara con cada estación pluviométrica. Una vez calculada, el VR se compara de forma iterativa con la estación de datos para descartar aquellas estaciones cuyos datos no son consistentes con la VR y repetir el proceso (Brunet-Moret, 1979). En ese contexto la idea básica del MVR, es comparar estaciones por correlación o doble masa, como se hace en los métodos clásicos, se elabora una estación ficticia que es una “especie de promedio” de todas las estaciones de la zona, con la cual se comparan cada una de las estaciones.

2.1.18 Parámetros estadísticos

A continuación; se desarrollan algunos conceptos estadísticos para posteriormente desarrollar los test estadísticos que determinaran la tendencia, quiebre o aleatoriedad de una serie hidrológica.

2.1.18.1 Hipótesis.

El punto de inicio de una prueba o test estadístico es definir una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alternativa H_1 , Por ejemplo, un test para la tendencia.

Hipótesis nula: H_0 , no hay tendencia en los datos.

Hipótesis alterna: H_1 , hay una tendencia incremental o descendente.



2.1.18.2 Test estadístico.

Es un medio de comparación entre H_0 y H_1 , representa un valor numérico calculado de las series de datos que están siendo testeadas.

2.1.18.3 Nivel de significancia (α).

Al contrastar una cierta hipótesis, la máxima probabilidad con la que estamos dispuestos a correr el riesgo de cometer un error de tipo I se llama nivel de significancia. Según Kundzewicz & Robson (2000), una posible interpretación del nivel de significancia sería:

$\alpha > 0.1$ poca evidencia contra H_0

$0.05 < \alpha < 0.1$ posible evidencia contra H_0

$0.01 < \alpha < 0.05$ fuerte evidencia contra H_0

$\alpha < 0.01$ muy fuerte evidencia contra H_0 .

También es necesario definir los tipos de test paramétricos y no paramétricos:

2.1.18.4 Test paramétricos.

Asumen que los datos y errores de una serie de tiempo siguen una distribución particular (usualmente una distribución normal) y son muy útiles para cuantificar el cambio en la media o gradiente. Los test paramétricos son generalmente más potentes que los no paramétricos.



2.1.18.5 Test no paramétricos.

Detectan la tendencia y el cambio; pero no cuantifican el tamaño de estas, pero son más útiles porque la mayoría de series de tiempo no son distribuidas normalmente.

2.1.19 Análisis de tendencias

Existen varios métodos estadísticos (paramétricos y no paramétricos), que se han desarrollado para detectar las tendencias de las series temporales, entre ellos tenemos la prueba de Mann-Kendall, Spearman's Rho, Regresión Lineal, Student's y procedimiento bayesiano, entre otros (SENAMHI, 2013).

En el análisis de tendencias en series hidrometeorológicas destaca el uso del test no paramétrico de Mann-Kendall (Muñoz, 2008) que es ampliamente utilizado en múltiples campos de las ciencias naturales por su poder de extracción de tendencias confiables sin necesidad de un alto número de muestras y tolerancia al ruido en la serie (Miró *et al.* 2010).

2.1.20 Prueba de Mann-Kendall para la detección de tendencia

La prueba no paramétrica de Mann-Kendall, establece como hipótesis nula H_0 que los datos (X_1, \dots, X_N) son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas. Si la serie analizada tiene autocorrelación positiva la varianza estadística de la prueba S es subestimada, aumentando así la probabilidad de detección de tendencia. El efecto inverso se presenta en series con autocorrelación negativa (López *et al.* 2015). Su desarrollo se resume como:

- Se listan los valores de las variables (por ejemplo; la precipitación), de forma ordenada (X_1, X_2, \dots, X_n).
- Se obtiene el signo de la diferencia de cada par de valores al comparar sus magnitudes ($x_j - x_k$) con ($j > k$) de acuerdo con lo siguiente:

$$\text{Signo } (x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{si } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{si } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (5)$$

- Obtención del estadístico (S) de Mann Kendall, mediante la ecuación:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo}(x_j - x_k) \quad (6)$$

Si S es positivo se infiere de forma subjetiva que la tendencia es creciente, cuando S es negativo se infiere que hay tendencia decreciente.

- Con base a los indicadores se estima una varianza para el estadístico S de Mann Kendall, que considera el caso de los empates ($\text{signo } x_j - x_k = 0$) obtenidos en el paso 2, mediante la ecuación:

$$\text{Var}[S] = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{q=1}^g t_q(t_q-1)(2t_q+5) \right] \quad (7)$$

- Cálculo del estadístico ZMK mediante, z es el estadístico que se origina a partir de S.

$$\frac{S-1}{[\text{Var}(S)]^{1/2}} \text{ si } > 0; \quad z = \{0 \text{ si } S = 0\} \quad (8)$$

$$\frac{S + 1}{[\text{Var}(S)]^{1/2}} \text{ si } < 0; \quad z = \{0 \text{ si } S = 0\}$$

- A partir del estadístico Z se evalúa la hipótesis de interés, que puede ser:

H0: No hay tendencia vs. H1: Hay tendencia decreciente

H0: No hay tendencia vs. H1: Hay tendencia creciente

El Test de Mann-Kendall nos proporciona un valor de significancia, p-value, así un valor de p-value inferior a 0.05-0.1 nos garantiza que la hipótesis adoptada tiene unas altas garantías de veracidad; a medida que este valor se hace más grande, las probabilidades van disminuyendo; hasta que el valor llegue a 1, la probabilidad es nula (Muñoz, 2008).

2.1.21 Prueba de distribución CUSUM

Este método comprueba si los medios en dos partes de un registro son diferentes (por un tiempo desconocido de cambio). Es una prueba no paramétrica (distribución libre). Dado un tiempo de datos de series ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$), la estadística de prueba se define como:

$$V_{jk} = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(x_i - x_{\text{mediana}}); \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

Dónde:

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

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

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

x_{mediana} es el valor de la mediana de x_i del conjunto de datos.



- La distribución de V_k sigue la de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras

Estadística ($KS = (2/n) \max |V_k|$) con los valores críticos de $\max |V_k|$ dada por:

$$\sigma = 0.10 \ 1.22\sqrt{n}$$

$$\sigma = 0.05 \ 1.36\sqrt{n}$$

$$\sigma = 0.01 \ 1.63\sqrt{n}$$

- Un valor negativo de V_k indica que la última parte del registro tiene una media más alta que la primera parte y viceversa.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la presente investigación, se emplearon los siguientes materiales y/o datos: se desarrolló una metodología para la caracterización de la sequía bajo un índice basándose en la información de precipitación mensual.

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente es una investigación ex post facto (o no experimental), que consiste en una metodología de investigación empírico-analítica (cuantitativas) en las que el investigador no tiene ningún control sobre las variables independientes (Vegas, 2015). En el desarrollo de esta tesis no se modifica el fenómeno objeto de estudio, es decir los datos de precipitación, simplemente se trabaja con los datos registrados en las estaciones pluviométricas.

El nivel de estructuración u organización de la investigación, determina el grado de cuantificación del estudio; y las investigaciones no experimentales se encuentran en un nivel alto (Vegas, 2015), tal es el caso de la presente investigación que contempla una serie de fases estadísticas para el logro de los objetivos.



3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO

3.2.1 Ubicación

3.2.1.1 Ubicación geográfica.

La región Puno se localiza en la sierra sudeste del país, en la meseta del Collao a: $13^{\circ}66'00''$ y $17^{\circ}17'30''$ de latitud sur y los $71^{\circ}06'57''$ y $68^{\circ}48'46''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, ver figura 6.

3.2.1.2 Ubicación política

La creación Política del departamento de Puno, está dividido en 13 provincias y 109 distritos. Las provincias de Puno y Azángaro, cuentan con mayor número de distritos (quince distritos c/u), y las provincias de San Román y Moho con menor cantidad de distritos (cuatro distritos c/u).

La región Puno se encuentra en el Altiplano entre los 3,812 y 5,500 msnm y entre la ceja de Selva y la Selva alta entre los 4,200 y 500 msnm, ver figura 6.

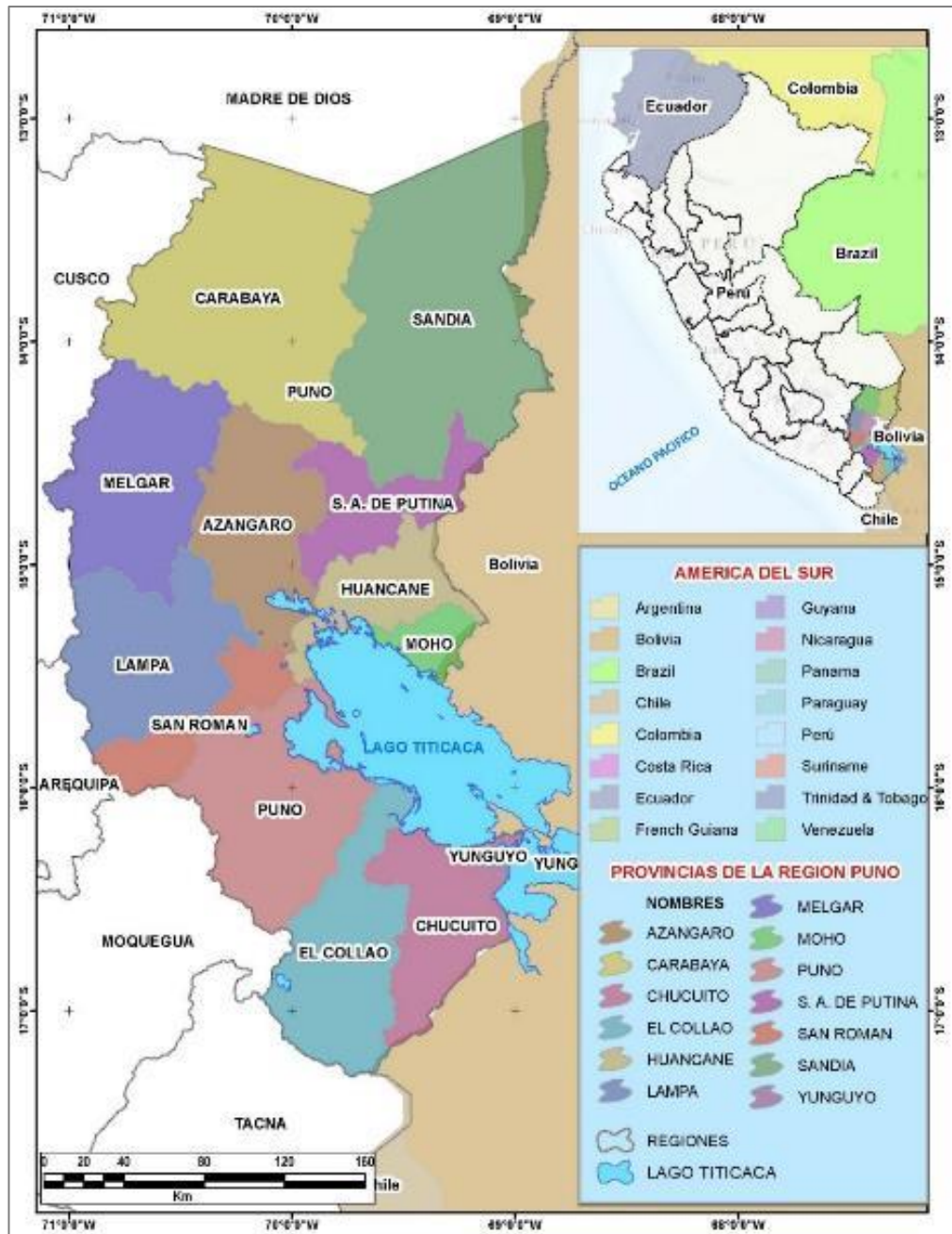


Figura 6. Ubicación del ámbito de estudio.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Mapa de ubicación de 13 provincias de la región Puno.



3.2.2 Características físicas

3.2.2.1 Hidrografía.

El departamento de Puno presenta una extensa red fluvial, lo que ha dado lugar a la formación de una gran cuenca endorreica en cuyo centro se encuentra el Lago Titicaca, sin salida a ningún océano y cuyo caudal acuífero proviene de las lluvias y de los ríos, siendo tres los más grandes: Ramis, Coata y el río Ilave formado por la desembocadura de los ríos Huenque y Río Grande, los mismos que se originan en la cordillera sur. Las lagunas del departamento están muy cerca al Lago Titicaca, tales como Arapa, con una isla; Umayo, donde están las ruinas de Sillustani; Asillo, Ocuwiri, Ollachea, Ocomparti de Juliaca y una relación que sobrepasa los 50 lagos y lagunas (INEI 2013), ver figura 6.a.

3.2.2.2 Clima.

Puno presenta un clima frío y seco en la región andina, cuyo promedio es de 10°C, con una máxima de 18°C y una mínima de menos 2°C; hay lugares como Mazo Cruz, Macusani y otros, en donde las temperaturas descienden hasta -15°C (INEI, 2013). La menor cantidad de lluvia ocurre en junio con un promedio de 3 mm y la mayor parte de la precipitación cae en enero con un promedio de 150 mm (CLIMATE-DATA.ORG). Las características climáticas del Perú son propias por su extensión y relieve topográfico, esta clasificación es sustentada en información meteorológica de aproximadamente veinte años de 1965 - 1984, con la cual se procedió a formular los índices climáticos y el trazado de las zonas de acuerdo a la clasificación de climas de Werren Thornthwaite, ver figura 7. b.

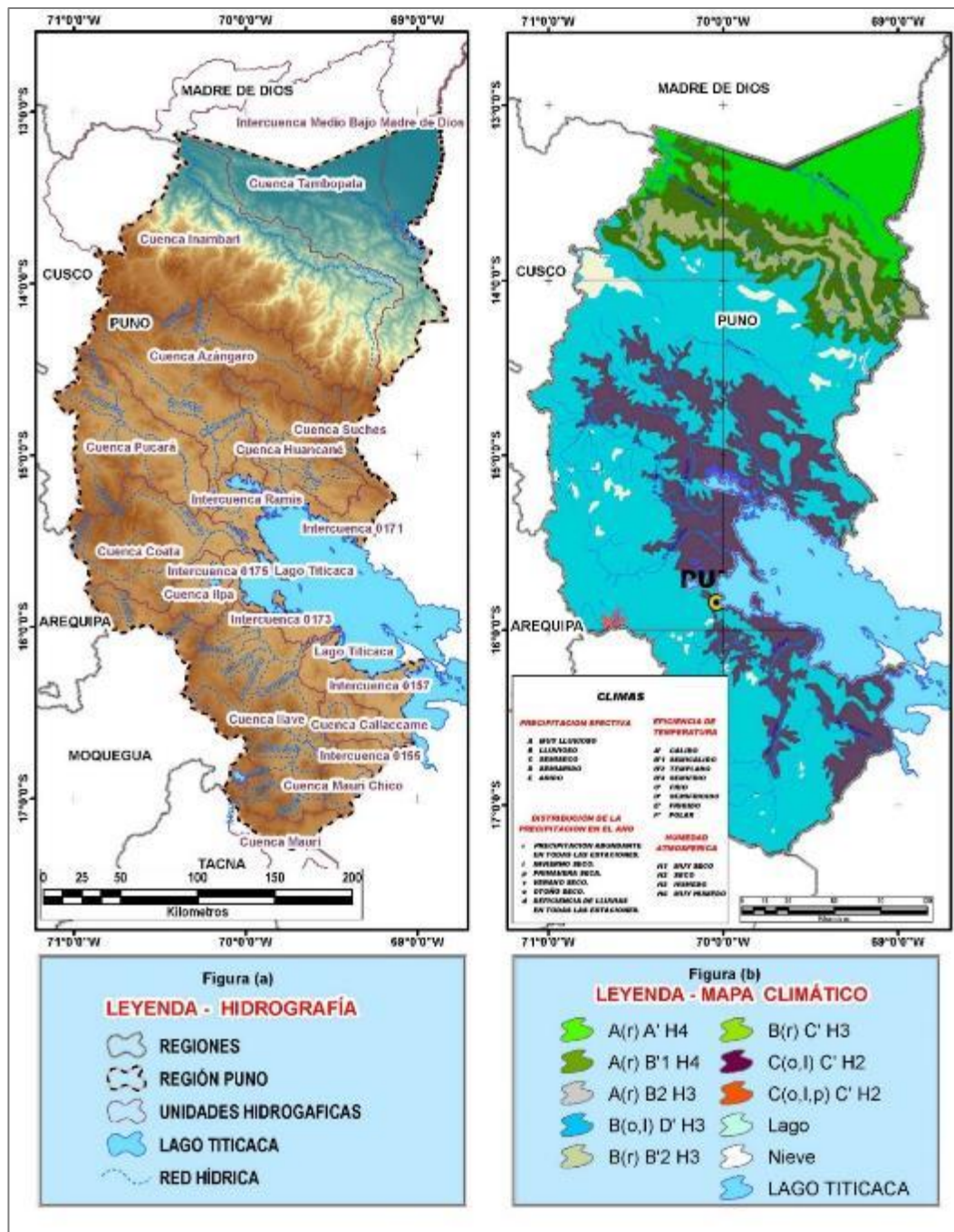


Figura 7. Características físicas de la región Puno.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Información SENAMHI.

Nota: La región de Puno cuenta con 19 unidades hidrográficas establecidas por la ANA., SENAMHI, desarrollando la clasificación climática por el método de Thornthwaite.



3.3 MATERIALES

3.3.1 Datos de precipitación observada

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 (Lorenzo, 2012). En este estudio se ha recopilado la información de series de tiempo de precipitación mensual, únicamente de las estaciones pluviométricas con longitud de registro extenso (54 años), para un periodo (1964 – 2018). Para el presente proyecto se empleará la base de datos de precipitación mensual, registro de datos para 53 estaciones pluviométricas que serán evaluadas y analizadas las cuales están ubicadas en la región de Puno y regiones vecinas, gestionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Así se muestra en la tabla 3 y figura 8.

3.3.2 Información cartográfica

Para identificar el área de influencia de la zona de estudio se ha recopilado la información de sistemas hidrográficos del Perú en formatos de SIG, para ello se recurrió al banco de datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA-PERU).

Asimismo, para comprender la distribución espacial de las estaciones en relación a la elevación, se ha recopilado el modelo de elevación digital de terreno (DEM por sus siglas en inglés) de una resolución de 12.5 m x 12.5 m. Entro en funcionamiento desde 2006 hasta 2011, el cual fue desarrollado para contribuir los campos del mapeo, observación regional precisa de la cobertura del suelo, monitoreo de desastres y estudio de recursos. Creada por la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón, disponible en: (<https://search.asf.alaska.edu/>).

Tabla 3. Estaciones pluviométricas seleccionadas para el ámbito de estudio.

Nº	Código Estación	Nombre de Est.	Departamento	Cuenca	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Altitud (msnm)
1	0113119	San Gaban	Puno	Inambari	-13.441	-70.405	635
2	0100109	Puerto Maldonado	Madre de Dios	Medio Alto M. D.	-12.584	-69.200	200
3	0100114	Quincemil	Cusco	Inambari	-13.217	-70.750	651
4	0113044	Ollachea	Puno	Inambari	-13.804	-70.497	2850
5	0211207	Tambopata	Puno	Tambopata	-14.220	-69.152	1320
6	0114040	Progreso	Puno	Azángaro	-14.690	-70.024	3980
7	0114042	Muñani	Puno	Huancané	-14.767	-69.952	3948
8	0114093	Putina	Puno	Huancané	-14.915	-69.868	3878
9	0115053	Cojata	Puno	Suches	-15.017	-69.356	4344
10	0115037	Huancane	Puno	Huancané	-15.207	-69.758	3829
11	0114038	Ayaviri	Puno	Pucará	-14.873	-70.593	3928
12	0114041	Azangaro	Puno	Azángaro	-14.914	-70.191	3863
13	0115046	Pucara	Puno	Pucará	-15.046	-70.367	3900
14	0115035	Arapa	Puno	Ramis	-15.136	-70.118	3830
15	0115047	Taraco	Puno	Ramis	-15.312	-69.972	3849
16	0114039	Macusani	Puno	Inambari	-14.070	-70.439	4345
17	0157406	Antauta	Puno	Azángaro	-14.300	-70.300	4400
18	0114058	Crucero	Puno	Azángaro	-14.364	-70.026	4183
19	0157404	Ñuñoa	Puno	Azángaro	-14.483	-70.633	4135
20	0114096	Cuyo Cuyo	Puno	Inambari	-14.489	-69.549	3414
21	0114050	Ananea	Puno	Azángaro	-14.679	-69.535	4660
22	0157407	Orurillo	Puno	Azángaro	-14.733	-70.517	3920
23	0114033	Sicuaní	Cusco	Urubamba	-14.254	-71.237	3574
24	0114047	Santa Rosa	Puno	Pucará	-14.627	-70.796	3986
25	0114032	Yauri	Cusco	Intercuenca Alto Apurímac	-14.817	-71.417	3927
26	0114035	Chuquibambilla	Puno	Pucará	-14.785	-70.716	3971
27	0114034	Llally	Puno	Pucará	-14.949	-70.898	3980
28	0115101	Porpera	Arequipa	Camaná	-15.350	-71.317	4195
29	47E3903C	Crucero Alto	Puno	Camaná	-15.764	-70.911	4511
30	472DE6A0	Pampahuta	Puno	Coata	-15.485	-70.676	4400
31	0100081	Lampa	Puno	Coata	-15.673	-70.372	3892
32	472E8448	Lagunillas	Puno	Coata	-15.746	-70.678	4177
33	0115140	Santa Lucia	Puno	Coata	-15.694	-70.599	4034



34	0115033	Cabanillas	Puno	Coata	-15.639	-70.346	3885
35	0115138	Juliaca	Puno	Coata	-15.474	-70.169	3820
36	0100059	Ichuña	Moquegua	Tambo	-16.141	-70.543	3815
37	0115051	Mañazo	Puno	Ilpa	-15.799	-70.339	3924
38	0116052	Pampa Umalzo (Titijones)	Tacna	Tambo	-16.875	-70.424	4609
39	0116033	Laraqueri	Puno	Ilave	-16.155	-70.067	3900
40	0117041	Capazo	Puno	Mauri	-17.188	-69.736	4530
41	0116026	Mazo Cruz	Puno	Ilave	-16.739	-69.715	3975
42	0116029	Pizacoma	Puno	Mauri Chico	-16.907	-69.369	3930
43	0157733	Ramis	Puno	Ramis	-15.237	-69.866	3850
44	0100021	Capachica	Puno	Ramis	-15.613	-69.842	3822
45	0115038	Huaraya Moho	Puno	Intercuenca 0171	-15.388	-69.484	3890
46	472DD3 3A	Puno	Puno	Intercuenca 0173	-15.826	-70.012	3812
47	0100088	Los Urus	Puno	Lago Titicaca	-15.820	-69.974	3819
48	0115049	Isla Taquile	Puno	Lago Titicaca	-15.720	-69.691	3850
49	0115052	Rincon de la Cruz	Puno	Intercuenca 0173	-15.990	-69.810	3880
50	0116027	Ilave	Puno	Ilave	-16.060	-69.640	3861
51	0116061	Juli	Puno	Intercuenca 0157	-16.204	-69.460	3830
52	0116060	Desaguadero	Puno	Intercuenca 0157	-16.563	-69.037	3824
53	0116030	Tahuaco Yunguyo	Puno	Intercuenca 0157	-16.308	-69.075	3882

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

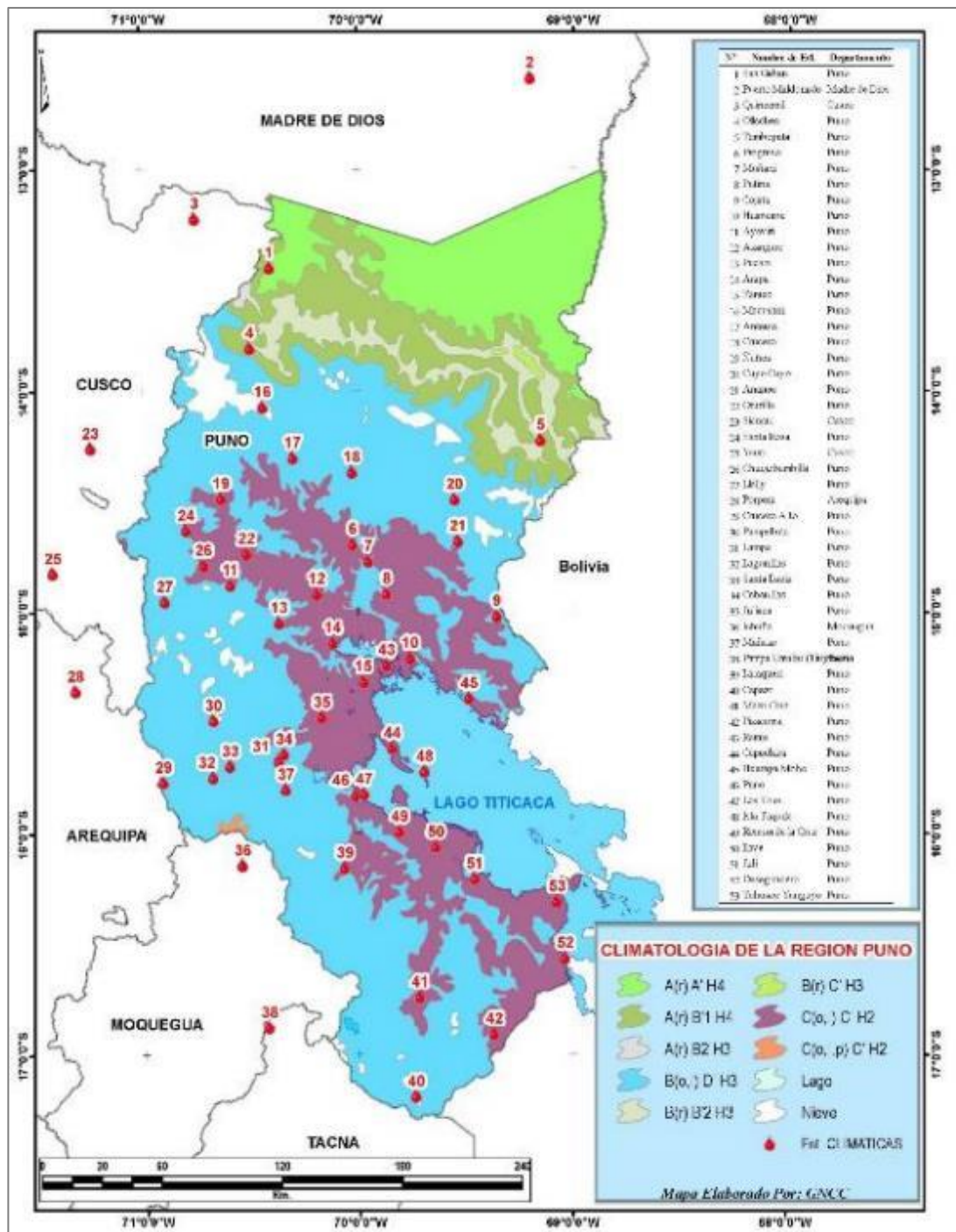


Figura 8. Ubicación espacial de las estaciones pluviométricas.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial se realiza en sistema de información geográfica con base de datos referentes a la (ANA y SENAMHI).



3.3.3 Equipos y software

Para desarrollar la presente investigación los cálculos y procesamiento de datos se ejecutó mediante el uso de los equipos y softwares siguientes:

3.3.3.1 Equipos de gabinete.

- Laptop Toshiba Satellite P55t-A5118 (1)
- Disco duro 2 TB
- USB kingston 32gb
- Material de escritorio
- Impresora.

3.3.3.2 Programas de cómputo.

- Microsoft office 2016
- Hydraccess v4.6
- Trend
- QGIS 3.14
- SPI.

3.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, consistió en el siguiente desarrollo.

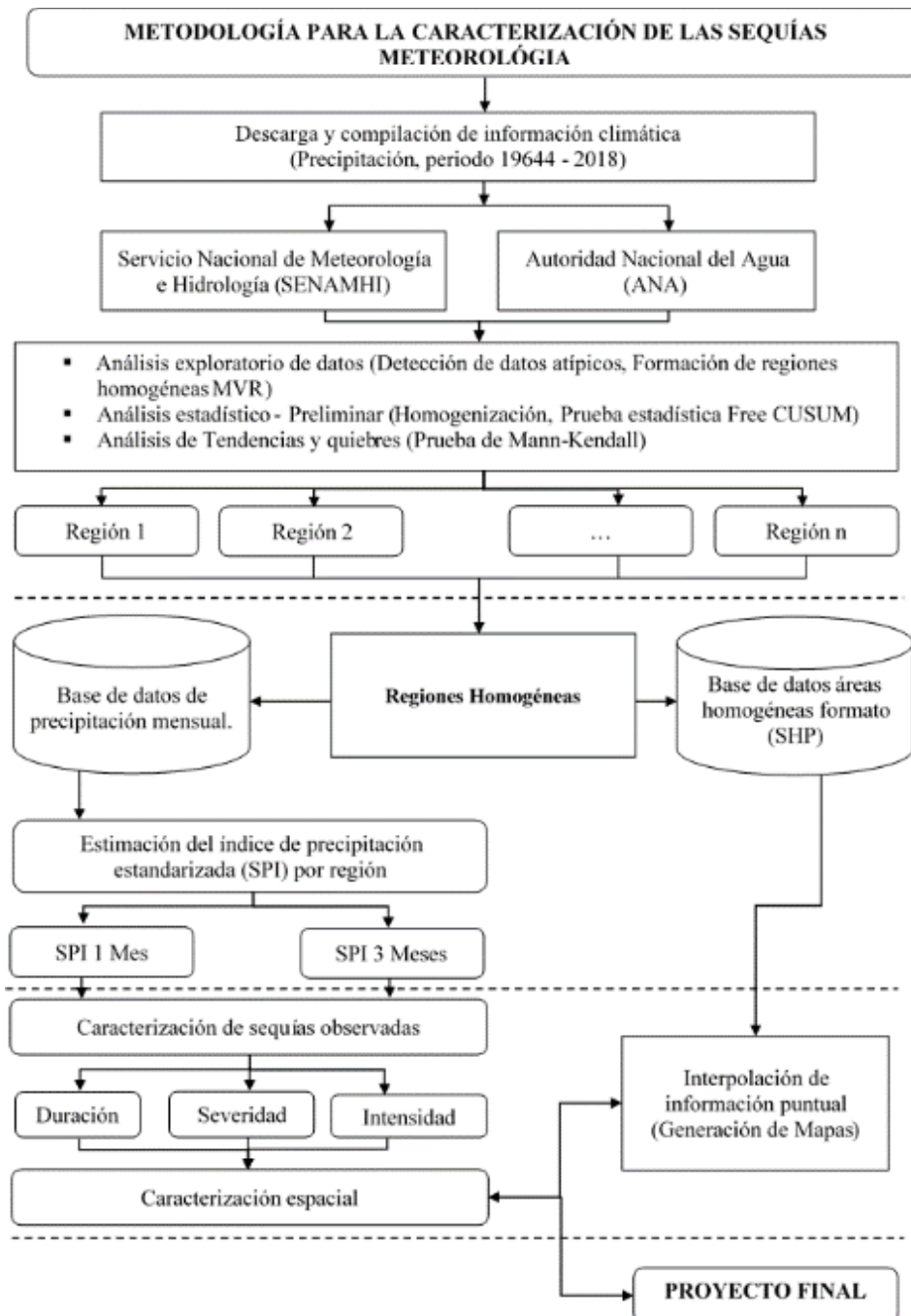


Figura 9. Diagrama de flujo de la metodología

Fuente: Elaboración propia, (2021). Esquema metodológico de la presente investigación.



3.4.1 Información pluviométrica

Para elaborar este estudio se ha empleado la base de datos de precipitación, datos incluye registros de precipitación mensual de 53 estaciones meteorológicas ubicadas en la región de Puno, gestionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI. <https://senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>). El periodo cronológico de mayor aprovechamiento de la información meteorológica comienza en 1964 y se extiende hasta el 2018.

La información se adquiere de diferentes fuentes como la central de información de recursos hídricos del portal web de la Autoridad Nacional del Agua (ANA. <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>), este material nos proporciona datos de información pluviométrica y climática a nivel diario y mensual, temperatura máxima y mínima, en las diferentes cuencas establecidas por la Autoridad Nacional del Agua.

3.4.2 Tratamiento de datos

3.4.2.1 Análisis exploratorio de datos.

Se realiza el análisis exploratorio de datos (AED) de la información pluviométrica, mediante una descripción estacional multianual de las precipitaciones mensuales. Este análisis nos ayuda a detectar posibles errores o inconsistencia en los datos de partida, en él se ha elaborado cajas de Box-plots para tener una primera aproximación del comportamiento pluviométrico de las estaciones analizadas (calidad de datos).

El AED realiza una visión general de todos los datos a ser analizados, detectando posibles datos atípicos (outliers) dentro de la muestra, estos datos (outliers), serán contrastado conociendo su fecha de ocurrencia y el evento que



los produjo, realizando una comparación con las estaciones hidrométricas vecinas; es aquí donde se pone en juico la posible presencia de valores atípicos, en base a este análisis se considera su posible eliminación o inclusión en las siguientes etapas del análisis para no alterar la muestra.

3.4.2.2 Análisis estadístico preliminar.

La prueba denominado *análisis estadístico preliminar*, identifica cambio en la media o la no homogeneidad de los datos analizados mediante la prueba de Free CUSUM, cambios abruptos en los valores medio anuales de una serie de precipitaciones suelen estar asociados a cambios en los procesos de observación, relacionado con los Tests No Paramétricos (TNP) son generalmente de libre distribución probabilística. Ellos detectan la tendencia/cambio, pero no cuantifican el tamaño de la tendencia/cambio.

Este tipo de cambios en la media conocidos como saltos son fácilmente detectables mediante los test no paramétricos, el uso de esta prueba estadística permitió visualizar los cambios en la media y la fecha en la cual se presentó este cambio para los análisis posteriores (completación de datos).

3.4.2.3 Análisis de tendencia.

El análisis de toda variable pluviométrica, evalúa los estadísticos, que son supuestos básicos que nos ayuda a aumentar la confiabilidad de los datos analizados, poniendo a prueba hipótesis con respecto a la data observada: homogéneo (libre de tendencia y saltos) y/o estacionario (constante en el tiempo y libre de tendencia).

En el presente estudio se realizó el análisis de tendencia en base a la información histórica de los caudales específicos de cada río mediante el uso del software TREND, la cual facilita test estadísticos de tendencias, cambio y aleatoriedad en series hidrológicas y otras series de tiempo.

Se aplica el test Free CUSUM para la detención de cambio en la media en las series de datos utilizados. El test de Mann-Kendall es usado para la detección de la tendencia a un nivel de significancia de 5% en la serie de datos utilizados.

- Obtención del estadístico (S) de Mann Kendall, mediante la ecuación:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo}(x_j - x_k) \quad (10)$$

Si S es positivo se infiere de forma subjetiva que la tendencia es creciente, cuando S es negativo se infiere que hay tendencia decreciente.

Donde:

S: índice del estadístico.

X_j y X_k: Variables aleatorias.

n: Número de sujetos (años).

- Obtención del estadístico CUSUM, mediante la ecuación:

$$V_{jk} = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(x_i - x_{\text{mediana}}); \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (11)$$

Dónde:

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

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

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

xmediana es el valor de la mediana de x_i del conjunto de datos.

3.4.3 Formación de regiones homogéneas de precipitación a escala interanual

Se precisa si cada formación preliminar del grupo de estaciones es homogénea a través del Método del Vector Regional (MVR) utilizando el programa HYDRACCESS. El MVR permite agrupar estaciones pluviométricas con comportamiento similar con respecto a la variabilidad interanual de la precipitación y ha sido ampliamente utilizado en el Perú (Tapahuasco, 2017; Espinoza *et al.*, 2009; Altuna, 2014; Rau *et al.*, 2017).

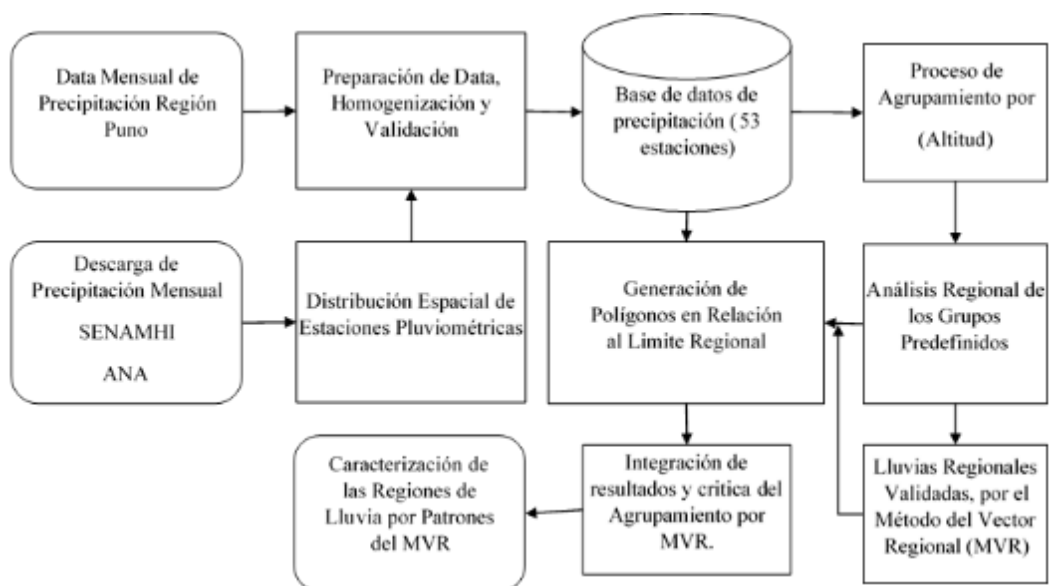


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de regionalización – Puno

Fuente: Elaboración propia (2021). Esquema metodológico de la regionalización.



3.4.3.1 Método del vector regional.

El vector regional (VR) es una estación ficticia que es una “especie de promedio” de todas las estaciones de una región preliminarmente definida, con la cual se comparan cada una de las estaciones para finalmente descartar aquellas que no son consistentes con el VR. El VR se calcula bajo el concepto de precipitación media extendida, salvando así los problemas del peso de las estaciones con valores de precipitación muy baja y alta. Luego, empleando el método de mínimos cuadrados se encuentra los índices pluviométricos regionales anuales Z_i y la precipitación media extendida P_j , esto se logra al minimizar la Ecuación (12).

$$S = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_j} - Z_i \right)^2 \quad (12)$$

Donde:

i : índice del año.

j : índice de la estación.

N : Número de años.

M : Número de estaciones.

P_{ij} : Precipitación anual de la estación j para el año i .

P_j : Promedio de precipitaciones en N años.

Z_i : Índice pluviométrico regional para el año i .



Se considera a una región como homogénea si la desviación estándar de las diferencias entre los índices pluviométricos anuales de las estaciones y los índices del VR son menores a 0.4 (Rau *et al.*, 2017). Además, el coeficiente de correlación entre el VR y los valores pluviométricos anuales de las estaciones deben ser mayores a 0.7.

Como resultado de esta etapa se tendrá las regiones homogéneas con comportamiento similar respecto a la variabilidad interanual de la precipitación, el cual es muy importante en este estudio ya que cada región homogénea permitirá conocer el conjunto de estaciones que lo conforman.

3.4.4 Procedimiento para la estimación del índice de precipitación estandarizada

Dado que el análisis de la sequía en este estudio se centró principalmente en la sequía meteorológica, se utilizó el índice de precipitación estandarizado (SPI) para evaluar los niveles de gravedad de la sequía. SPI ha sido utilizado por numerosos investigadores (Lloyd-Hughes y Saunders, 2002, Paulo, 2012, Alam *et al.*, 2013, Elagib, 2013) y organizaciones de todo el mundo incluyendo la Organización Meteorológica Mundial.

El SPI es un índice para el análisis del nivel de gravedad de la sequía basado en datos de lluvia en varios períodos de (1 mes, 3 meses, ...). En este estudio, el nivel de gravedad de la sequía se analizó en períodos de 1 mes y 3 meses (sobre una base de precipitación mensual). El programa SPI, que fue desarrollado y difundido por el Centro Nacional de Mitigación de la Sequía (Chomtha, 2007), se utilizó para clasificar los niveles de severidad de la sequía, ver tabla 4.



La organización Meteorológica Mundial (2009), recomendó a los países que utilizaran el SPI como principal índice de la sequía meteorológica para vigilar y seguir las condiciones de sequía (Hayes, 2011). Además, es tan efectivo para analizar los periodos y ciclos húmedos como los secos utilizando la precipitación como parámetro necesario para su cálculo, Al dar a conocer el SPI como índice de uso general, la sequía meteorológica considera como características de periodos cortos a (1 y 3 meses) considerando las condiciones de humedad del suelo y la estimación de la precipitación estacional, si se considera un análisis de (6,9,12 y 24 meses) el impacto sería en los niveles de agua; lo que determinaría realizar una análisis de sequía hidrológica u otro.

3.4.4.1 Metodología computacional.

El SPI se determina normalizando la precipitación para una estación determinada después de que se haya fijado para una función de densidad de probabilidad, según describen McKee (1993, 1995), Edwards y McKee (1997) y Guttman (1998). Se puede consultar una descripción del procedimiento computacional del SPI en McKee (1993, 1995) y Edwards y McKee (1997). A continuación, se describen los fundamentos básicos, tomados de Edwards (1997).

3.4.4.2 Método para calcular el SPI.

- El cálculo del SPI para cualquier localidad se basa en el registro de precipitación a largo plazo para el período deseado. Dicho registro a largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidades, y a continuación esta se transforma en una distribución normal de modo que el SPI medio para la localidad y el período deseado sea cero (Edwards y McKee, 1997).



- Los valores positivos de SPI indican precipitaciones superiores al valor de la mediana, y los valores negativos indican precipitaciones inferiores al valor de la mediana.
- La sequía, según el SPI, empieza cuando el valor del SPI es igual o inferior a -1,0 y concluye cuando el valor se convierte en positivo.

3.4.4.3 Funcionamiento.

- La precipitación se normaliza utilizando una función de distribución de probabilidad de modo que los valores de SPI se consideran en realidad como desviaciones estándar de la mediana.
- Una distribución normalizada permite realizar una estimación de los períodos secos y los períodos húmedos.
- Los valores acumulados se pueden utilizar para analizar la severidad de la sequía (magnitud).
- Se necesitan al menos 30 años de datos continuos de precipitación mensual, si bien sería preferible contar con registros más prolongados.
- Los intervalos de escala de tiempo para el SPI inferiores a 1 mes o superiores a 24 meses pueden no ser fiables.
- Dado su carácter probabilístico (la probabilidad de las precipitaciones observadas se transforma en un índice), el SPI se adapta bien a la gestión del riesgo y a los accionadores para la adopción de decisiones.



3.4.4.4 Obtención del programa.

El programa se puede obtener en versión Windows/PC y se puede descargar de forma gratuita. La última versión del programa SPI (SPI_SL_6.exe), ejemplos de archivos y las instrucciones para Windows/PC están disponibles en el sitio web del Centro Nacional de Mitigación de la Sequía (<http://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx>).

3.4.5 Procesos de la variabilidad espacio-temporal de las sequías observadas

La caracterización de las sequías observadas se realizó para cada región homogénea; para ello en cada región se estimó el promedio regional de precipitación mensual para el periodo de análisis (1964-2018) en base a las observaciones de las estaciones que conforman una región. Luego, en base al promedio regional de precipitación mensual se estimó la serie de SPI regional tanto para escalas de tiempo (sequía de 1 meses) y (sequías de 3 meses). La serie de SPI regional permitió caracterizar la sequía en cada región en términos de su duración, intensidad, severidad y probabilidad de ocurrencia estas características en conjunto nos ayudan a determinar los impactos negativos que producen el cambio climático en los recursos hídricos superficiales (déficit de humedad). Cabe señalar que la estimación de SPI se realizó utilizando el paquete SPI en el software libre (Beguería y Vicente-Serrano, 2017).

3.4.5.1 Duración (meses).

Estimado como el número de meses consecutivos con valores de SPI por debajo del umbral ($SPI < -1.0$) como se presenta en la figura 11.



3.4.6 Extensión espacial

La extensión espacial, así como los daños producidos por un evento de sequía están relacionados con la intensidad y su duración, la caracterización del desarrollo espacial y temporal de un evento de sequía, nos ayuda a entender el inicio, desarrollo y el fin de este fenómeno e identifica las zonas vulnerables a sufrir mayor recurrencia estas temporadas secas. La caracterización espacial es de mucha importancia dada su complejidad, pues son muchos los sectores afectados por este fenómeno, sus principales efectos son sociales y económicos. El monitoreo de la sequía, nos permitirá determinar de forma oportuna medidas preventivas o acciones para reducir los impactos de las sequías meteorológicas o climáticas en los diferentes sectores afectados, la respuesta y mitigación ante su ocurrencia, involucra una cuidadosa gestión de los recursos hídricos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Análisis exploratorio de datos (AED)

En la etapa del AED se ha realizado los gráficos de cajas (Box-plots), para detectar los datos atípicos (outliers) de manera cualitativa. Así, en la figura 12, se muestra el diagrama de caja de la distribución de los datos anuales por estación donde la mayoría de las estaciones tiene los valores de precipitación dentro de los límites de confianza (superior e inferior).

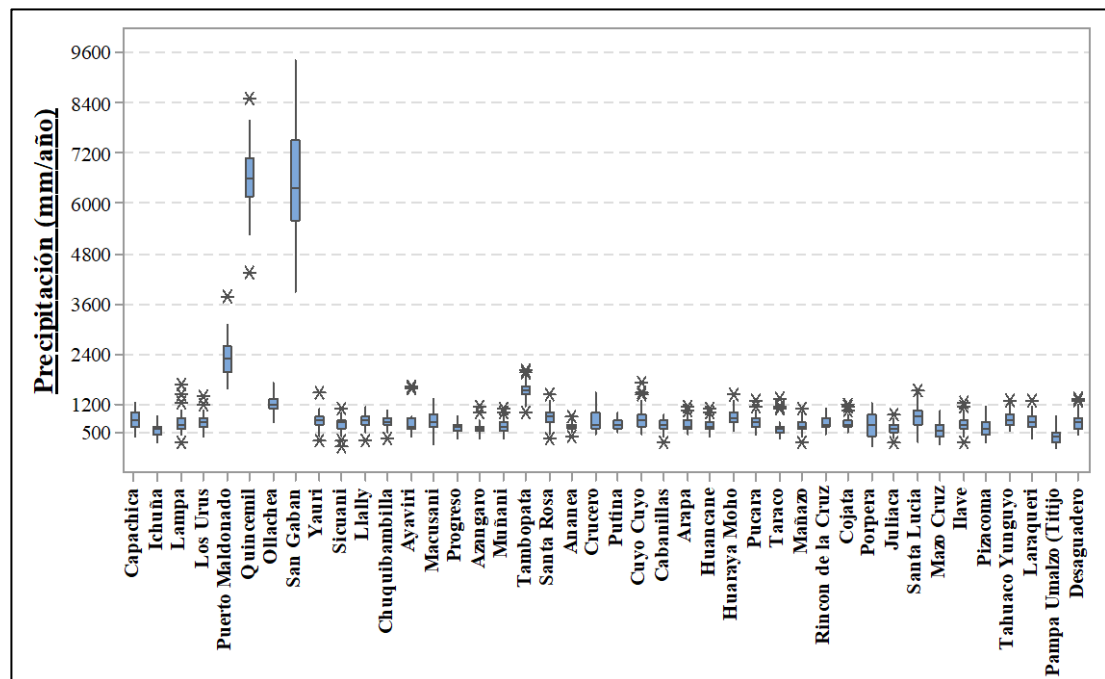


Figura 12. Diagrama de caja y bigote Box-plot.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Precipitación anual (periodo 1964-2018) por cada estación pluviométrica.

La figura 13. Muestra las estaciones regionalizadas o agrupadas, según el Mapa de Clasificación Climática realizada por el SENAMHI (Thornthwaite), en la que se observa que las estaciones trabajadas se encuentran dentro de tres regiones climáticas clasificadas: A(r) A'H4; Muy lluviosos-cálido y muy húmedo-con abundante lluvia en el año, A(r) A'H3; lluvioso-cálido y húmedo-con abundante lluvia en el año, A(r) B'1 H4; muy lluvioso-semicálido y muy húmedo-con abundante lluvia en el año, B(r) B'2 H3; lluvioso-templado y húmedo-con abundante lluvia en el año, árido con deficiencia de lluvias, B(r) A' H3; lluvioso-cálido y húmedo-con abundante lluvia en el año, B(o,i) D' H3; lluvioso-semifrío y húmedo-seco en otoño e invierno, C(o,i,p) C' H2; semiseco-frío-seco en el año, C(o,i) C' H2; semiseco-frío-seco en otoño e invierno. Asimismo, se clasifica las estaciones en tres grupos según la distribución: el grupo1 se encuentra en la zona más lluviosa, el grupo2 se encuentra en la zona lluviosa; seco en otoño y el grupo 3 se encuentra en la zona semiseca; seco en otoño e invierno.

Las regiones homogéneas respecto al mapa climático, no se obtuvieron correlaciones muy favorables entre la estación y el vector. Asimismo, se descartaron las estaciones no estacionarias que cuentan con un comportamiento diferente al Vector y las que presentan un cambio de pendiente. Para lo cual se recurrió netamente al método aplicativo del Vector Regional; en relación al mapa climático afinar el agrupamiento preliminar y formar las regiones definitivas.

Las regiones homogéneas fueron definidas utilizando el Método del Vector Regional (MVR) en el programa HYDRACCESS. Para ello en una primera etapa a través del método de clasificación climática se realizó una agrupación preliminar de estaciones utilizando como variables descriptoras: elevación, longitud y latitud; siendo previamente todas las variables fundamentales en la especialización, ver figura 13.

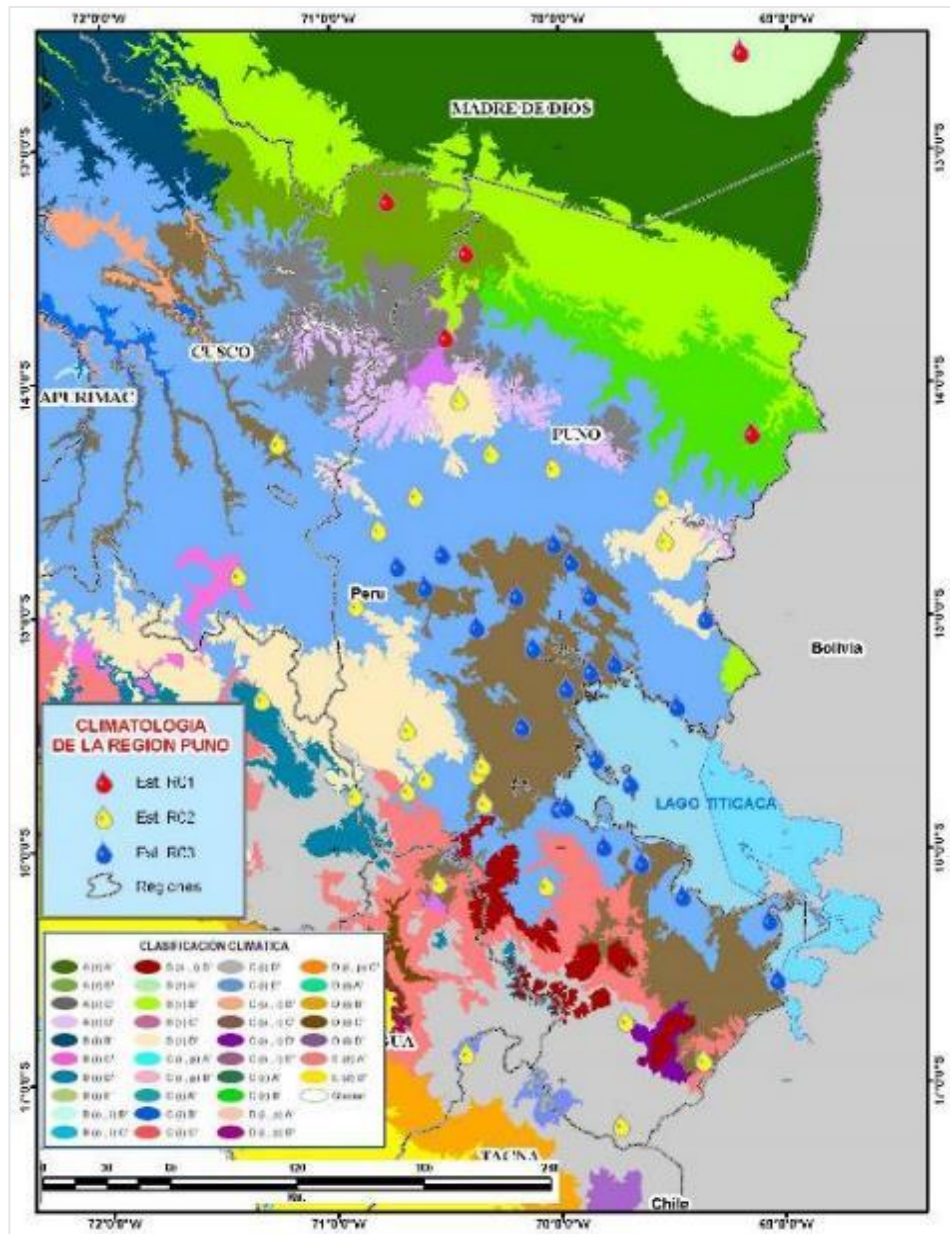


Figura 13. Regionalización de estaciones según el mapa de clasificación climática

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de estaciones pluviométricas en el Mapa de Clasificación Climática (SENAMHI-2020).

4.1.2 Resultados de la formación de regiones homogéneas por el MVR.

La agrupación de estaciones; manifiestan un comportamiento similar dentro del régimen de precipitación anual (regionalización), se alcanzó agrupar regiones homogéneas mediante el Método del Vector Regional (MVR), siguiendo el diagrama de

flujo del proceso de regionalización ver figura 10; aplicando el programa computacional Hydraccess.

Los resultados de la variable analizada comprenden desde 1964 al 2018 (precipitación media anual), agrupando en ocho regiones homogéneas para las estaciones meteorológicas con características de precipitación similar; cada una de ellas con una alta correlación respecto al Vector Regional, cuya distribución espacial se muestra en la figura 14. En tal sentido, se presenta el siguiente análisis.

4.1.2.1 Indicadores del vector regional región 1.

En la tabla 5, se observa los indicadores estadísticos de la región 1, presentando un *Vector Regional* óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la región analizada, que manifiesta correlaciones entre intervalos de 0.564 y 0.744; demostrando un comportamiento similar en todas las estaciones analizadas, por consiguiente, es un buen indicador para el análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional en las estaciones de la región 1, ver figura 14 y 15.

Tabla 5. Indicadores estadísticos de las series de precipitación, región 1.

Estación	Nº Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Puerto Maldonado	55	0.136	0.192	0.744
Quincemil	55	0.096	0.161	0.564
Ollachea	55	0.133	0.001	0.689
Tambopata	55	0.088	0.003	0.742

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional hydraces.

Nota: Los índices de calidad de cada estación de la región 1, que presenta el vector regional a escala anual ostentan correlaciones altas (nivel de confianza del 95

por ciento), indicativo que las estaciones pertenecen a una misma zona con precipitaciones homogéneas.

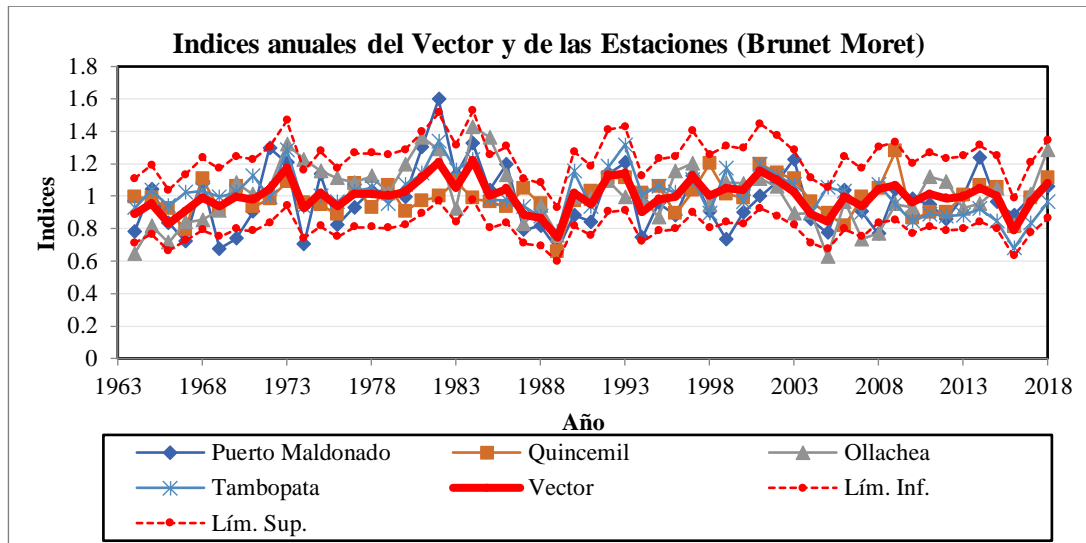


Figura 14. Índices anuales del vector regional-región 1.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 1, muestra los índices anuales de las estaciones y el vector regional.

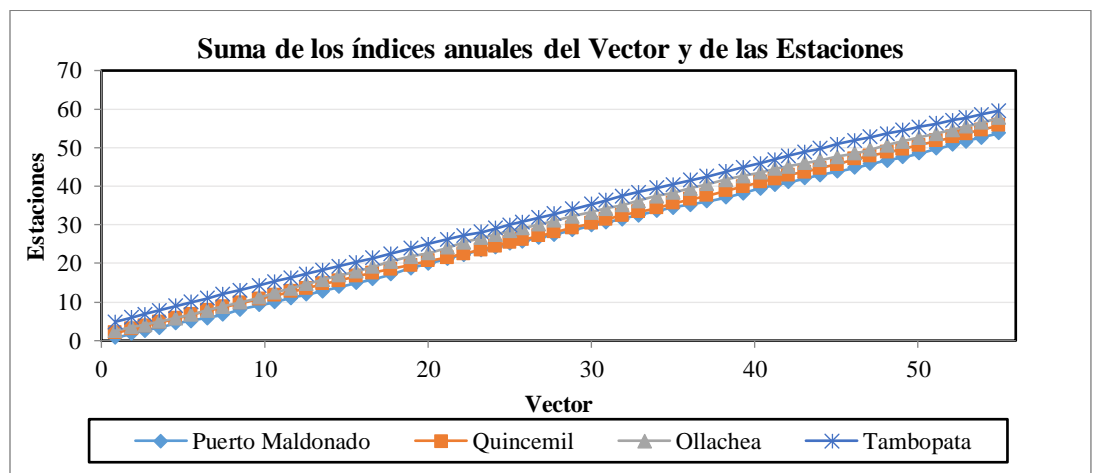


Figura 15. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 1.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 1.

4.1.2.2 Indicadores del vector regional región 2.

En la tabla 6, se observa los indicadores estadísticos de la región 2, presentando un *Vector Regional* óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la región analizada, Así mismo manifiesta correlaciones entre intervalos de 0.687 y 0.835; demostrando un comportamiento homogéneo en todas las estaciones analizadas, en consecuencia, es un indicador estrechamente confiable para el análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional en las estaciones de la región 2, ver figura 16 y 17.

Tabla 6. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 2.

Estación	Nº Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Progreso	55	0.096	0.04	0.835
Muñani	55	0.158	0.523	0.713
Ananea	55	0.12	0.29	0.687
Putina	55	0.103	0.489	0.789
Huancane	55	0.122	0.285	0.806
Cojata	55	0.128	0.482	0.77

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional HYDRACCESS.

Nota (1): Los índices de calidad en cada estación para la región 2, muestra un vector regional a escala anual ostentando correlaciones confiables en las estaciones analizadas a un nivel de confianza del 95 %, indicativo que presenta a las estaciones un mismo comportamiento de precipitación homogénea

Nota (2): En la región 2, los valores de desvío estándar de desvíos son menores a 0.2, el rango de DED varía entre 0.096 a 0.158 y la homogeneidad menor coexistiendo mayor a 0.7, siendo así confiable para el análisis de correlación.

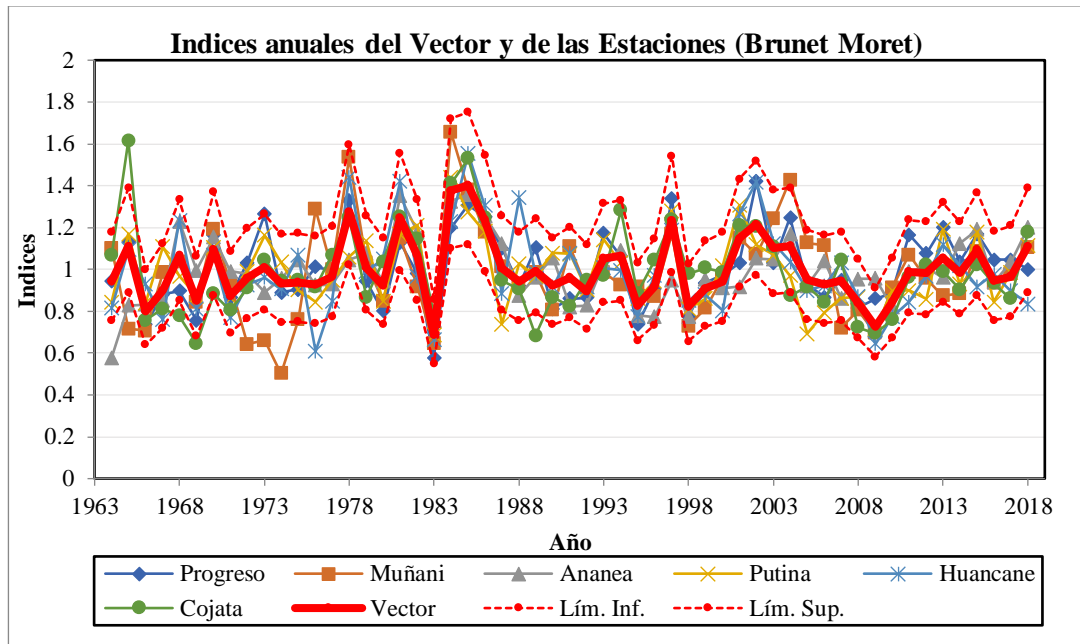


Figura 16. Índices anuales del vector regional-región 2

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 2, muestra los índices anuales del vector regional.

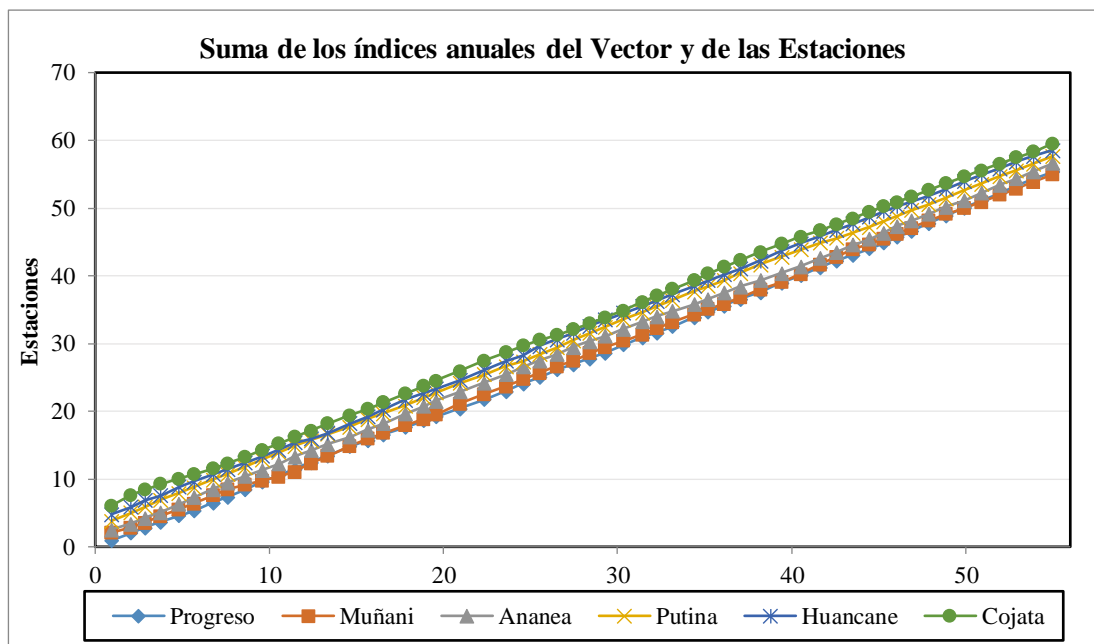


Figura 17. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 2.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 2.

4.1.2.3 Indicadores del vector regional región 3.

En la tabla 7, se observa los indicadores estadísticos de la región 3, presentando un *Vector Regional* óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la región analizada, Así mismo se manifiesta correlaciones altas entre intervalos de 0.859 y 0.920; demostrando un comportamiento homogéneo en las 5 estaciones analizadas, por lo tanto, la variabilidad pluviométrica es un buen indicador en su análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional para la región 3, ver figura 18 y 19.

Tabla 7. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 3.

Estación	Nº Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Ayaviri	55	0.132	0.574	0.920
Azangaro	55	0.116	0.01	0.873
Arapa	55	0.12	0.466	0.859
Pucara	55	0.107	0.156	0.886
Taraco	55	0.136	0.01	0.884

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional HYDRACCESS.

Nota (1): Los índices de calidad de cada estación para la región 3, muestra un vector regional a escala anual ostentando correlaciones confiables en las estaciones analizadas a un nivel de confianza del 95 %, indicativo que presenta a las estaciones un mismo comportamiento de precipitación homogénea

Nota (2): En la región 3, los valores de desvío estándar de desvíos son menores a 0.2, el rango de DED varía entre 0.107 a 0.136 y la homogeneidad menor coexistiendo mayor a 0.8, siendo así muy óptimo para la correlación de la región analizada.

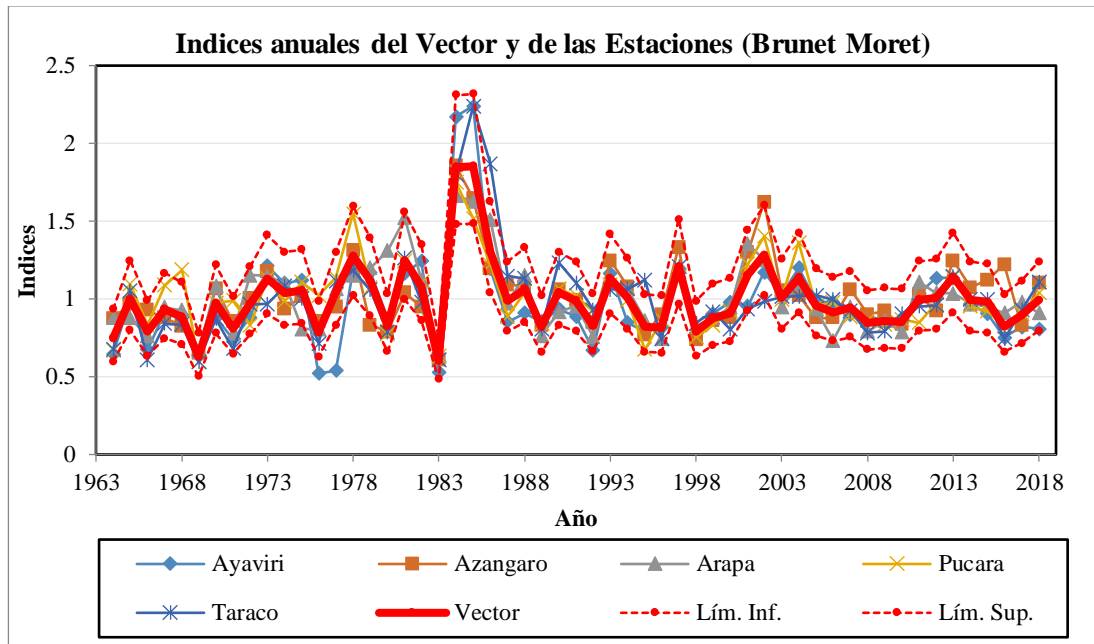


Figura 18. Índices anuales del vector regional-región 3

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 3, muestra los índices anuales de las estaciones y el vector regional.

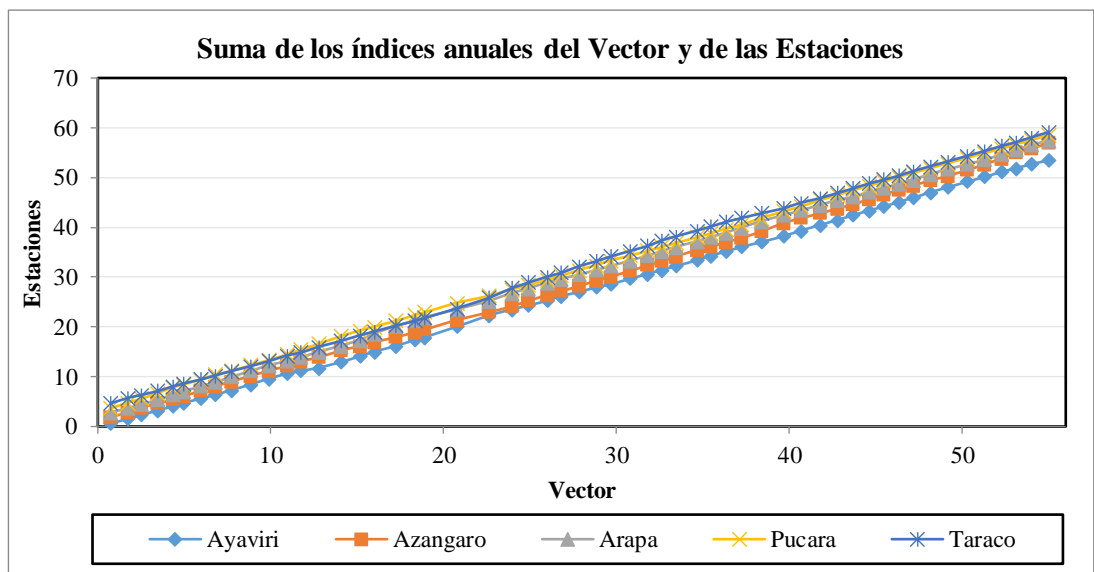


Figura 19. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 3.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 3.

4.1.2.4 Indicadores del vector regional región 4.

En la tabla 8, se observa los indicadores estadísticos de la región 4, presentando un *Vector Regional* óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la región analizada, Así mismo se manifiesta correlaciones altas entre intervalos de 0.744 y 0.883; demostrando un comportamiento homogéneo en las 6 estaciones analizadas, por lo tanto, la variabilidad pluviométrica es un buen indicador en su análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional para la región 4, ver figura 20 y 21.

Tabla 8. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 4.

Estación	Nº Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Macusani	55	0.191	0.000	0.744
Crucero	55	0.199	0.000	0.795
Cuyo Cuyo	55	0.202	0.000	0.793
Ñuñoa	55	0.176	0.001	0.693
Antauta	55	0.153	0.556	0.847
Orurillo	55	0.14	0.009	0.883

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional HYDRACCESS.

Nota (1): Los índices de calidad de cada estación para la región 4, muestra un vector regional a escala anual ostentando correlaciones confiables en las estaciones analizadas a un nivel de confianza del 95 por ciento, indicativo que presenta a las estaciones un mismo comportamiento de precipitación homogénea.

Nota (2): En la región 4, los valores de desvío estándar de desvíos son menores a 0.2, el rango de la DED varía entre 0.140 a 0.202 y la homogeneidad menor coexistiendo mayor a 0.7, siendo óptimo para la correlación de la región analizada.

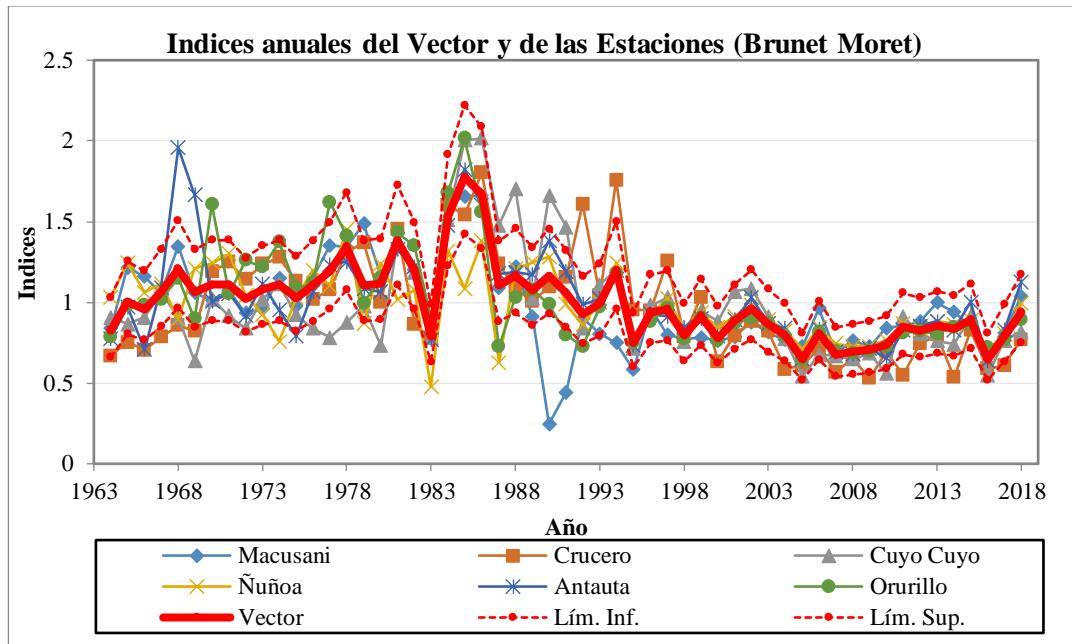


Figura 20. Índices anuales del vector regional-región 4.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 4, muestra los índices anuales de las estaciones y el vector regional.

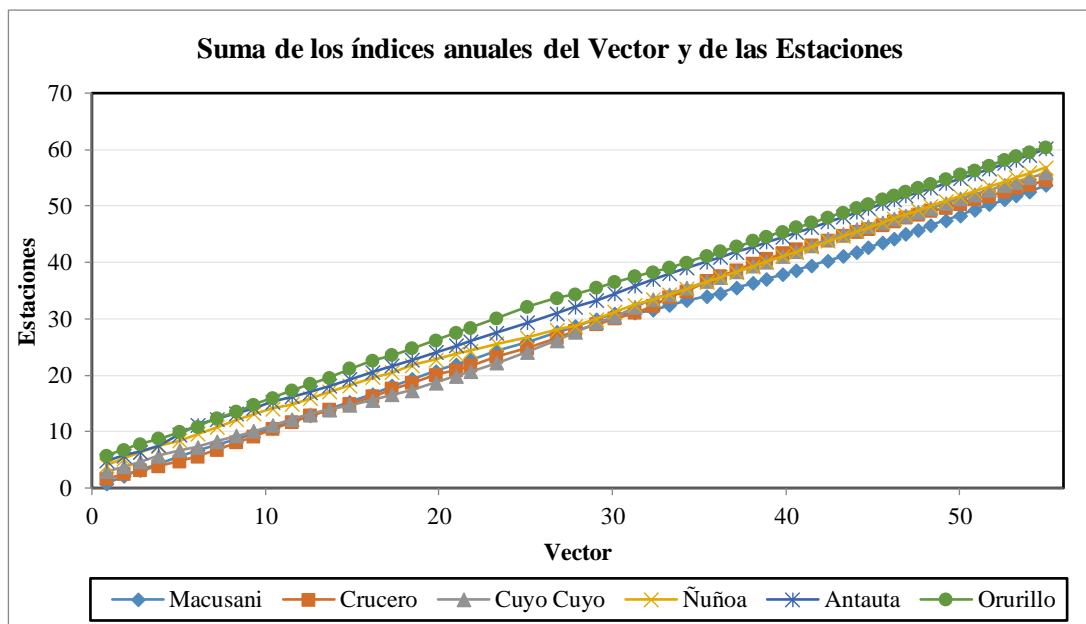


Figura 21. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 4.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 4.

4.1.2.5 Indicadores del vector regional región 5.

En la tabla 9, se observa los indicadores estadísticos de la región 5, presentando un *Vector Regional* óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la zona que lo define y es además semejante al comportamiento de las 6 estaciones constituyentes en la región 5. Así mismo se manifiesta correlaciones entre intervalos de 0.663 y 0.824; demostrando un comportamiento homogéneo en el Vector Regional, por lo tanto, la variabilidad pluviométrica es un buen indicador en su análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional para la región 5, ver figura 22 y 23.

Tabla 9. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 5.

Estación	Nº Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Yauri	55	0.153	0.386	0.787
Sicuani	55	0.13	0.001	0.824
Llally	55	0.114	0.189	0.811
Chuquibambilla	55	0.118	0.183	0.786
Santa Rosa	55	0.172	0.000	0.663
Porpera	55	0.301	0.000	0.681

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional HYDRACCESS.

Nota (1): Los índices de calidad de cada estación para la región 5, muestra un vector regional a escala anual ostentando correlaciones confiables en las estaciones analizadas a un nivel de confianza del 95 %, indicativo que presenta a las estaciones un mismo comportamiento de precipitación homogénea.

Nota (2): En la región 5, los valores para la DED son menores a 0.2 a excepción de la estación Porpera con un comportamiento muy particular. La homogeneidad menor siendo mayor a 0.7, siendo óptimo para la correlación de la región analizada.

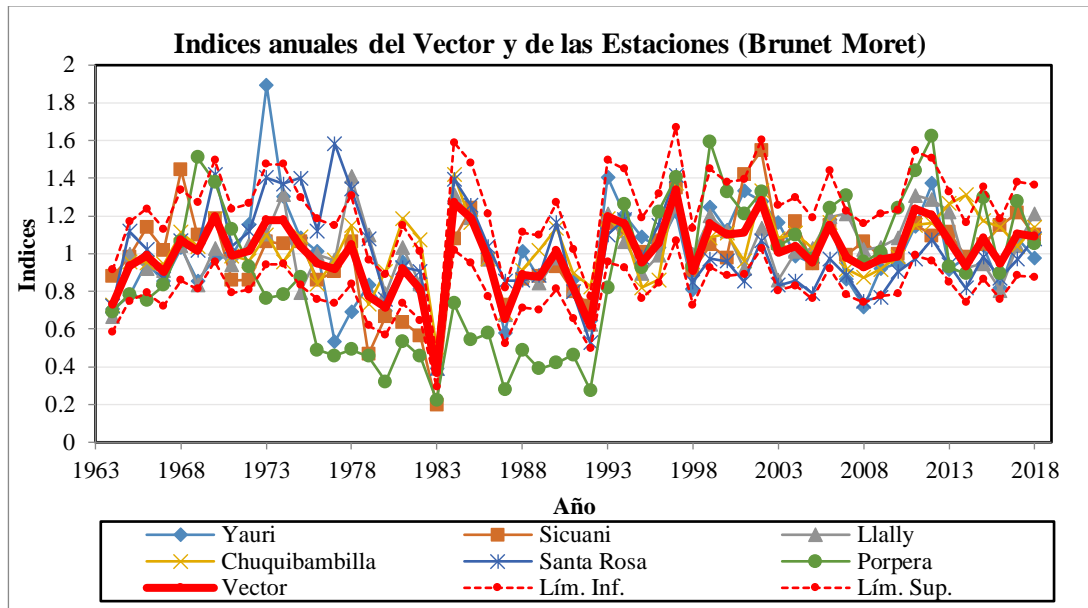


Figura 22. Índices anuales del vector regional-región 5.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 5, muestra los índices anuales de las estaciones y el vector regional.

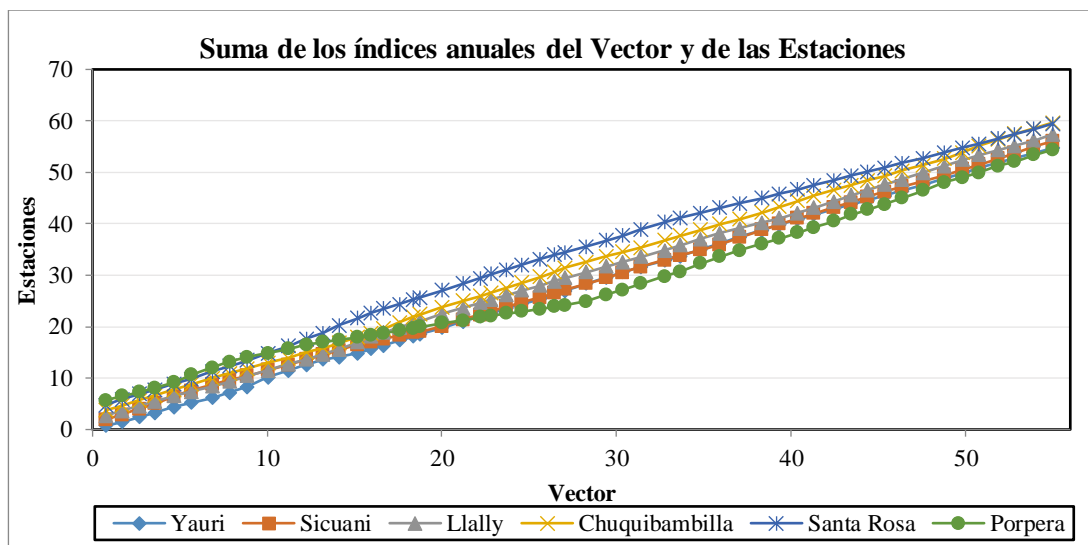


Figura 23. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 5.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 5.

4.1.2.6 Indicadores del vector regional región 6.

En la tabla 10, se observa los indicadores estadísticos de la región 6, presentando un *Vector Regional* óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la zona que lo define y es además semejante al comportamiento de las 9 estaciones constituyentes en la región 6. Así mismo se manifiesta correlaciones altas que varían entre los intervalos de 0.745 y 0.954; demostrando un comportamiento homogéneo en el Vector Regional, por lo tanto, la variabilidad pluviométrica es un buen indicador en su análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional para la región 6, ver figura 24 y 25.

Tabla 10. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 6.

Estación	N° Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Ichuña	55	0.155	0.043	0.766
Lampa	55	0.198	0.087	0.745
Cabanillas	55	0.109	0.037	0.859
Mañazo	55	0.082	0.198	0.937
Juliaca	55	0.092	0.007	0.903
Santa Lucia	55	0.176	0.002	0.811
Pampahuta	55	0.087	0.087	0.906
Lagunillas	55	0.064	0.118	0.954
Crucero Alto	55	0.168	0.098	0.765

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional HYDRACCESS.

Nota (1): Los índices de calidad de cada estación para la región 6, muestra un vector regional a escala anual ostentando correlaciones confiables en las estaciones analizadas a un nivel de confianza del 95 %, indicativo que presenta a las estaciones un mismo comportamiento de precipitación homogénea y un coeficiente de correlación mayor a 0.7, presentando una buena climatología.

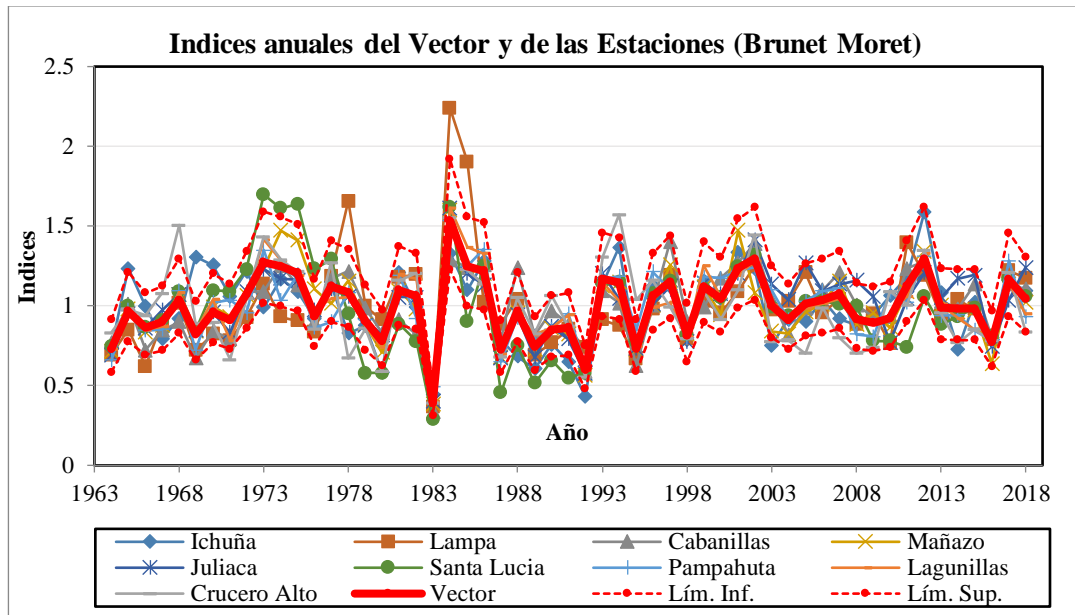


Figura 24. Índices anuales del vector regional-región 6.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 6, muestra los índices anuales de las estaciones y el vector regional.

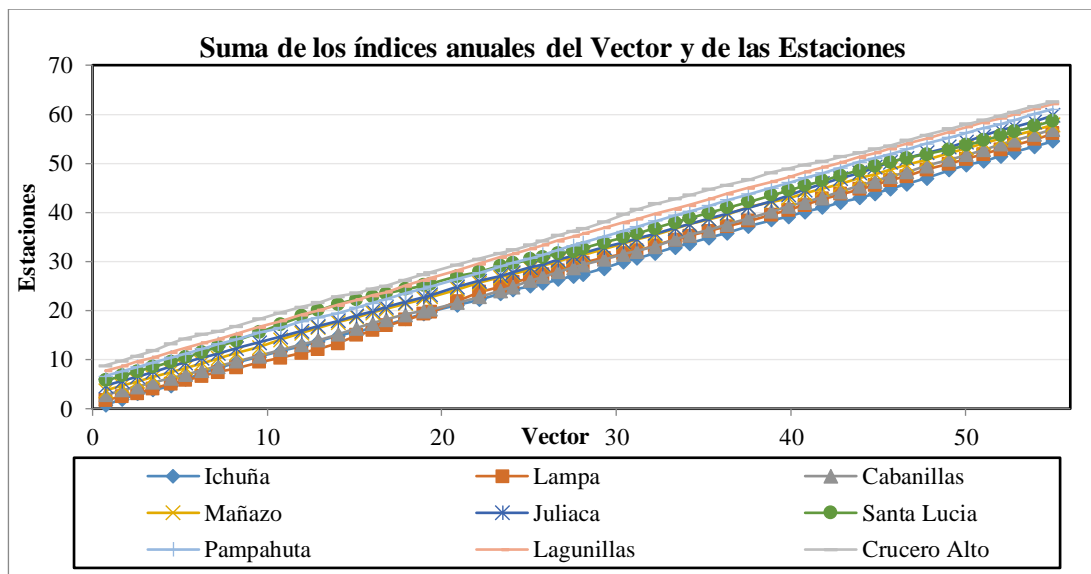


Figura 25. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 6.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 6.

4.1.2.7 Indicadores del vector regional región 7.

En la tabla 11, se observa los indicadores estadísticos de la región 7, presentando un *Vector Regional* óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la zona que lo define y es además semejante al comportamiento de las 5 estaciones constituyentes en la región 7. Así mismo se manifiesta correlaciones que varían entre los intervalos de 0.582 y 0.881; demostrando un comportamiento homogéneo en el Vector Regional, por lo tanto, la variabilidad pluviométrica es un buen indicador en su análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional para la región 7, ver figura 26 y 27.

Tabla 11. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 7.

Estación	Nº Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Mazo Cruz	55	0.148	0.154	0.881
Pizacoma	55	0.191	0.103	0.820
Laraqueri	55	0.144	0.173	0.827
Pampa Umalzo	55	0.340	0.010	0.582
Capazo	55	0.197	0.001	0.776

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional HYDRACCESS.

Nota (1): Los índices de calidad de cada estación para la región 7, muestra un vector regional a escala anual ostentando correlaciones confiables en las estaciones analizadas a un nivel de confianza del 95 %, indicativo que presenta a las estaciones un mismo comportamiento de precipitación homogénea.

Nota (2): En la región 7, los valores de desvío estándar de desvíos son menores a 0.2 a excepción de la estación Pampa Umalzo con un comportamiento muy particular en su registro de datos siendo esa estación perteneciente a la vertiente del pacifico considerándose como no apta para la región 7.

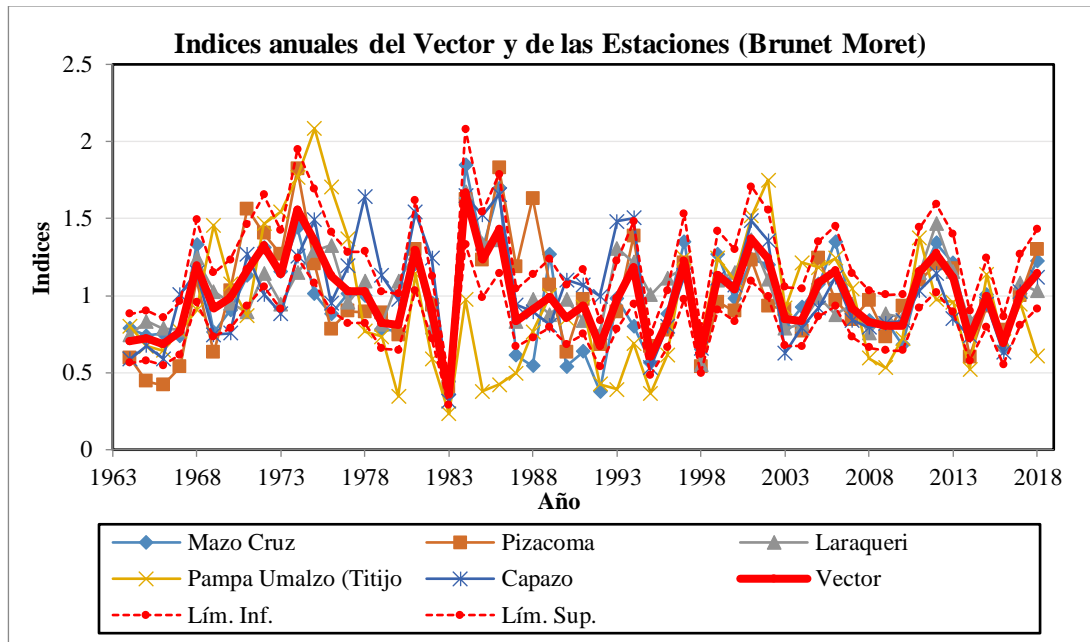


Figura 26. Índices anuales del vector regional-región 7.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 7, muestra los índices anuales de las estaciones y el vector regional.

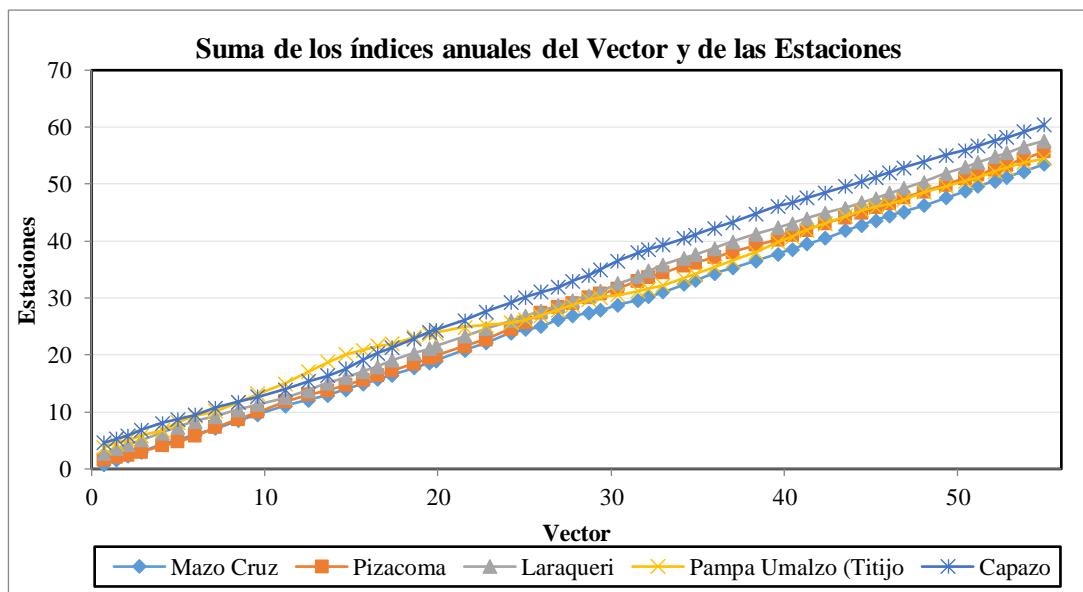


Figura 27. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 7.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 7.

4.1.2.8 Indicadores del vector regional región 8.

En la tabla 12, se observa los indicadores estadísticos de la región 8, presentando un Vector Regional óptimo que muestra la variabilidad pluviométrica multianual en la zona que lo define y es además semejante al comportamiento de las 10 estaciones constituyentes en la región 8. Así mismo se manifiesta correlaciones altas que varían entre los intervalos de 0.676 y 0.901; demostrando un comportamiento homogéneo en el Vector Regional, por lo tanto, la variabilidad pluviométrica es un buen indicador en su análisis de los índices anuales y la suma de los índices anuales del vector regional para la región 8, ver figura 28 y 29.

Tabla 12. Indicadores estadísticos de las series de precipitación de la región 8.

Estación	Nº Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correlación / Vector
Capachica	55	0.190	0.088	0.676
Los Urus	55	0.111	0.468	0.894
Huaraya Moho	55	0.138	0.034	0.754
Rincon de la Cruz	55	0.089	0.000	0.901
Ilave	55	0.122	0.113	0.876
Tahuaco Yunguyo	55	0.121	0.009	0.819
Desaguadero	55	0.113	0.017	0.894
Juli	55	0.101	0.004	0.865
Ramis	55	0.164	0.000	0.795
Puno	55	0.139	0.420	0.795

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos con el programa computacional HYDRACCESS.

Nota (1): Los índices de calidad de cada estación para la región 8, muestra un vector regional a escala anual ostentando correlaciones confiables en las estaciones analizadas a un nivel de confianza del 95 %, indicativo que presenta a las estaciones un mismo comportamiento de precipitación homogénea, con un coeficiente de correlación mayor a 0.7, presentando una climatología confiable.

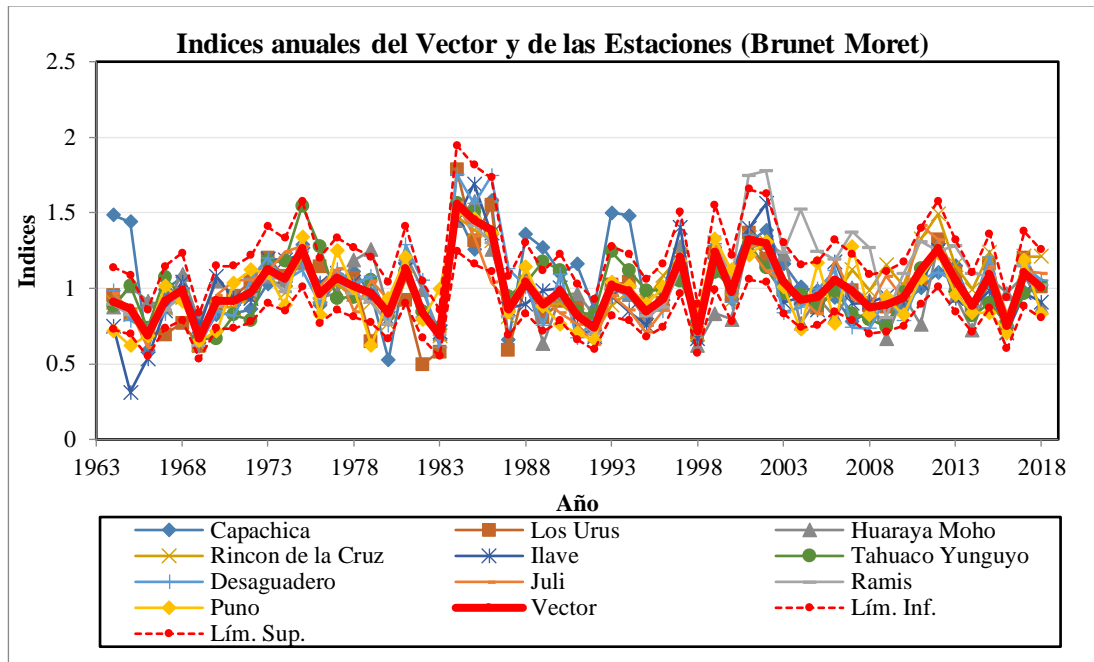


Figura 28. Índices anuales del vector regional-región 8.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Resultados del MVR para la región homogénea 8, muestra los índices anuales de las estaciones y el vector regional.

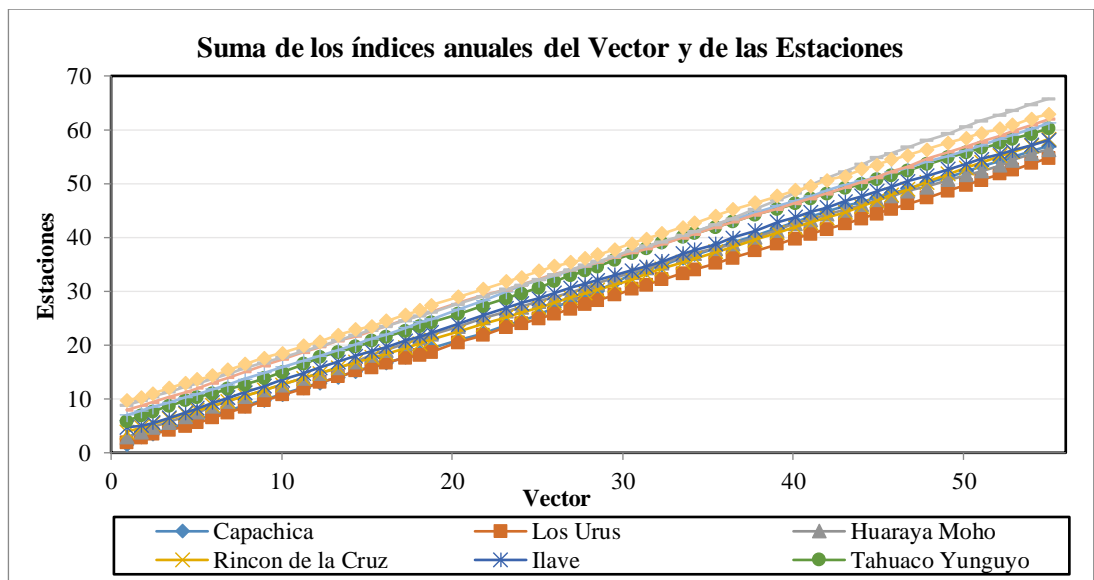


Figura 29. Índices acumulados de las estaciones observadas-región 8.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Suma de los índices anuales de las estaciones observadas - región 8.

4.1.2.9 Análisis de tendencias en las series históricas anuales

Esta sección se proporciona una descripción sucinta de los conceptos básicos en pruebas estadísticas que son relevante para la tendencia. El lector puede referirse a Kundzewicz y Robson (2000), para más descripción detallada de las pruebas estadísticas de tendencia / cambio, y libros de texto estándar sobre estadísticas para información más detallada.

Se analizó dos supuestos básicos: Homogeneidad (libre de tendencia) y estacionariedad (constante en el tiempo), estos análisis aumentan la confiabilidad de los datos, detectando anomalías producido por la actividad antrópica. A continuación, se describen los resultados obtenidos de dos diferentes pruebas o tests que nos ayude a tener una visión clara de los procesos que han ocurrido a lo largo del periodo de análisis, que permiten afirmar la existencia o no de la tendencia y quiebres en cada estación.

Tabla 13. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 1.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Significancia	Año-Cambio	Nivel Significancia
Puerto Maldonado	0.530	NS	1986	NS
Quincemil	0.944	NS	1990	NS
Ollachea	-0.407	NS	1986	NS
Tambopata	-1.096	NS	1976	NS

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 13, se muestra resultados del análisis de tendencias del registro anual, indicando no significativo (NS) no presentan tendencias para todas sus estaciones evaluadas y no presentan niveles de significativas (S), para 0.01 existe el (1%) de

probabilidad de equivocarse y 99 % (0.99) de confianza y para 0.05 existe (5%) de probabilidad de equivocarse y 95% (0.95) de confianza.

Tabla 14. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 2.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Significancia	Año-Cambio	Nivel Significancia
Progreso	1.082	NS	2010	NS
Muñani	0.515	NS	1975	NS
Ananea	0.733	NS	2010	NS
Putina	-0.603	NS	2003	NS
Huancane	-0.508	NS	1977	NS
Cojata	0.254	NS	1992	NS

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 14, se muestra resultados del análisis de tendencias del registro anual, indicando no significativo (NS) para todas sus estaciones evaluadas en la región 2 presentando series estacionarias cabe recalcar que no presenta tendencias. Se aplicó el test de Mann-Kendall modificado, el cual elimina la auto correlación que pueda existir en la serie de datos analizados.

Tabla 15. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 3.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Significancia	Año-Cambio	Nivel Significancia
Ayaviri	0.356	NS	1972	NS
Azangaro	1.365	NS	1983	NS
Arapa	-0.269	NS	1971	NS
Pucara	-1.009	NS	2004	NS
Taraco	0.668	NS	1973	NS

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 15, se muestra resultados del análisis de tendencias del registro anual, indicando no significativo (NS) no presentan tendencias para todas sus estaciones

evaluadas en la región 3. Se aplicó el test de Mann-Kendall modificado, el cual elimina la auto correlación que pueda existir en la serie de datos analizados.

Tabla 16. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 4.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Significancia	Año-Cambio	Nivel Significancia
Macusani	-3.434	S (0.01)	1988	S (0.01)
Crucero	-3.463	S (0.01)	1999	S (0.01)
Cuyo Cuyo	-2.468	S (0.05)	2003	S (0.1)
Ñuñoa	-4.196	S (0.01)	1994	S (0.01)
Antauta	-3.637	S (0.01)	1994	S (0.01)
Orurillo	-4.53	S (0.01)	1994	S (0.01)

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 16, se muestra resultados del análisis de tendencias del registro anual, indicando tendencias significativas (S) en la serie analizada para la región 4, Por consiguiente, se detectó a las 6 estaciones que no cumplen la hipótesis nula para un nivel de significancia del 1%, 5% y 10%, las estaciones analizadas presentan tendencias decrecientes en el registro de la serie de precipitación anual analizada.

Tabla 17. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 5.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Significancia	Año-Cambio	Nivel Significancia
Yauri	1.358	NS	1992	NS
Sicuani	2.149	S (0.05)	2000	NS
Llally	2.025	S (0.05)	2004	NS
Chuquibambilla	2.134	S (0.05)	2010	NS
Santa Rosa	-2.309	S (0.05)	1997	S (0.05)
Porpera	2.744	S (0.01)	1995	S (0.01)

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 17, se observa niveles no significativos (NS) para la estación Yauri. A excepción de las demás estaciones, indicando tendencias significativas (S) en la serie

analizada para la región 5, Por consiguiente, se detectó a las 5 estaciones que no cumplen la hipótesis nula para un nivel de significancia del 1% y 5% de confiabilidad.

Tabla 18. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 6.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Significancia	Año-Cambio	Nivel Significancia
Ichuña	-0.044	NS	1992	NS
Lampa	2.214	S (0.05)	1995	S (0.1)
Cabanillas	2.113	S (0.05)	1999	NS
Mañazo	0.298	NS	1971	NS
Juliaca	1.880	S (0.1)	1998	NS
Santa Lucia	-0.385	NS	1977	NS
Pampahuta	0.697	NS	1992	NS
Lagunillas	0.073	NS	1971	NS
Crucero Alto	-1.096	NS	2002	NS

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 18, se muestra resultados del análisis de tendencias del registro anual, indicando no significativo (NS) para la mayoría de sus estaciones, a excepción de las estaciones Lampa, Cabanillas y Juliaca, indicando tendencias significativas (S) en la serie analizada para la región 6, Por consiguiente, se detectó a las 3 estaciones que no cumplen la hipótesis nula para un nivel de significancia del 5% y 10%, las estaciones analizadas presentan tendencias variables en el registro de la serie de precipitación anual analizada.

Tabla 19. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 7.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Signifi.	Año-Cambio	Nivel Signifi.
Mazo Cruz	0.457	NS	2010	NS
Pizacoma	0.392	NS	1983	NS
Laraqueri	0.065	NS	1992	NS
Pampa Umalzo	-0.356	NS	1998	NS
Capazo	-0.595	NS	2002	NS

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 19, se muestra resultados del análisis de tendencias del registro anual, indicando no significativo (NS) para todas sus estaciones evaluadas en la región 7. La estación Pampa Umalzo presenta una tendencia decreciente que es mucho mayor al grupo de estaciones en el registro de la serie de precipitación anual analizada, en tal sentido no llega a una homogenización óptima por lo cual ya no es considerado.

Tabla 20. Análisis de tendencias y quiebres a un paso de tiempo anual región 8.

Estación	Tendencias (Mann-Kendall)		Cambios (Free CUSUM)	
	Test. Estadístico	Nivel Significancia	Año-Cambio	Nivel Significancia
Capachica	-0.145	NS	2003	NS
Los Urus	1.539	NS	1971	NS
Huaraya Moho	-0.82	NS	1988	NS
Rincon de la Cruz	3.216	S (0.01)	1995	S (0.05)
Ilave	0.508	NS	2018	NS
Tahuaco Yunguyo	-0.225	NS	2002	NS
Desaguadero	0.661	NS	1971	NS
Juli	1.053	NS	1998	NS
Ramis	3.034	S (0.01)	1998	S (0.01)
Puno	0.806	NS	1970	NS

Fuente: Elaboración propia, (2021). Cálculos estadísticos de tendencias con el programa computacional TREND.

De la tabla 20, se muestra resultados del análisis de tendencias del registro anual, indicando no significativo (NS) para la mayoría de sus estaciones, a excepción de las estaciones Rincon de la Cruz y Ramis, indicando tendencias significativas (S) en la serie analizada para la región 8, Por consiguiente, se detectó a las 2 estaciones que no cumplen la hipótesis nula para un nivel de significancia del 1% y 5%, las estaciones analizadas presentan tendencias variables en el registro de la serie de precipitación anual analizada.

4.1.3 Resultado de la estimación del índice de precipitación estandarizada (SPI)

En este trabajo, para la caracterización de la sequía en las áreas bajo estudio, se utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), desarrollado por Mckee, Doesken

y Kleist (1993). Para lo cual se requiere únicamente el uso de series históricas de precipitación mensual y ofrece la ventaja de manipular diversas escalas de tiempo, haciendo posible identificar los impactos de la sequía en periodos de corto, mediano y largo plazo; además permite identificar y describir convenientemente el fenómeno, precisando su inicio, intensidad, duración, magnitud y cobertura espacial. Este método admite que la lluvia es el principal factor que define si un período o área determinados son o no deficientes de agua.

4.1.3.1 Indicadores de sequía.

El índice estandarizado de precipitación (SPI por sus siglas en inglés) clasifica en distintas categorías los periodos húmedos y secos. Los valores son representativos de la variabilidad de la precipitación con respecto a su historial, en donde los valores negativos indican déficit y los valores positivos superávit (McKee et. Al., 1993).

Las características para periodos cortos (1 y 3 meses) se clasifican como:

- 1 mes, indica las condiciones de humedad del suelo.
- 3 meses. Una estimación de la precipitación estacional.

4.1.3.2 Análisis de fluctuaciones.

Se cuantificó el déficit de la precipitación en las estaciones climáticas de la región andina de Puno, en un período de 54 años desde 1964 a 2018, por medio del Índice Estandarizado de Sequía (SPI) para la escala temporal de un (01) mes y tres (03) meses.

En la tabla 21 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:

- **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 69% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
- **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 9% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 4% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 3% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,

Por lo tanto, de los resultados obtenidos se considera al modelo del SPI-1 como predominante para la región 1.

- De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, En la figura 30, se muestra los resultados del análisis de caracterización del SPI-1 y SPI-3 para la región 1, donde se observa que existe fluctuaciones en un rango de -3 a 3 para un periodo de análisis (1964 - 2018).



- En la estación pluviométrica **Puerto Maldonado** el SPI-1 fue más preponderante respecto al SPI-3 presentando fluctuaciones negativas de 451 valores en una sequía normal, 65 valores en sequias moderadamente secas, 27 valores en sequias severamente secas y 19 valores en sequias extremadamente secas.
- En la estación pluviométrica **Quincemil** se presentaron fluctuaciones negativas de 458 valores en sequias normales, 49 valores en sequias moderadamente secas, 24 valores en sequía severamente secas y 23 valores en sequias extremadamente secas considerando al SPI-1 superior al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Ollachea** se presentaron fluctuaciones negativas de 461 valores en sequias normal, 69 valores en sequias moderadamente secas, 14 valores en sequias severamente secas y 16 valores en sequias extremadamente secas considerando al SPI-1 superior al SPI-3
- En la estación pluviométrica **Tambopata** se presentaron fluctuaciones negativas de 456 valores en sequias normales, 55 valores en sequias moderadamente secas, 33 valores en sequias severamente secas y 16 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3 respecto al SPI-1.

Tabla 21. Características de sequías (SPI-1 y SPI-3) región 1

Valor del índice	Est. Puerto Maldonado						Est. Tambopata						Valores Clasificados para el SPI					
	SPI_1	SPI_3	Est. Quincemil	SPI_1	SPI_3	Est. Ollachea	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3		
Registro de Valores	660	658	660	660	658	660	658	660	660	658	660	658	660	658	660	658		
Ev. -0.99 a 0.99	451	443	458	461	461	461	475	451	451	451	451	456	451	451	456	456		
Frecuencia	68.33	67.33	69.39	70.06	70.06	69.85	72.19	68.33	68.33	68.33	68.33	69.30	68.33	68.33	69.30	69.30		
Ev. -1.00 a -1.49	65	60	49	53	53	69	47	63	63	63	63	55	63	63	55	55		
Frecuencia	9.85	9.12	7.42	8.05	8.05	10.45	7.14	9.55	9.55	9.55	9.55	8.36	9.55	9.55	8.36	8.36		
Ev. -1.50 a -1.99	27	26	24	26	26	14	30	25	25	25	25	33	25	25	33	33		
Frecuencia	4.09	3.95	3.64	3.95	3.95	2.12	4.56	3.79	3.79	3.79	3.79	5.02	3.79	3.79	5.02	5.02		
Ev. < -2	19	17	23	17	17	16	13	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
Frecuencia	2.88	2.58	3.48	2.58	2.58	2.42	1.98	2.42	2.42	2.42	2.42	2.43	2.42	2.42	2.43	2.43		

Fuente: Elaboración propia, (2021). Intensidades de sequía meteorológica para una escala de tiempo de 1 y 3 meses.

Nota (1). Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indican los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 30 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

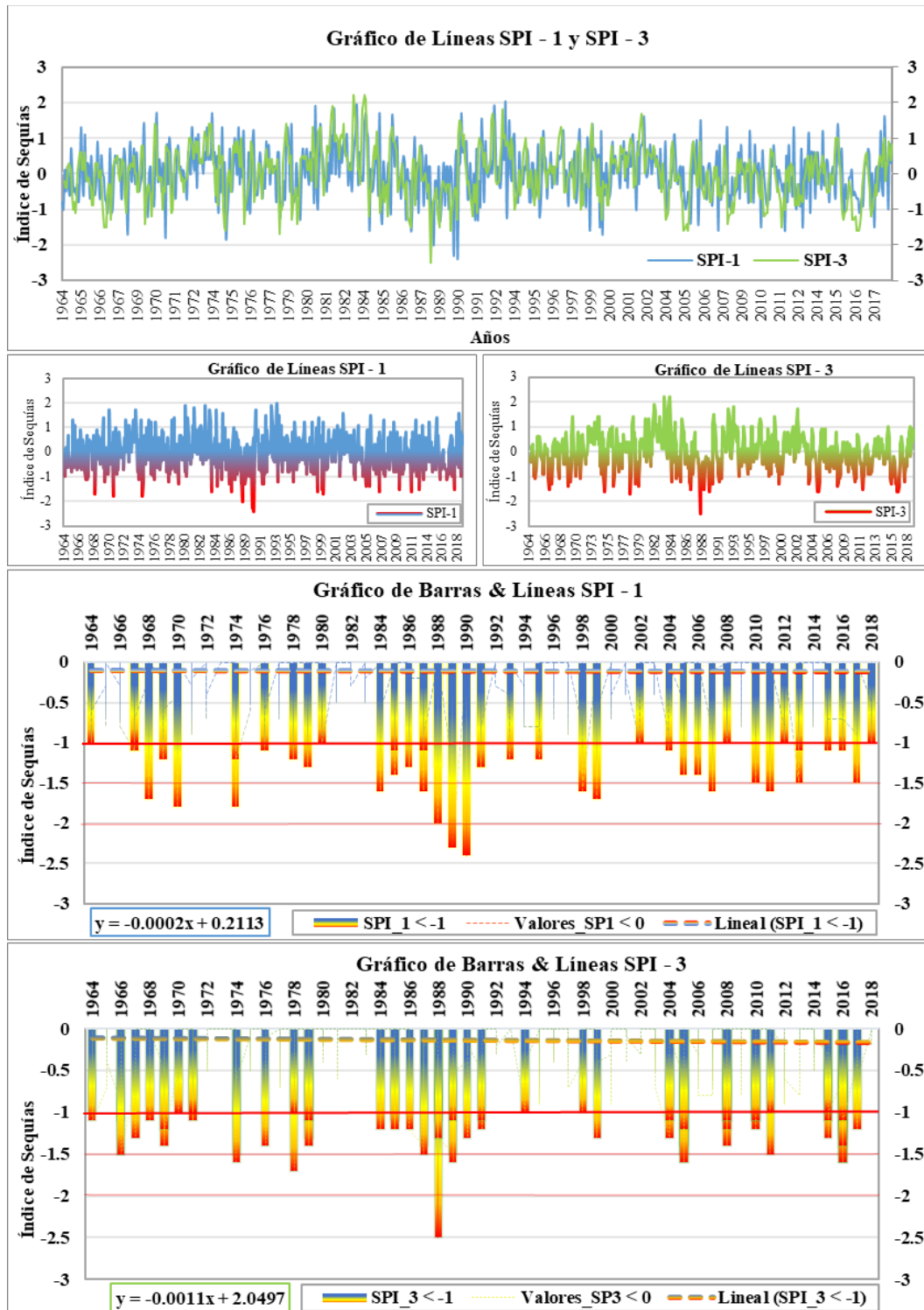


Figura 30. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 1.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).



- En la tabla 22 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:
 - **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 71% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
 - **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 7% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
 - **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 4% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
 - **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,

Por lo tanto, de los resultados obtenidos se considera al modelo del SPI-1 como predominante en las sequias normales y el SPI-3 con mayor influencia en las sequias moderadamente secas, severamente secas y extremadamente secas para la región 2.

De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, En la figura 31, se muestra los resultados del análisis de caracterización del SPI-1 y SPI-3 para la región 2, donde se observa que existe fluctuaciones en un rango de -3 a 3 para un periodo de análisis (1964 - 2018).



- En la estación pluviométrica **Progreso** el SPI-1 fue más preponderante en las sequías normales respecto al SPI-3 presentando fluctuaciones negativas de 479 valores, mientras que el SPI-3 influyó en las demás clasificaciones con 55 valores en sequías moderadamente secas, 32 valores en sequías severamente secas y 15 valores en sequías extremadamente secas.
- En la estación pluviométrica **Muñani** se presentaron fluctuaciones negativas de 494 valores en sequías normales habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó en las demás clasificaciones con 43 valores en sequías moderadamente secas, 24 valores en sequías severamente secas y 18 valores en sequías extremadamente secas.
- En la estación pluviométrica **Ananea** se presentaron fluctuaciones negativas de 489 valores en sequías normales, 44 valores en sequías moderadamente secas estando como predominante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 33 valores en sequías severamente secas y 21 valores en sequías extremadamente secas.
- En la estación pluviométrica **Putina** se presentaron fluctuaciones negativas de 470 valores en sequías normales, 48 valores en sequías moderadamente secas influyendo en ambas escalas el SPI-1, del mismo modo se encontraron 35 valores en sequías severamente secas y 18 valores en sequías extremadamente secas considerando como predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Huancane** se presentaron fluctuaciones negativas de 483 valores en sequías normales habiendo ser preponderante



el SPI-1, asimismo 59 valores en sequías moderadamente secas, también se encontraron 24 valores en sequías severamente secas y 23 valores en sequías extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.

- En la estación pluviométrica **Cojata** se presentaron fluctuaciones negativas de 471 valores en sequías normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo 56 valores en sequías moderadamente secas, también se encontraron 33 valores en sequías severamente secas y 18 valores en sequías extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.

Como consecuencia los eventos del SPI-1 y SPI-3 pueden causar problemas a la actividad agrícola y afectar a los cultivos por falta de humedad de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior.

Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indicando como los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 31 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

Tabla 22. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 2

Valor del índice	Valores Clasificados para el SPI															
	SPI_1	SPI_3	Est. Progreso	Est. Muñani	SPI_3	SPI_1	SPI_3	Est. Ananea	Est. Putina	SPI_3	SPI_1	SPI_3	Est. Huancane	Est. Cojata	SPI_1	SPI_3
Registro de Valores	660	658	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	660	658
Ev. -0.99 a 0.99	479	450	494	469	469	489	457	470	460	483	454	471	451	471	451	451
Frecuencia	72.58	68.39	74.85	71.28	74.09	69.45	71.21	69.91	73.18	69.00	71.36	68.54	68.54	71.36	68.54	68.54
Ev. -1.00 a -1.49	53	55	38	43	44	41	48	41	41	53	59	55	56	55	55	56
Frecuencia	8.03	8.36	5.76	6.53	6.67	6.23	7.27	6.23	8.03	8.97	8.33	8.51	8.51	8.33	8.51	8.51
Ev. -1.50 a -1.99	16	32	19	24	15	33	25	35	35	15	24	20	33	20	33	33
Frecuencia	2.42	4.86	2.88	3.65	2.27	5.02	3.79	5.32	2.27	3.65	3.03	5.02	5.02	3.03	5.02	5.02
Ev. < -2	14	15	10	18	15	21	12	18	18	13	23	11	18	11	18	18
Frecuencia	2.12	2.28	1.52	2.74	2.27	3.19	1.82	2.74	1.97	3.50	1.67	2.74	2.74	1.67	2.74	2.74

Fuente: Elaboración propia, (2021). Intensidades de sequía meteorológica para una escala de tiempo de 1 y 3 meses.

Nota (1): Las características analizadas en la región 2, muestran una mayor intensidad de sequía extrema en el SPI-3 en comparación con el SPI-1 indicando una mayor depresión en la precipitación estacional.

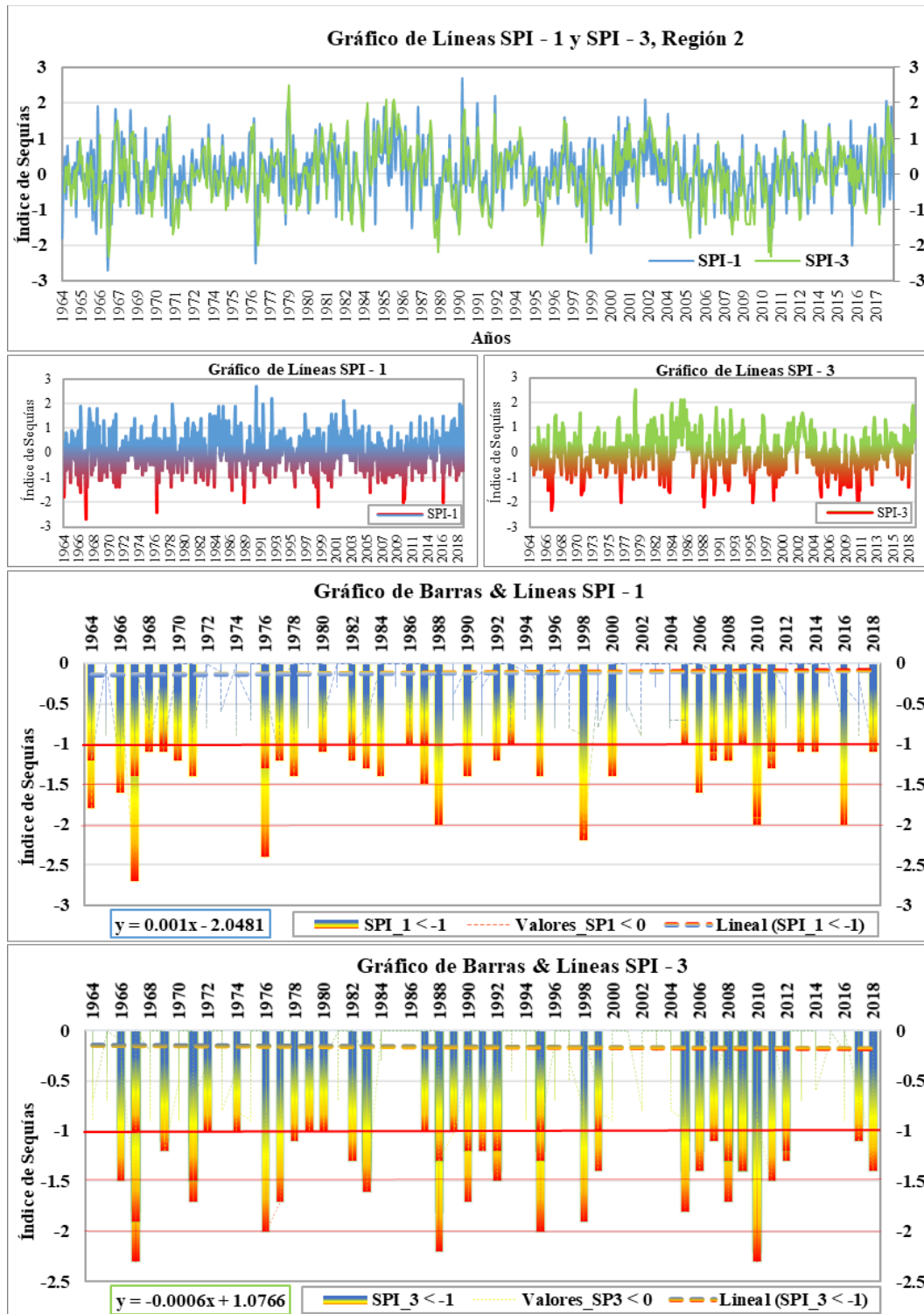


Figura 31. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 2.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).

En la tabla 23 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:

- **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 72% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
- **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 7% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 4% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,

De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, En la figura 32, se muestra los resultados del análisis de caracterización del SPI-1 y SPI-3 para la región 3, donde se observa que existe fluctuaciones en un rango de -3.5 a 3.5 para un periodo de análisis (1964 - 2018).

- En la estación pluviométrica **Ayaviri** se presentaron fluctuaciones negativas de 479 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo 52 valores en sequias moderadamente secas, también se encontraron 21 valores en sequias severamente secas y 14 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.



- En la estación pluviométrica **Azángaro** se presentaron fluctuaciones negativas de 485 valores en sequías normales, 16 valores en sequías extremadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 43 valores en sequías moderadamente secas y 24 valores en sequías severamente secas.
- En la estación pluviométrica **Arapa** se presentaron fluctuaciones negativas de 496 valores en sequías normales, 14 valores en sequías extremadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 53 valores en sequías moderadamente secas y 35 valores en sequías severamente secas.
- En la estación pluviométrica **Pucara** se presentaron fluctuaciones negativas de 491 valores en sequías normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo 62 valores en sequías moderadamente secas, 15 valores en sequías extremadamente secas considerando predominante al SPI-3 y 21 valores en sequías severamente secas considerándose iguales para las escalas del SPI-1 y SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Taraco** se presentaron fluctuaciones negativas de 485 valores en sequías normales, 10 valores en sequías extremadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 62 valores en sequías moderadamente secas y 27 valores en sequías severamente secas.

Tabla 23. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 3

Valor del índice	Est. Ayaviri			Est. Azángaro			Est. Arapa			Est. Pucara			Est. Taraco			Valores Clasificados para el SPI
	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3		
Registro de Valores	660	658	660	658	660	658	658	658	660	660	660	658	660	658	Cercano a lo normal	
Ev. -0.99 a 0.99	479	470	485	450	496	452	491	455	491	485	470	455	485	470		
Frecuencia	72.58	71.43	73.48	68.39	75.15	68.69	74.39	69.15	74.39	73.48	71.43	69.15	73.48	71.43		
Ev. -1.00 a -1.49	47	52	40	61	27	53	32	62	32	39	62	62	39	62	Moderadamente Seco	
Frecuencia	7.12	7.90	6.06	9.27	4.09	8.05	4.85	9.42	4.85	5.91	9.42	9.42	5.91	9.42		
Ev. -1.50 a -1.99	20	21	18	31	22	35	21	21	21	21	27	21	21	27	Severamente Seco	
Frecuencia	3.03	3.19	2.73	4.71	3.33	5.32	3.18	3.19	3.18	3.18	4.10	3.19	3.18	4.10		
Ev. < -2	10	14	16	9	14	12	14	15	14	10	5	15	10	5	Extremadamente Seco	
Frecuencia	1.52	2.13	2.42	1.37	2.12	1.82	2.12	2.28	2.12	1.52	0.76	2.28	1.52	0.76		

Fuente: Elaboración propia, (2021). Intensidades de sequía meteorológica para una escala de tiempo de 1 y 3 meses.

Nota (1). Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indicando como los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 32 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

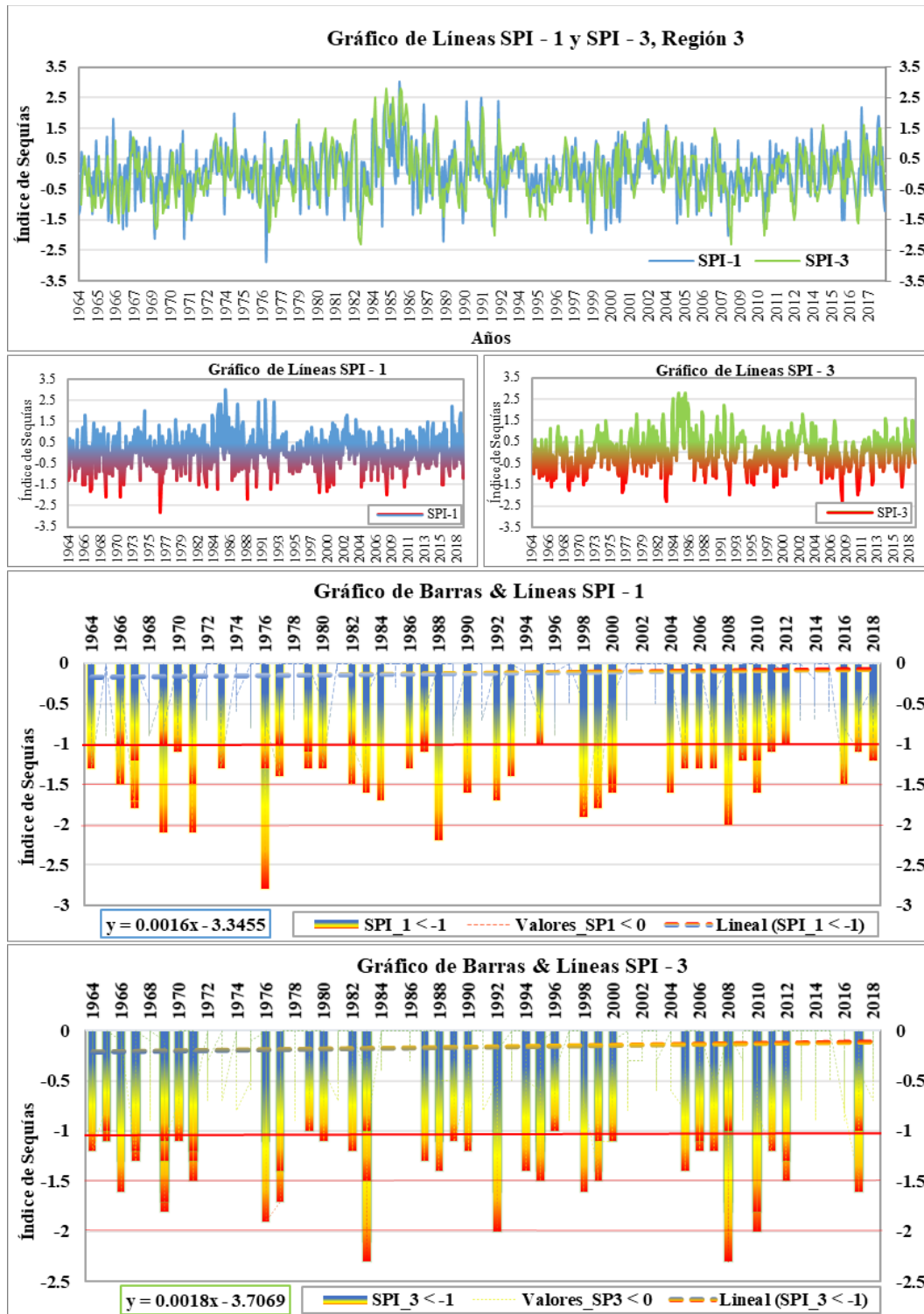


Figura 32. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 3.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).



En la tabla 24 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:

- **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 70% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
- **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 9% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 3% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- En la estación pluviométrica **Macusani** se presentaron fluctuaciones negativas de 486 valores en sequias normales, 17 valores en sequias severamente secas y 18 valores en sequias extremadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-3, de la misma forma 47 valores en sequias moderadamente secas considerando predominante al SPI-1.
- En la estación pluviométrica **Crucero** se presentaron fluctuaciones negativas de 473 valores en sequias normales, 13 valores en sequias extremadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que



- el SPI-3 influyó con 77 valores en sequías moderadamente secas y 35 valores en sequías severamente secas.
- En la estación pluviométrica **Cuyo Cuyo** se presentaron fluctuaciones negativas de 476 valores en sequías normales habiendo ser preponderante el SPI-1, del mismo modo 68 valores en sequías moderadamente secas, 27 valores en sequías severamente secas y 11 valores en sequías extremadamente secas considerando como preponderante al SPI-3.
 - En la estación pluviométrica **Ñuñoa** se presentaron fluctuaciones negativas de 489 valores en sequías normales, 18 valores en sequías severamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo 70 valores en sequías moderadamente secas, 14 valores en sequías extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
 - En la estación pluviométrica **Antauta** se presentaron fluctuaciones negativas de 473 valores en sequías normales, 24 valores en sequías severamente secas habiendo ser preponderante el SPI-3, mientras que el SPI-1 influyó con 67 valores en sequías moderadamente secas y 13 valores en sequías extremadamente secas.
 - En la estación pluviométrica **Orurillo** se presentaron fluctuaciones negativas de 485 valores en sequías normales, 15 valores en sequías extremadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo 65 valores en sequías moderadamente secas, considerando predominante al SPI-3 y 21 valores en sequías severamente secas considerándose iguales para las escalas del SPI-1 y SPI-3.

Tabla 24. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 4

Valor del índice	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	Valores Clasificados para el SPI
	Est. Macusani	Est. Crucero	Est. Cuyo Cuyo	Est. Ñuñoa	Est. Antauta	Est. Orurillo							
Registro de Valores	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	658
Ev. -0.99 a 0.99	484	473	453	476	489	489	447	457	473	485	457	485	457
Frecuencia	73.33	71.67	64.89	72.34	74.09	74.09	67.93	69.24	71.88	73.48	73.48	69.45	69.45
Ev. -1.00 a -1.49	47	43	77	68	48	43	70	67	50	50	50	65	65
Frecuencia	7.12	6.08	11.70	10.30	7.29	6.52	10.64	10.15	7.60	7.58	7.58	9.88	9.88
Ev. -1.50 a -1.99	12	17	20	35	27	25	18	20	24	21	21	21	21
Frecuencia	1.82	2.58	3.03	5.32	4.09	3.80	2.73	3.03	3.65	3.18	3.18	3.19	3.19
Ev. < -2	15	18	13	7	11	9	10	13	12	11	11	6	6
Frecuencia	2.27	2.74	1.97	1.06	1.67	1.37	1.52	1.97	1.82	1.67	1.67	0.91	0.91

Fuente: Elaboración propia, (2021). Intensidades de sequía meteorológica para una escala de tiempo de 1 y 3 meses.

Nota (1). Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indicando como los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 33 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

Nota (2). De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, En la figura 33, se muestra los resultados del análisis de caracterización del SPI-1 y SPI-3 para la región 4, donde se observa que existe fluctuaciones en un rango de -3 a 3 para un periodo de análisis (1964 - 2018).

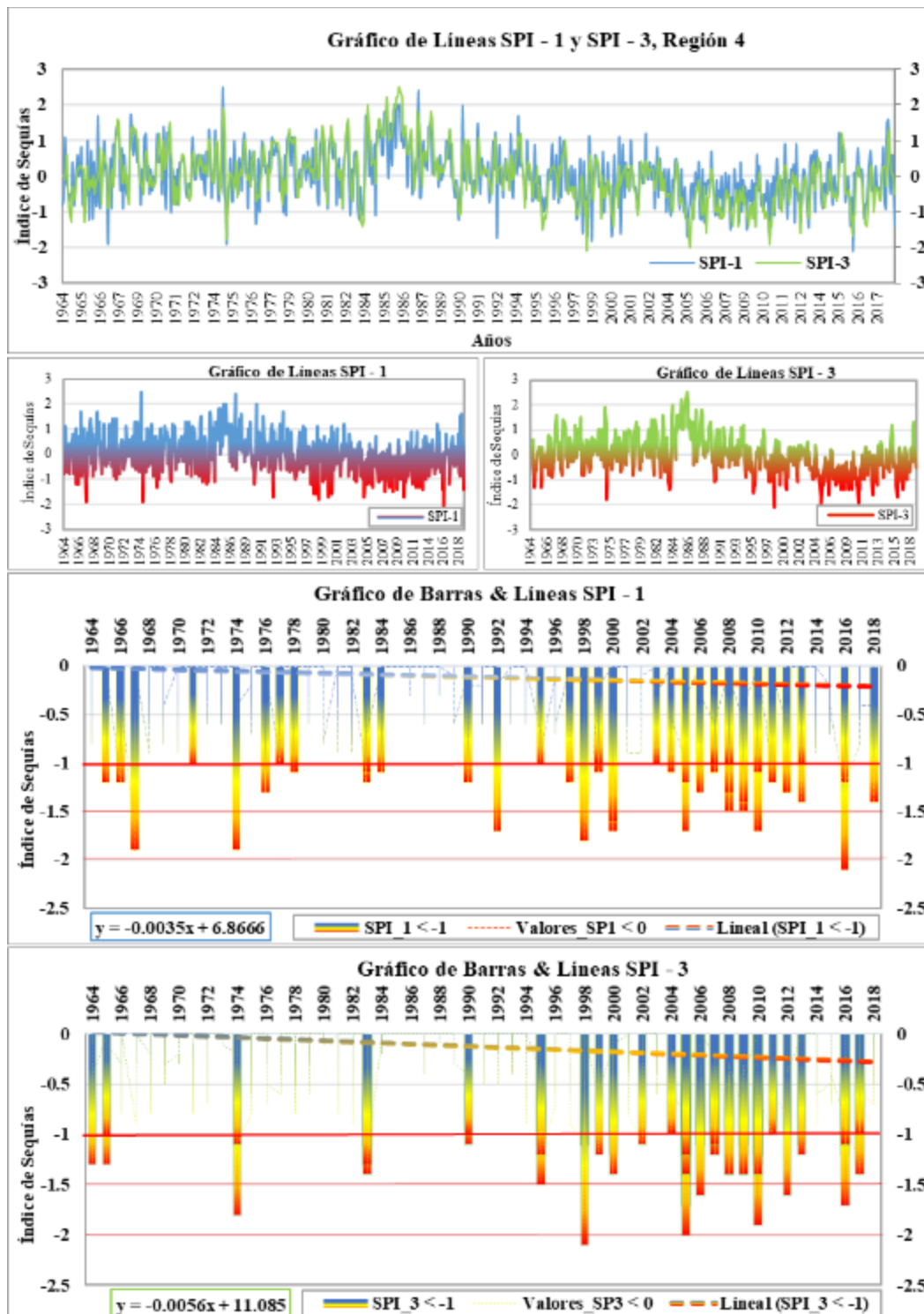


Figura 33. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 4.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).



En la tabla 25 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:

- **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 72% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
- **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 7% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 4% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- En la estación pluviométrica **Yauri** se presentaron fluctuaciones negativas de 496 valores en sequias normales, 14 valores en sequias extremadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, de la misma forma 60 valores en sequias moderadamente secas, 32 valores en sequias severamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Sicuani** se presentaron fluctuaciones negativas de 486 valores en sequias normales, 29 valores en sequias severamente seco habiendo ser preponderante el SPI-1.



- En la estación pluviométrica **Llally** se presentaron fluctuaciones negativas de 479 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, del mismo modo 52 valores en sequias moderadamente secas, 32 valores en sequias severamente secas y 18 valores en sequias extremadamente secas considerando como preponderante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Chuquibambilla** se presentaron fluctuaciones negativas de 489 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, del mismo modo 51 valores en sequias moderadamente secas, 27 valores en sequias severamente secas y 14 valores en sequias extremadamente secas considerando como preponderante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Santa Rosa** se presentaron fluctuaciones negativas de 488 valores en sequias normales, habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 61 valores en sequias moderadamente secas, 30 valores en sequias severamente secas y 12 valores en sequias extremadamente secas considerándose iguales para las escalas del SPI-1 y SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Porpera** se presentaron fluctuaciones negativas de 486 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, del mismo modo 57 valores en sequias moderadamente secas, 32 valores en sequias severamente secas y 17 valores en sequias extremadamente secas considerando como preponderante al SPI-3.

Tabla 25. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 5

Valor del índice	Est. Yauri		Est. Sicuani		Est. Llally		Est. Chuquibambilla		Est. Santa Rosa		Est. Porpera		Valores Clasificados para el SPI
	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	SPI_1	SPI_3	
Registro de Valores	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	Cercano a lo normal
Ev. -0.99 a 0.99	496	461	486	478	479	451	489	461	488	451	486	449	
Frecuencia	75.15	70.06	73.64	72.64	72.58	68.54	74.09	70.06	73.94	68.54	73.64	68.24	
Ev. -1.00 a -1.49	34	60	35	45	48	52	39	51	39	61	32	57	Moderadamente Seco
Frecuencia	5.15	9.12	5.30	6.84	7.27	7.90	5.91	7.75	5.91	9.27	4.85	8.66	
Ev. -1.50 a -1.99	15	32	29	21	19	32	17	27	19	30	24	32	Severamente Seco
Frecuencia	2.27	4.86	4.39	3.19	2.88	4.86	2.58	4.10	2.88	4.56	3.64	4.86	
Ev. < -2	14	12	12	26	13	18	9	14	12	12	11	17	Extremadamente Seco
Frecuencia	2.12	1.82	1.82	3.95	1.97	2.74	1.36	2.13	1.82	1.82	1.67	2.58	

Fuente: Elaboración propia, (2021). Intensidades de sequía meteorológica para una escala de tiempo de 1 y 3 meses.

Nota (1). Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indicando como los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 34 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

Nota (1). De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, En la figura 34, se muestra los resultados del análisis de caracterización del SPI-1 y SPI-3 para la región 5, donde se observa que existe fluctuaciones en un rango de -4.5 a 3.5 para un periodo de análisis (1964 - 2018).

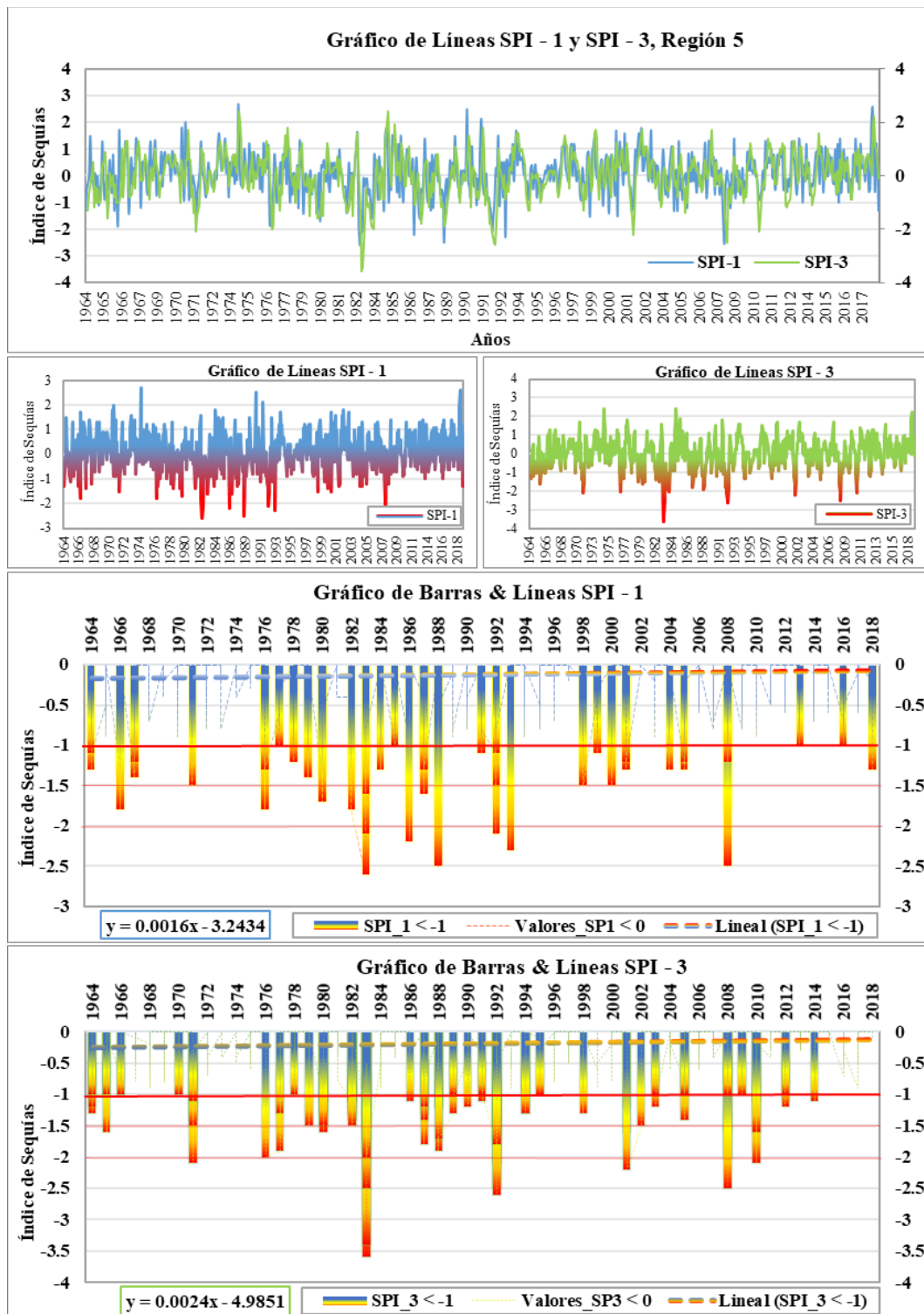


Figura 34. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 5.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).



En la tabla 26 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:

- **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 71% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
- **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 7% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 4% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- En la estación pluviométrica **Ichuña** se presentaron fluctuaciones negativas de 488 valores en sequias normales, habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 23 valores en sequias severamente seco, 16 valores en sequias extremadamente seco y 41 valores en sequías extremadamente secas contemplando valores iguales para las escalas del SPI-1 y SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Lampa** se presentaron fluctuaciones negativas de 501 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 61 valores en sequias



- moderadamente secas, asimismo se encontró 18 valores en sequías severamente secas, 13 valores en sequías extremadamente secas contemplando valores iguales para las escalas del SPI-1 y SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Cabanillas** se presentaron fluctuaciones negativas de 478 valores en sequías normales habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 74 valores en sequías moderadamente secas y 22 valores en sequías severamente secas, asimismo se encontró 12 valores en sequías extremadamente secas contemplando valores iguales para las escalas del SPI-1 y SPI-3.
 - En la estación pluviométrica **Mañazo** se presentaron fluctuaciones negativas de 483 valores en sequías normales, 21 valores en sequías severamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, del mismo modo 46 valores en sequías moderadamente secas y 20 valores en sequías extremadamente secas considerando como preponderante al SPI-3.
 - En la estación pluviométrica **Juliaca** se presentaron fluctuaciones negativas de 476 valores en sequías normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 54 valores en sequías moderadamente secas, 32 valores en sequías severamente secas y 18 valores en sequías extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
 - En la estación pluviométrica **Santa Lucia** se presentaron fluctuaciones negativas de 493 valores en sequías normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 58 valores en sequías moderadamente secas, 25 valores en sequías severamente secas y 19 valores en sequías extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.



- En la estación pluviométrica **Pampahuta** se presentaron fluctuaciones negativas de 471 valores en sequias normales, 52 valores en sequias moderadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 43 valores en sequias severamente secas y 13 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Lagunillas** se presentaron fluctuaciones negativas de 476 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 59 valores en sequias moderadamente secas, 43 valores en sequias severamente secas y 16 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Crucero Alto** se presentaron fluctuaciones negativas de 491 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 65 valores en sequias moderadamente secas y 13 valores en sequias extremadamente secas, asimismo se encontró 25 valores en sequias severamente secas contemplando valores iguales para las escalas del SPI-1 y SPI-3.

Como consecuencia los eventos del SPI-1 y SPI-3 pueden causar problemas a la actividad agrícola y afectar a los cultivos por falta de humedad de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior.

Tabla 26. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 6

Valor del índice	Est. Ichuña			Est. Lampa			Est. Cabanillas			Est. Mañazo			Est. Juliaca			Est. Santa Lucía			Est. Pampahuta			Est. Lagunillas			Est. Crucero Alto			Valores Clasificados para el SPI
	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	SPI_1	SPI_3	SPI_6	
Registro de Valores	660	658	660	660	658	660	660	658	660	660	658	660	660	658	660	660	658	660	660	658	660	660	658	660	660	658	660	658
Ev. -0.99 a 0.99	488	478	501	473	478	478	483	437	483	459	476	476	450	493	448	448	471	449	476	476	451	491	491	491	491	491	491	456
Frecuencia	73.9	72.6	75.9	71.9	72.4	72.4	73.2	66.4	73.2	69.8	72.1	72.1	68.4	74.7	68.1	71.4	68.2	72.1	68.5	74.4	68.5	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4	69.3
Ev. -1.00 a -1.49	41	41	35	61	45	45	37	74	37	46	37	37	54	38	58	52	47	46	59	33	59	33	33	33	33	33	33	65
Frecuencia	6.2	6.2	5.3	9.3	6.8	6.8	11.2	5.6	5.6	7.0	5.6	5.6	8.2	5.8	8.8	7.9	7.1	7.0	9.0	5.0	9.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	9.9
Ev. -1.50 a -1.99	19	23	18	18	14	14	22	21	21	20	28	28	32	19	25	22	43	21	43	25	43	25	25	25	25	25	25	25
Frecuencia	2.9	3.5	2.7	2.7	2.1	2.1	3.3	3.2	3.2	3.0	4.2	4.2	4.9	2.9	3.8	3.3	6.5	3.2	6.5	3.8	6.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ev. < -2	5	16	13	13	12	12	14	12	14	20	11	11	18	14	19	12	13	10	16	5	16	5	5	5	5	5	5	13
Frecuencia	0.8	2.4	2.0	2.0	1.8	1.8	2.1	1.8	2.1	3.0	1.7	1.7	2.7	2.1	2.9	1.8	2.0	1.5	2.4	0.8	2.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2.0

Fuente: Elaboración propia, (2021). Intensidades de sequía meteorológica para una escala de tiempo de 1 y 3 meses.

Nota (1). Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indicando como los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 35 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

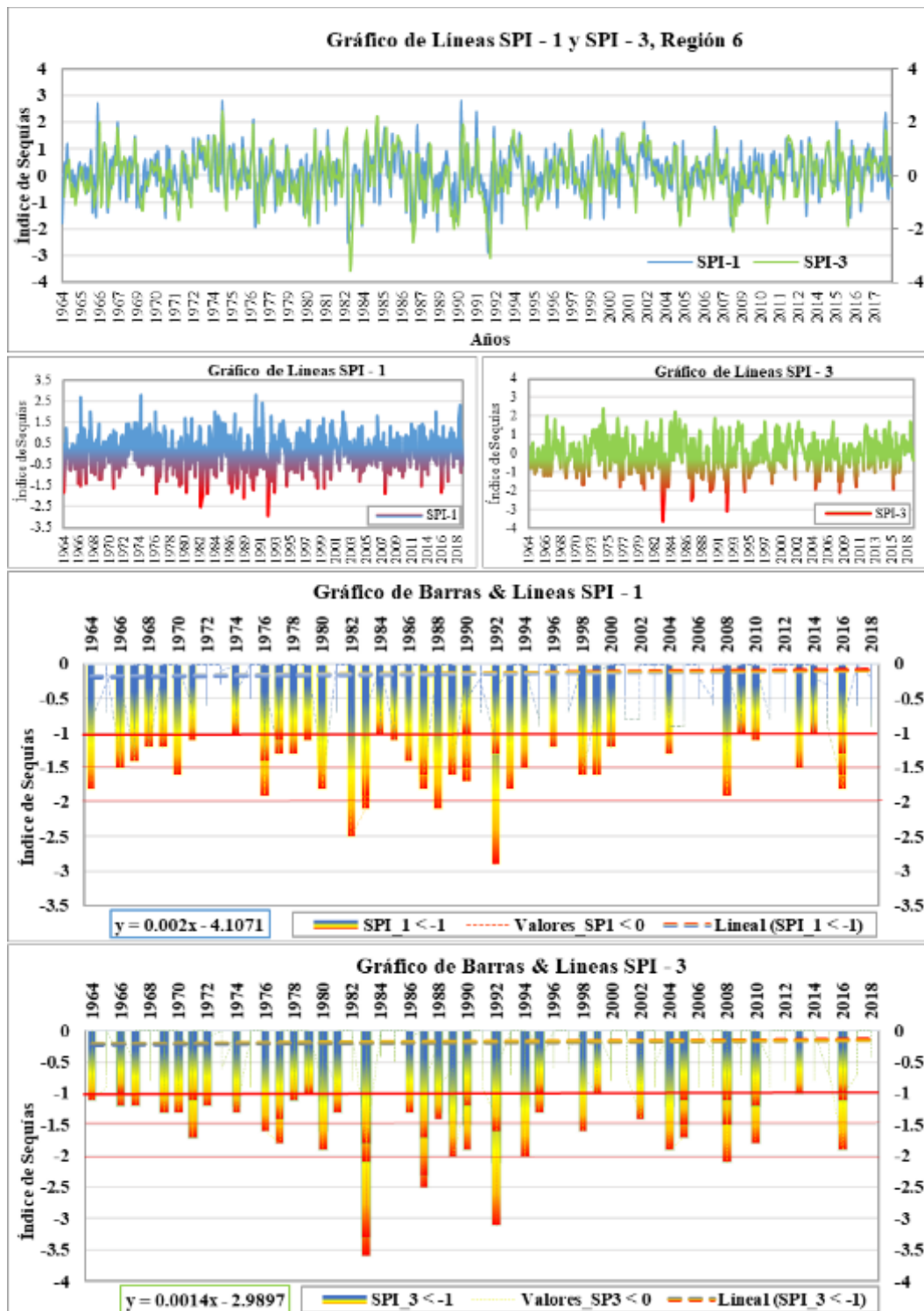


Figura 35. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 6.

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).



En la tabla 27 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:

- **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 73% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
- **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 7% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,

De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, En la figura 36, se muestra los resultados del análisis de caracterización del SPI-1 y SPI-3 para la región 7, donde se observa que existe fluctuaciones en un rango de -3 a 3 para un periodo de análisis (1964 - 2018).

- En la estación pluviométrica **Mazo Cruz** se presentaron fluctuaciones negativas de 493 valores en *sequias normales*, 45 valores en *sequias moderadamente secas* habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 19 valores en *sequias severamente secas* y 18 valores en *sequias extremadamente secas* considerando predominante al SPI-3.



- En la estación pluviométrica **Pizacoma** se presentaron fluctuaciones negativas de 492 valores en *sequias normales* habiendo ser preponderante el SPI-1, mientras que el SPI-3 influyó con 25 valores en *sequias severamente secas*, 17 valores en *sequias extremadamente secas* y 49 valores en *sequias moderadamente secas* contemplando una igualdad para las escalas del SPI-1 y SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Laraqueri** se presentaron fluctuaciones negativas de 487 valores en *sequias normales* habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 69 valores en *sequias moderadamente secas*, 27 valores en *sequias severamente secas* y 14 valores en *sequias extremadamente secas* considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Capazo** se presentaron fluctuaciones negativas de 527 valores en *sequias normales* habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 52 valores en *sequias moderadamente secas*, 12 valores en *sequias severamente secas* y 12 valores en *sequias extremadamente secas* considerando predominante al SPI-3.

Como consecuencia los eventos del SPI-1 y SPI-3 pueden causar problemas a la actividad agrícola y afectar a los cultivos por falta de humedad de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior.

Tabla 27. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3), región 7

Valor del índice	SPI_1		SPI_3		SPI_1		SPI_3		Valores Clasificados para el SPI	
	Est. Mazo Cruz	Est. Pizacoma	Est. Laraqueri	Est. Capazo	Est. Pizacoma	Est. Laraqueri	Est. Capazo	SPI_1	SPI_3	SPI_3
Registro de Valores	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658
Ev. -0.99 a 0.99	493	483	492	461	487	435	527	472	527	472
Frecuencia	74.70	73.40	74.55	70.06	73.79	66.11	79.85	71.73	79.85	71.73
Ev. -1.00 a -1.49	45	33	49	49	44	69	14	52	14	52
Frecuencia	6.82	5.02	7.42	7.45	6.67	10.49	2.12	7.90	2.12	7.90
Ev. -1.50 a -1.99	10	19	8	25	14	27	6	12	6	12
Frecuencia	1.52	2.89	1.21	3.80	2.12	4.10	0.91	1.82	0.91	1.82
Ev. < -2	9	18	6	17	11	14	7	12	7	12
Frecuencia	1.36	2.74	0.91	2.58	1.67	2.13	1.06	1.82	1.06	1.82

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).

Nota (1). Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indicando como los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 36 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

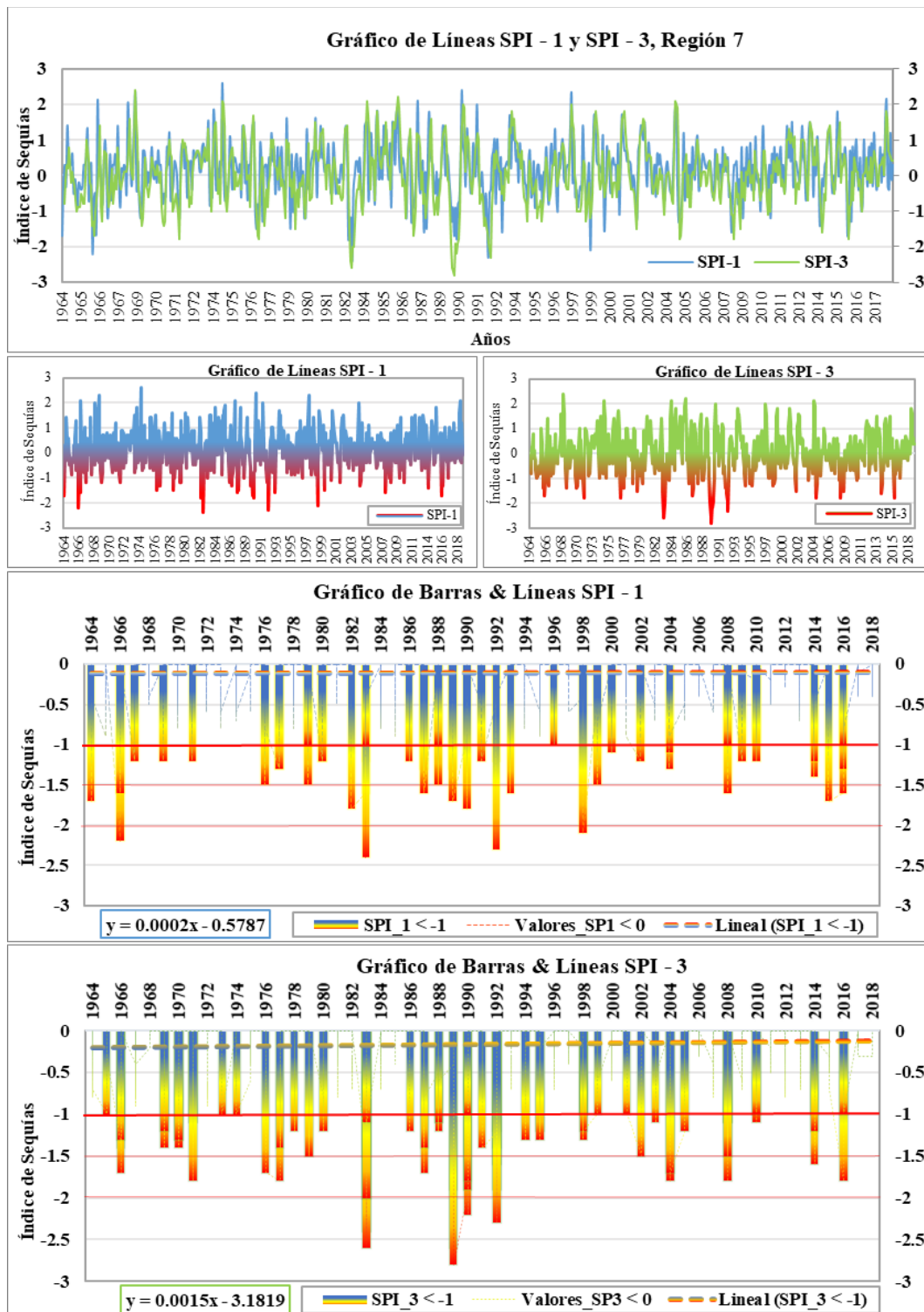


Figura 36. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 7

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).



En la tabla 28 se muestra las fluctuaciones en las series de tiempo y de acuerdo con el método desarrollado por Mckee se deduce lo siguiente:

- **La Sequía Normal** presenta una variación de -0.99 a 0.99 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 70% del tiempo, de un total de 660 valores analizados.
- **La Sequía Moderadamente Seca** presenta una variación en un rango de -1.00 a -1.49 para el SPI-1 y SPI-3 con una frecuencia promedio de 8% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Severamente Seca** presenta un variación -1.50 a -1.99 con una frecuencia promedio de 4% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,
- **La Sequía Extremadamente Seca** se evalúa menores a -2 con una frecuencia promedio de 2% del tiempo, de un total de 660 valores analizados,

De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, En la figura 37, se muestra los resultados del análisis de caracterización del SPI-1 y SPI-3 para la región 8, donde se observa que existe fluctuaciones en un rango de -4.5 a 3.5 para un periodo de análisis (1964 - 2018).

- En la estación pluviométrica **Capachica** se presentaron fluctuaciones negativas de 486 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 52 valores en sequias moderadamente secas, 28 valores en sequias severamente secas y 15 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.



- En la estación pluviométrica **Los Urus** se presentaron fluctuaciones negativas de 465 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 59 valores en sequias moderadamente secas, 30 valores en sequias severamente secas y 14 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Huaraya Moho** se presentaron fluctuaciones negativas de 459 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 46 valores en sequias moderadamente secas, 41 valores en sequias severamente secas y 17 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Ilave** se presentaron fluctuaciones negativas de 480 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 53 valores en sequias moderadamente secas, 21 valores en sequias severamente secas y 17 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Tahuaco Yunguyo** se presentaron fluctuaciones negativas de 466 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 63 valores en sequias moderadamente secas, 26 valores en sequias severamente secas y 16 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Desaguadero** se presentaron fluctuaciones negativas de 480 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 61 valores en sequias moderadamente



secas, 33 valores en sequias severamente secas y 11 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.

- En la estación pluviométrica **Juli** se presentaron fluctuaciones negativas de 450 valores en sequias normales contemplando una igualdad para las escalas del SPI-1 y SPI-3, asimismo se encontró 57 valores en sequias moderadamente secas habiendo ser preponderante el SPI-1 y 27 valores en sequias severamente secas, 17 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.
- En la estación pluviométrica **Puno** se presentaron fluctuaciones negativas de 464 valores en sequias normales habiendo ser preponderante el SPI-1, asimismo se encontró 60 valores en sequias moderadamente secas, 28 valores en sequias severamente secas y 19 valores en sequias extremadamente secas considerando predominante al SPI-3.

Como consecuencia los eventos del SPI-1 y SPI-3 pueden causar problemas a la actividad agrícola y afectar a los cultivos por falta de humedad de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior.

Tabla 28. Características de las sequías (SPI-1 y SPI-3) región 8

Valor del índice	st. Capachica			st. Los Urus			st. Huaraya Moho			st. Ilave			st. Tahuaco Yunguyo			st. Desaguadero			Est. Juli			Est. Puno			Valores clasificados para el SPI
	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	PI_1	PI_3	
Registro de Valores	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660	658	660
Ev. -0.99 a 0.99	486	460	465	451	459	443	480	459	466	451	480	451	480	451	480	451	480	451	480	451	480	451	480	451	480
Frecuencia	73.6	69.9	70.5	68.5	69.5	67.3	72.7	69.8	70.6	68.5	72.7	68.5	72.7	68.5	72.7	68.5	72.7	68.5	72.7	68.5	72.7	68.5	72.7	68.5	72.7
Ev. -1.00 a -1.49	33	52	56	59	49	46	46	53	52	63	48	61	48	61	48	61	48	61	48	61	48	61	48	61	48
Frecuencia	5.0	7.9	8.5	9.0	7.4	7.0	7.0	8.1	7.9	9.6	7.3	9.3	7.3	9.3	7.3	9.3	7.3	9.3	7.3	9.3	7.3	9.3	7.3	9.3	7.3
Ev. -1.50 a -1.99	20	28	22	30	32	41	20	21	18	26	22	33	22	33	22	33	22	33	22	33	22	33	22	33	22
Frecuencia	3.0	4.3	3.3	4.6	4.8	6.2	3.0	3.2	2.7	4.0	3.3	5.0	3.3	5.0	3.3	5.0	3.3	5.0	3.3	5.0	3.3	5.0	3.3	5.0	3.3
Ev. < -2	14	15	11	14	9	17	12	17	11	16	7	11	7	11	7	11	7	11	7	11	7	11	7	11	7
Frecuencia	2.12	2.28	1.67	2.13	1.36	2.58	1.82	2.58	1.67	2.43	1.06	1.67	1.67	2.43	1.06	1.67	1.67	2.43	1.06	1.67	1.67	2.43	1.06	1.67	1.67

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).

Nota (1). Las fluctuaciones evaluadas en el período de tiempo exacto considero a las sequías más extremas menores a -2 indicando como los eventos más fuertes basado en las propiedades de las sequías. Así, la figura 37 muestra los tres eventos de sequías (intensidad, duración y Severidad), para cada una de las estaciones con sus respectivos valores clasificados para el SPI.

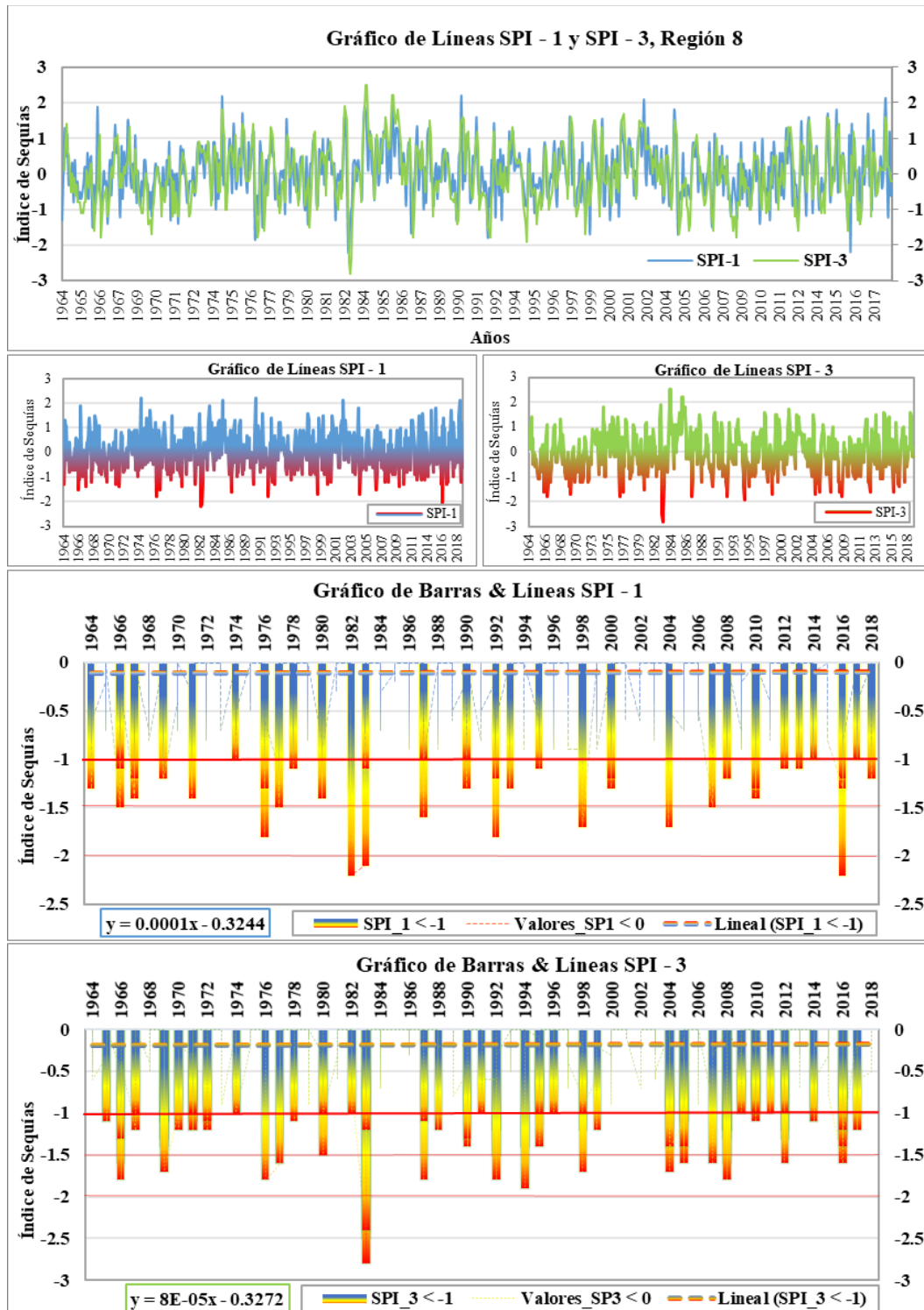


Figura 37. Fluctuación temporal del SPI para 1 y 3 meses, región 8

Fuente: Elaboración propia, (2021). Evolución del Índice de Precipitación Estandarizada (1964-2018).

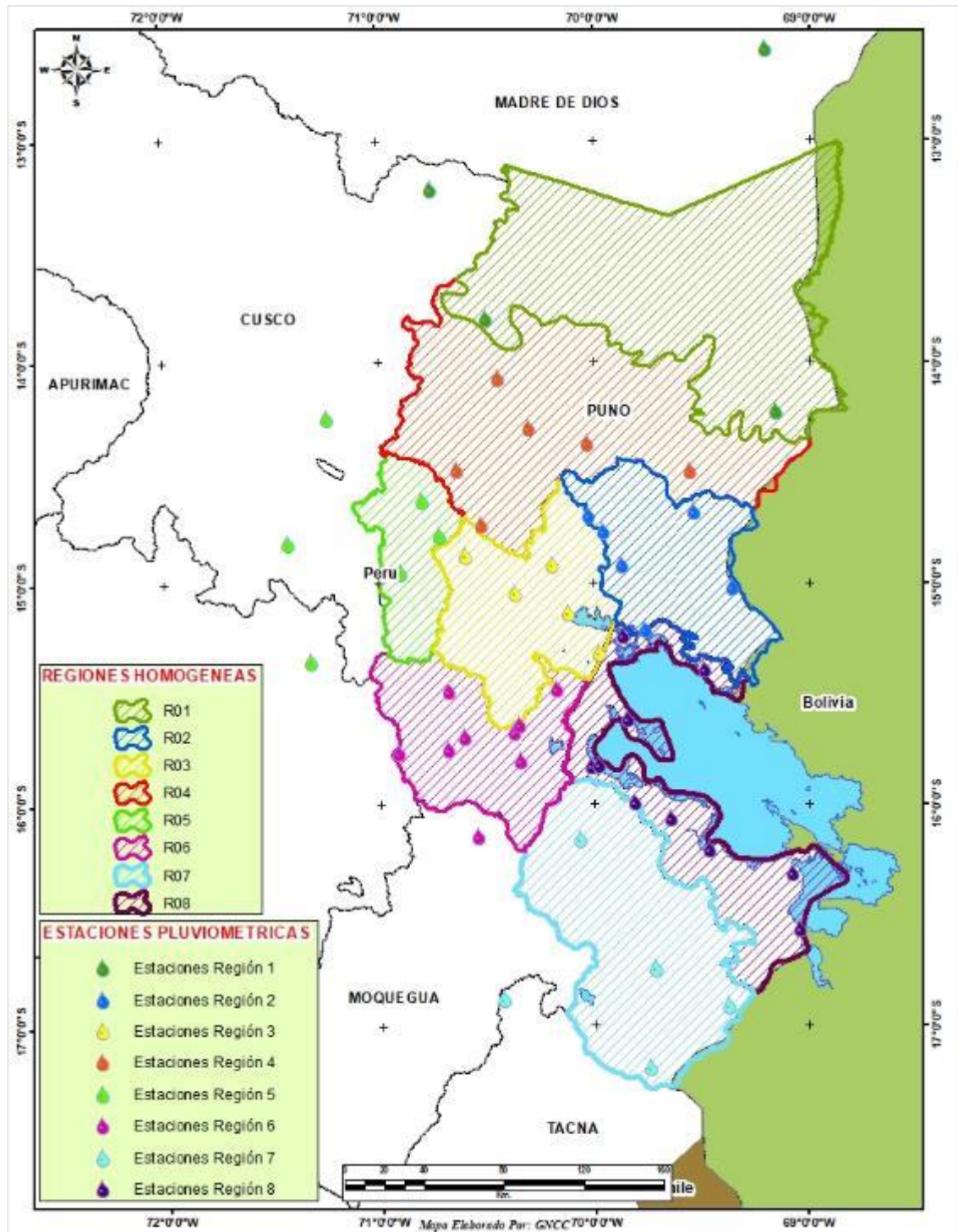


Figura 38. Delimitación de 8 regiones homogéneas

Fuente: Elaboración propia (2021), distribución espacial de estaciones meteorológicas y las regiones definidas según su climatología.

4.1.4 Resultados de la variabilidad espacio-temporal de sequías meteorológicas

Esta caracterización se realizó para la región del Puno, teniendo como producto final del AED. 48 estaciones pluviométricas distribuidas en 8 regiones homogéneas sobre el área de análisis, para el periodo 1964 al 2018. El análisis temporal del Índice de Precipitación Estandarizado en cada región identificada aporta una caracterización general de las sequías.

La figura 39, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas considerados mediante el método Krigin. La región 1 presenta sequías extremas en los años 1988, 1989 y 1990.

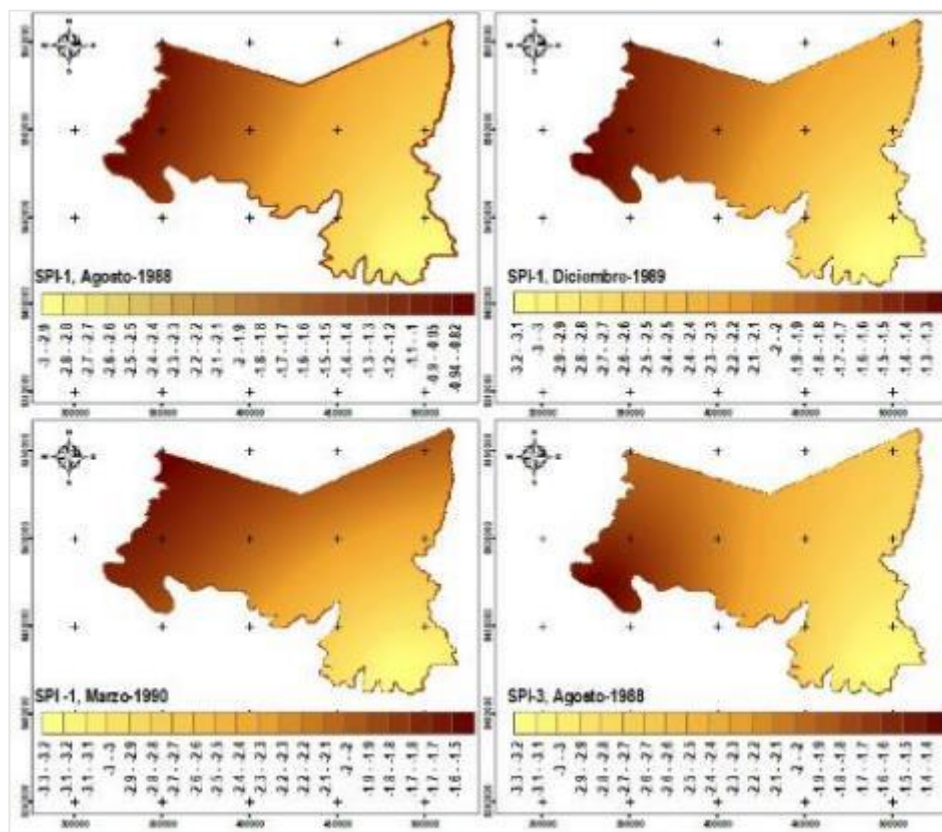


Figura 39. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 1

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

La figura 40, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas considerados mediante el método Krigin. La región 2 presenta sequías extremas en los años 1967, 1976, 1988, 1995, 1998, 2010 y 2016.

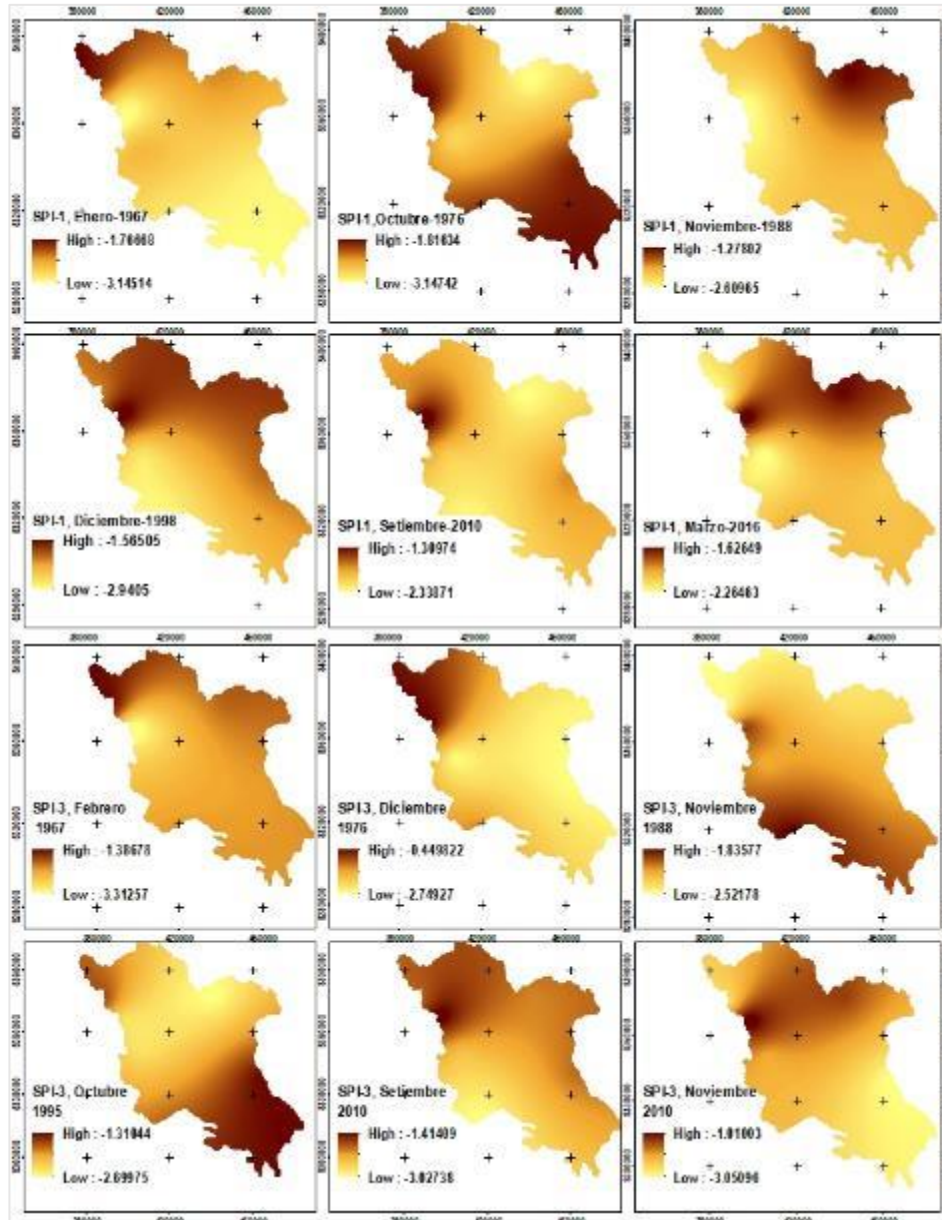


Figura 40. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 2

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

La figura 41, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas consideradas mediante el método Krigin. La región 3 presenta sequías extremas en los años 1969, 1971, 1976, 1983, 1988, 1992, 2008 y 2010.

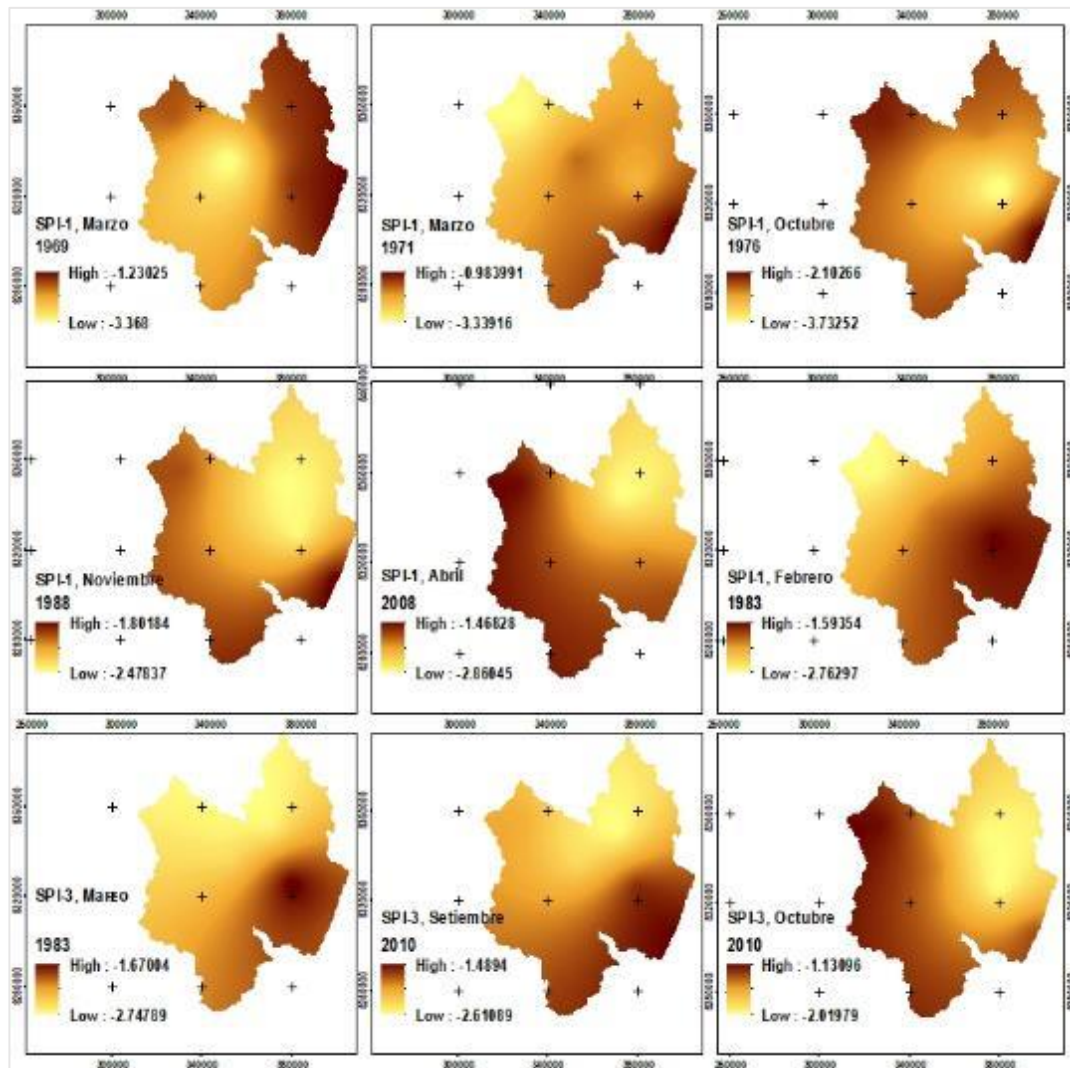


Figura 41. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 3

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

La figura 42, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas considerados mediante el método Krigin. La región 4 presenta sequías extremas en los años 1998, 2005, 2010 y 2016.

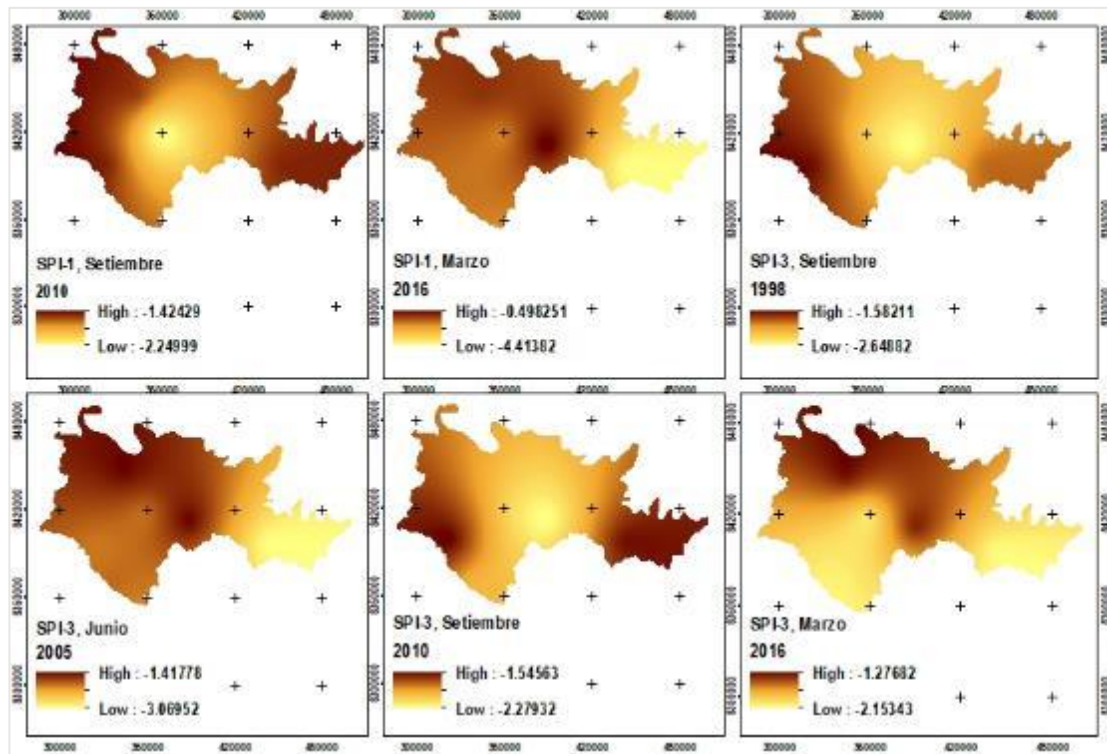


Figura 42. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 4

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

La figura 43, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas considerados mediante el método Krigin. La región 5 presenta sequías extremas en los años 1971, 1976, 1983, 1986, 1988, 1992, 1993, 2008 y 2010.

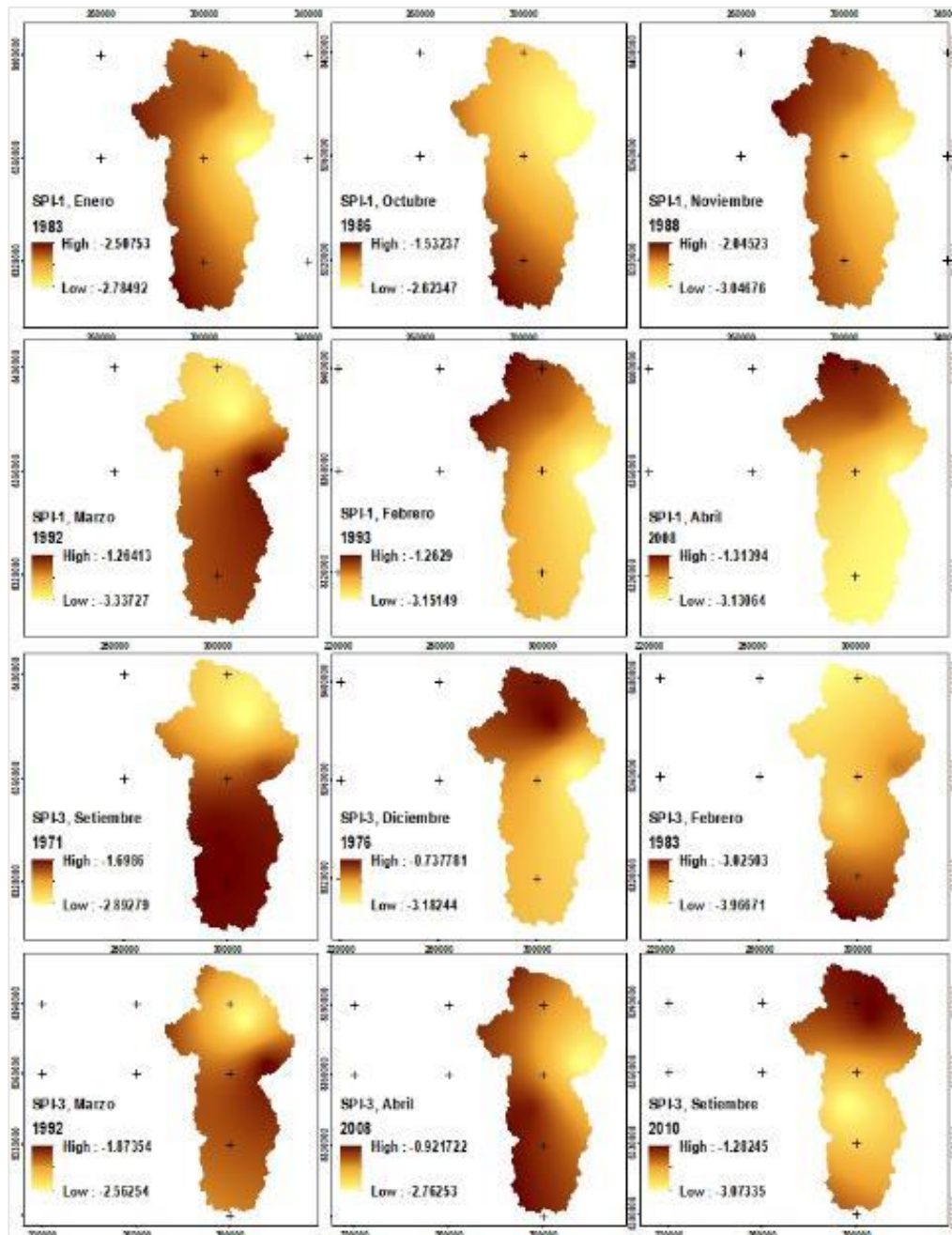


Figura 43. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 5

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

La figura 44, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas considerados mediante el método Krigin. La región 6 presenta sequías extremas en los años 1982, 1983, 1988, 1989, 1992, 1994 y 2008.

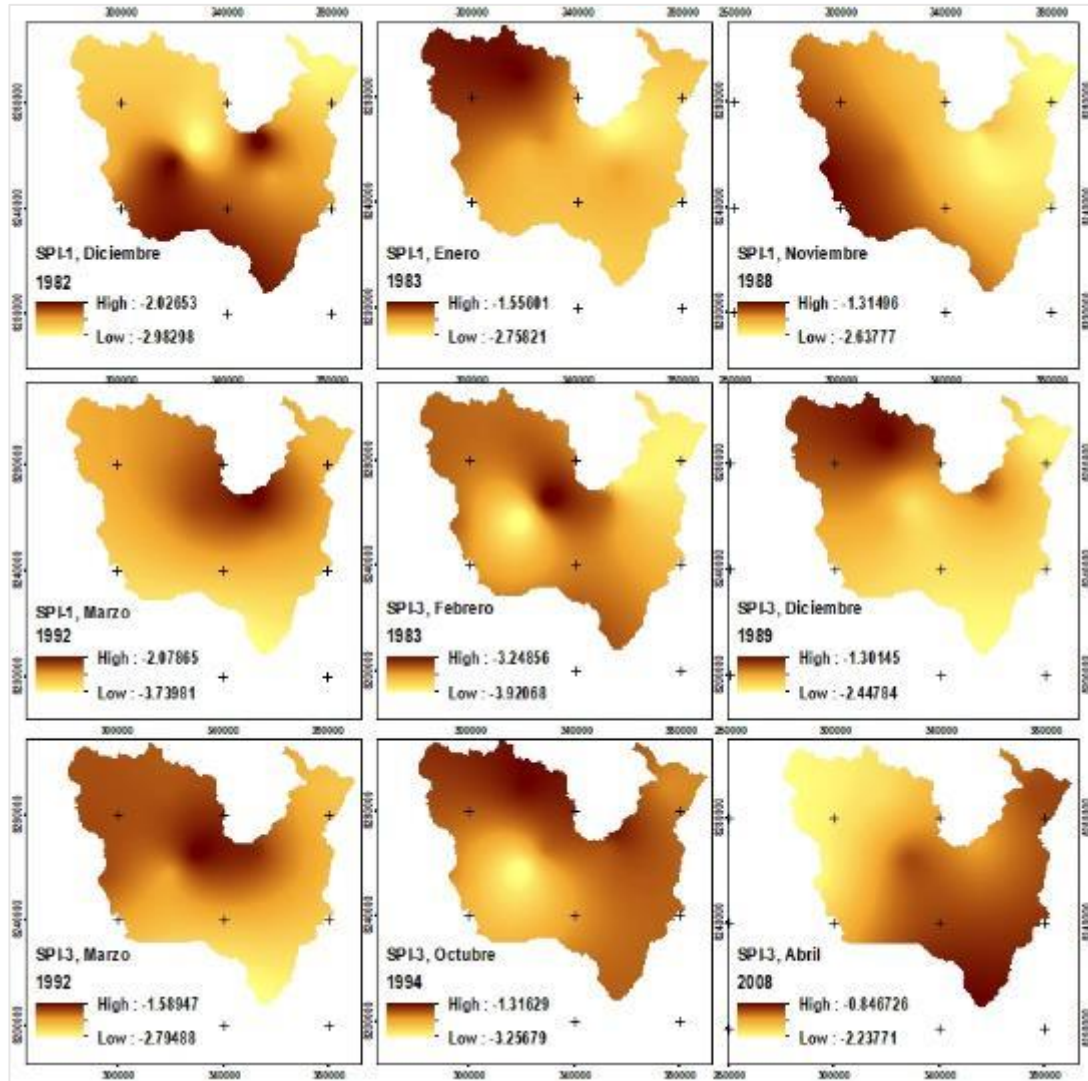


Figura 44. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, Región 6

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

La figura 45, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas considerados mediante el método Krigin. La región 7 presenta sequías extremas en los años 1989, 1990, 1992, 1996 y 1998.

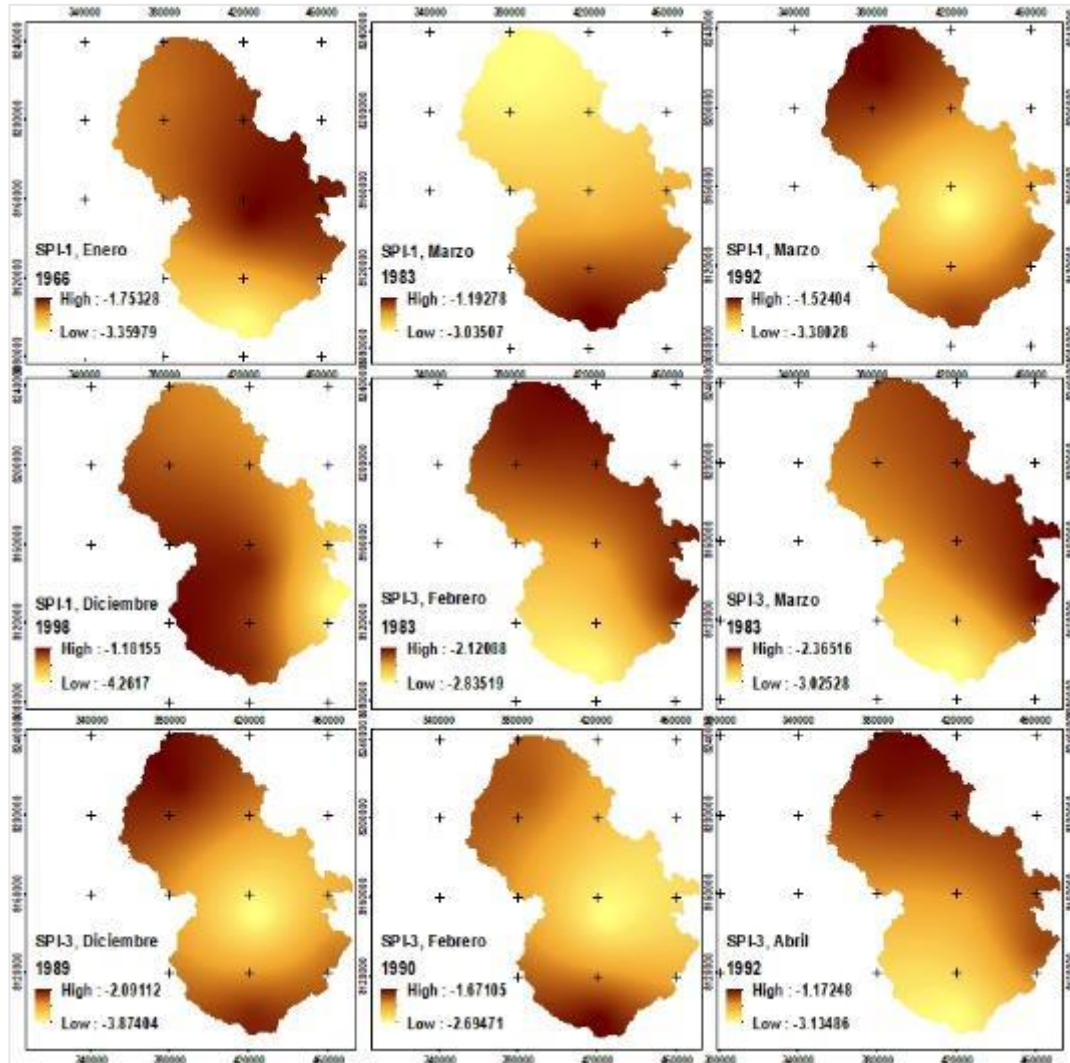


Figura 45. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 7

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

La figura 46, presenta los resultados del proceso de interpolación realizado para las dos escalas considerados mediante el método Krigin. La región 8 presenta sequías extremas en los años 1982, 1983 y 2016.

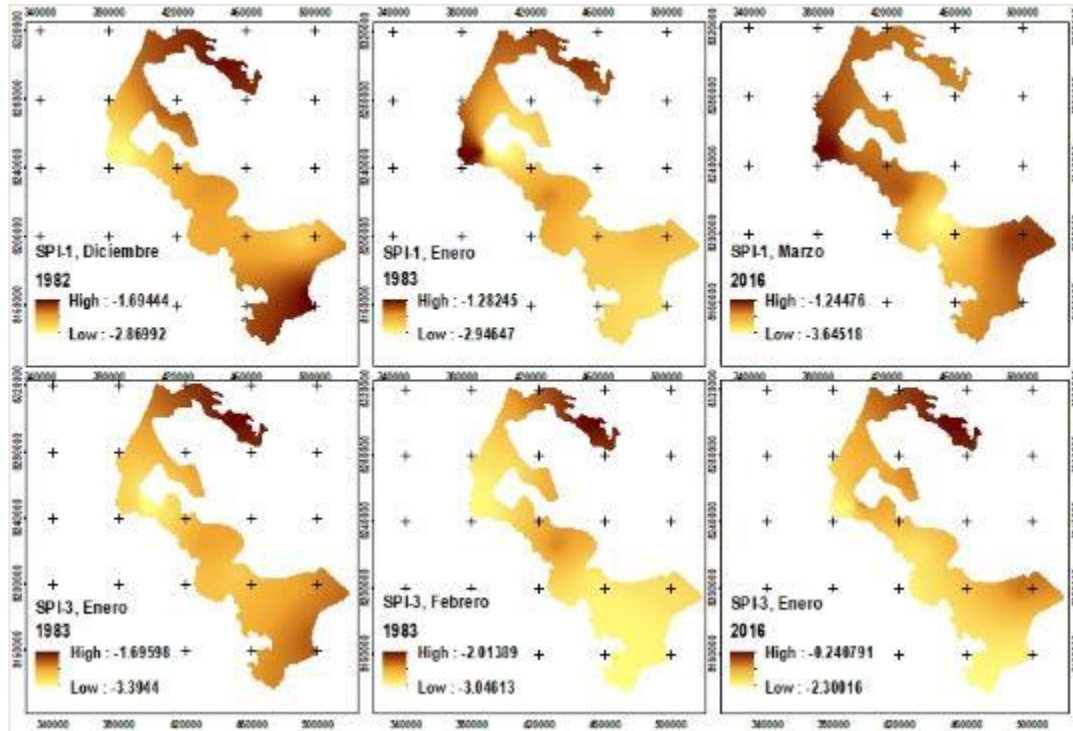


Figura 46. Distribución espacial de los valores SPI-1 y SPI-3, región 8

Fuente: Elaboración propia, (2021). Distribución espacial de los meses con sequía para el SPI a diversas escalas temporales.

4.2 DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos se acepta que el Índice de Precipitación Estandarizado es fundamental para la caracterización espacial de sequías meteorológicas, en esta investigación se presenta la variabilidad espacio-temporal de la fluctuación climatología representada por 8 regiones homogéneas en base al mapa climático, (Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - SENAMHI, 2020). En ese contexto la región 4 presenta una fluctuación energética de la variabilidad espacial en las dos escalas del SPI., las regiones 3 y 8 exhiben una severidad homogénea definida por las sequías



meteorológicas. Asimismo, estos resultados son consistentes con la caracterización y monitoreo de sequías mediante la información pluviométrica PISCO (1981-2016), en los estudios desarrollados en el Perú (SENAMHI, 2019 y la ANA, 2011). En relación a las regiones 2, 5, 6 y 7 evidencian una fuerte variabilidad de la precipitación estacional considerando fluctuaciones en la escala del SPI-3, estos resultados son corroborados por Aramayo, (2019) quién en su investigación llega a concluir que la vertiente del Titicaca evidencia una alta vulnerabilidad del riesgo de sequías, por lo que los resultados del presente estudio nos permiten afirmar que la variabilidad espacial de las sequías en la región 4 presenta una tendencia negativa.

La caracterización espacio-temporal que permite cuantificar la sequía meteorológica mediante el Índice de Precipitación Estandarizado en la región de Puno a las escalas de tiempo (1 y 3 meses), evaluando en 54 años de precipitación mensual en 48 estaciones pluviométricas. La identificación de la fluctuación espacial de la serie SPI, se evidencio que la precipitación media mensual estuvo por debajo de su normal lo que generó sequías extremas en los años de 1982, 1983, 1988, 1989, 1990, 1992, 1996, 1998, 2005, 2008, 2010 y 2016. Asimismo, estos resultados guardan relación con lo que sostiene (Callata, 2015; Pizano, 2016; Quispe, 2012; Aramayo, 2019) quienes señalan que el peligro de sequía fue estimado como el déficit de precipitación, y fue cuantificado por el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) en base a su probabilidad de ocurrencia. Estos autores expresan que el SPI es un método apropiado para determinar las sequias.

Los resultados a corto plazo del SPI-1, muestran una predominancia mayor en el registro de eventos de sequías meteorológicas en la región 1, considerándose a la zona norte de las provincias de Carabaya y Sandía con características climáticas determinadas por los pisos altitudinales en el que se encuentran con un clima variado: cálido y con abundante lluvia en la zona tropical (selva -San Gabán, Candamo), templado en la



subtropical (ceja de selva -Ollachea). Los resultados de este hallazgo han sido reportados por primera vez en la evaluación de las estaciones pluviométricas observadas y demuestra la compleja variabilidad espacial de la precipitación en la vertiente amazónica del Perú, como es explicado en Espinoza et al. (2015), quién reporta dos “hotspots” en el sur de los Andes Tropicales aun escasamente conocidos debido a la poca disponibilidad de pluviómetros en la vertiente amazónica del Perú.

En relación a los resultados de eventos del SPI-3, muestran mayor incidencia en su duración para las regiones 2, 5, 6 y 7 opuesto a los menores registros de eventos en sequías del SPI-1. Asimismo, las regiones 3 y 8 evidencian una incidencia en relación a la severidad para las dos escalas del SPI afectando en las condiciones húmedas del suelo y la variabilidad estacional de la precipitación y la región 4 presenta una vulnerabilidad alta presentando tendencias negativas en consecuencia la intensidad y duración son las fluctuaciones que afectan esta región. Estos resultados guardan relación con la validación de indicadores de sequía utilizando sensoramiento remoto en el departamento de Puno, SENAMHI, (2015).

En ese contexto los resultados de la caracterización espacio-temporal de las sequías meteorológicas en la región de Puno dan espacio a nuevas líneas de investigación. Asimismo, desarrollar planes de gestión de riesgos en el cual se evalúa el peligro de la sequía, considerando a la sequía como uno de los principales escenarios de riesgo de la región Puno debido a la sequía del año 1982 y 1983 que causó altas pérdidas económicas, según el sistema regional de defensa civil (2016) evidenciaron de estos eventos extremos.



V. CONCLUSIONES

En esta tesis se determinó el análisis espacio-temporal de las sequías meteorológicas, utilizando el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), en el periodo de (1964 – 2018) en la región de Puno, que permitirán monitorear e implementar medidas de planificación frente a la fluctuación de las sequías.

Mediante el método del vector regional se analizó la calidad y homogenización de la información histórica de las estaciones pluviométricas identificando 8 regiones homogéneas de precipitación a escala interanual a través de los métodos estadísticos se obtuvo una correlación mayor a 0.7, mostrando un patrón de climatología homogénea para cada región, en 48 estaciones pluviométricas con una cobertura espacial y temporal apropiadamente amplia para el periodo de (1964-2018).

El índice de precipitación estandarizado (SPI), determinó el comportamiento de las sequías meteorológicas, en base a las fluctuaciones considerada como características de periodos secos y húmedos para las escalas de tiempo de 1 y 3 meses. El punto fundamental de esta metodología fue caracterizar la sequía meteorológica en su intensidad, duración y severidad en un periodo de 54 años (1964 – 2018) considerándose óptimas para la ejecución del índice de precipitación estandarizado (SPI).

En base a las ocho (08) regiones homogéneas se concluye que la variabilidad espacio-temporal del SPI-1 es predominante en la región 1, afectando a la parte norte de las provincias Carabaya y Sandía, estas fluctuaciones de sequías no presentan tendencias significativas. Así mismo la escala temporal del SPI-3 evidencio como condiciones extremadamente secas en las regiones: 2, 5, 6 y 7, influyendo como un incremento en la duración afectando a las condiciones húmedas a corto y mediano plazo sobre la



estimación de la precipitación estacional. De la misma forma para las regiones 3 y 8 mostraron mayores impactos en la severidad de las sequías meteorológicas, en los años 1976, 1982, 1983, 1988, 1992, 1998, 2008, 2010 y 2016 contemplando una equivalencia en las escalas temporales del SPI-1 y SPI-3. Finalmente, la región 4 es la más vulnerable con la presencia de tendencias significativas en las sequías presentando intensidades y un incremento en su duración. Estas regiones afectando a las provincias de Melgar, Azángaro, San Antonio de Putina, Huancané, Moho, Lampa, San Román, Puno, El Collao, Yunguyo y Chucuito. Caracterizando la variabilidad espacio-temporal de sequias meteorológicas a través de las herramientas de geomática.



VI. RECOMENDACIONES

Esta investigación es una herramienta muy útil para los tomadores de decisión y planificadores, que les permita administrar el normal abastecimiento del recurso hídrico para las diferentes actividades productivas, y desarrollar la capacidad institucional en temas de prevención mediante un sistema de alerta temprana ante eventos de sequía Meteorológica.

Para estudios futuros en temas de sequías, se recomienda hacer cruces de información de otros índices de sequía (SPEI, PHDI, RDI, etc.), así mismo realizar un análisis con otras variables hidroclimáticas y un análisis de tendencia del balance hídrico las infraestructuras hidráulicas de regulación (embalses) a fin de tener una idea clara de los impactos que ha ocasionado los eventos de sequía meteorológica.

En razón a las consecuencias de la variabilidad climática, existe la necesidad de capacitar a los gobiernos regionales, locales y a la población más vulnerable en la evaluación y determinación de la fluctuación de las sequías para cada zona apropiada de la región de Puno, a fin de prever daños irreversibles y ayudar a la toma de decisiones y la caracterización espacio-temporal de sequías.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, J., (2017). Períodos secos y húmedos en cuencas binacionales de Perú - Ecuador. *SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)*, 65.
<http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/hidro2017-0100.pdf>
- Aliaga, S., (1985). Hidrología Estadística. 1 ed. Lima, Perú. 228 p.
- Al-Qinna, M. I., Hammouri, N. A., Obeidat, M. M., & Ahmad, F. Y. (2011). Drought analysis in Jordan under current and future climates. *Climatic Change*, 106(3), 421-440. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9954-y>
- ANA., (2010). Las condiciones de sequía y estrategias de gestión en el Perú. Informe Nacional del Perú. Lima, Perú. *Autoridad Nacional del Agua*.
http://www.droughtmanagement.info/literature/UNWDPC_NDMP_Country_Report_Peru_2013.pdf
- Aparicio, F., (1987). Fundamentos de Hidrología de superficie. México: LIMUSA Noriega Editores. 303 p.
- Aramayo, W. L., (2019). *Distribución Espacial del Riesgo de Sequía en la Región Andina de Puno, Perú* [Universidad Nacional Agraria la Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3815>
- Ayllón, T., (2009). Elementos de Meteorología y Climatología. México: *TRILLAS, S.S.*
- Belizario, G. (2014). *Impactos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/256>
- Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev. Investig. Altoandin.*, 17(1), 47-52.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>



- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013a). Efectos del cambio climático en la temperatura y precipitación - Capachica, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 15(4), 15–24.
- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013b). Influencia del cambio climático en los elementos climáticos de la cuenca del río Coata-Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 15(1), 35–54.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5607224>
- Beguiría, S., Vicente-Serrano, S.M., (2017). SPEI Calculation of the Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index.
- Bras, R.L., (1990). Hydrology: an introduction to hydrologic science, *Addison-Wesley series in civil engineering*. Addison-Wesley.
- Brunet-Moret, Y., (1979). Homogénéisation des précipitations. *Orstom*, XVI, 147-170.
- Callata, W.C., (2015). Evaluación de las sequias a través del método Índice de Precipitación Estandarizada en la provincia de Azángaro. *Universidad Nacional del Altiplano*.
- Campos-Aranda, D. F., (2015). Contraste de los índices DPP, SPI y RDI para clasificación de sequías, en la estación climatológica Zacatecas, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(1), 183-193.
- Carcasi, J. R., (2015). Efecto de las Sequias Meteorológicas en la Producción de los Cultivos Papa y Quinoa en la Provincia de Huancané. *Universidad Nacional del Altiplano*.
- Castillo-Castillo, M., Ibáñez-Castillo, L. A., Valdés, J. B., Arteaga-Ramírez, R., & Vázquez-Peña, M. A., (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 08(1), 35-52.
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-03>



- Cerón, W. L., Escobar, Y. C., & Baquero Montoya, O. L., (2015). Índice estandarizado de precipitación (SPI) para la caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca del río Dagua-Colombia. *Estudios Geográficos*, 76(279), 557-578. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201520>
- Chereque, W., (1989). Hidrología para estudiantes, *de ingeniería civil*. Lima
- Curi, S., (2014). Caracterización de las sequías hidrológicas en las principales cuencas de la vertiente del Océano Pacífico.
- Curi-Tapahuasco, S., (2017). Caracterización de las sequías hidrológicas en la vertiente peruana del océano pacífico. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Espinoza, J., (2009). Impact de la variabilité climatique sur l'hydrologie du bassin amazonien. *Tesis de doctorado. Université Paris 6- Pierre et Marie Curie –Paris VI*, 203.
- Espinoza, J.C., (2005). Manual escrito con motivo del curso taller: Utilización del método del Vector Regional con Hydracces., (pág. 9).
- Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Junquas, C., Vauchel, P., Lavado, W., Drapeau, G., Pombosa, R., (2011). Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): *Understanding the exceptional 2010 drought. Geophys. Res. Lett.* 38, 1–13. doi:10.1029/2011GL047862
- Gálvez, P., (2017). Caracterización de las sequías históricas y proyectadas bajo escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro. 106.
- Ge, Y., Apurv, T., Cai, X., (2016). Spatial and Temporal Patterns of Drought in the Continental U.S. during the Past Century. *Geophys. Res. Lett.* doi:10.1002/2016GL069660
- GISGeography, (2018). Choropleth Maps, *A Guide to Data Classification*. Disponible en <https://gisgeography.com/choropleth-maps-data-classification/>



- Guttman, N.B., (1999). Accepting the Standardized Precipitation Index: a Calculation Algorithm1. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.* 35, 311–322. doi:10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x
- Hao, Z., & AghaKouchak, A., (2013). Multivariate Standardized Drought Index: A parametric multi-index model. *Advances in Water Resources*, 57, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2013.03.009>
- Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., Widhalm, M., (2011). The lincoln declaration on drought indices: *Universal meteorological drought index recommended. Bull. Am. Meteorol. Soc.* 92, 485–488. doi:10.1175/2010BAMS3103.1
- Ibáñez, L. A. C., Castillo, M. C., Valdés, J. B., Arteaga, R. R., & Vázquez, M. A. P., (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VIII (1), 35-52. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-03>
- INEI., (2013). PUNO Perfil Agropecuario. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. *Lima, Perú. Punto & Grafía S.A.C.*
- ISDR., (2005). Drought Living With Risk: An Integrated Approach to Reducing Societal Vulnerability to Drought. *International Strategy for Disaster Reduction.* :10.
- IPCC, (2007, 2013). Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC (*Climate Change 2007*), Cambridge University Press Cambridge United Kingdom and New York NY USA.
- IPCC., (2019). Las decisiones que adoptemos ahora son fundamentales para el futuro de los océanos y la criosfera. *Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*, 7. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>



- Kalisa, W., Zhang, J., Igbawua, T., Ujoh, F., Ebohon, O. J., Namugize, J. N., & Yao, F., (2020). Spatio-temporal analysis of drought and return periods over the East African region using Standardized Precipitation Index from 1920 to 2016. *Agricultural Water Management*, 237, 106195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106195>
- Karl, T., (1986). The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their calibration coefficients including Potential Evapotranspiration. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. Vol. 25. N° 1, pp. 77-86.
- Keller, E; Blodgett, R., (2012). Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes. 1 ed. *PEARSON EDUCACIÓN, S.A.* 422 p.
- Kendall, M.G., (1975). Rank Correlation Methods.
- Kundzewicz y Robson, (2000). Detecting trend and other changes in hydrological data, *WCDMP-45. WMO - TD N° 1013. Geneva.*
- La Cruz, F. J., (2015). Análisis de las Sequías Meteorológicas en Venezuela Utilizando el Método L-Momentos [Universidad de Carabobo]. *En Universidad de Carabobo*. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/2588/flacruz.pdf?sequence=1>
- Lavado, W; Espinoza, J., (2014). Impactos de el Niño y la Niña en las lluvias del Perú (1965- 2007) *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y Universidad Nacional Agraria La Molina, Instituto Geofísico del Perú y Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Revista Brasileira de Meteorología* 29(2):171-182. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>.
- Lavado Casimiro, W.S., Ronchail, J., Labat, D., Espinoza, J.C., Guyot, J.L., (2012). Basinscale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969–2004): *Pacific, Titicaca*



and Amazonas drainages. Hydrol. Sci. J. 57, 625–642.

doi:10.1080/02626667.2012.672985

Leng, G., Tang, Q., Rayburg, S., (2015). Climate change impacts on meteorological, agricultural and hydrological droughts in China. *Glob. Planet. Change* 126, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.01.003>

León-Altuna, K.B., (2014). Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos El Niño (1982-83 y 1997-98) en la costa norte peruana. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.

Lloyd-Hughes, B., Saunders, M.A., (2002). A drought climatology for Europe. *Int. J. Climatol.* 22, 1571–1592. doi:10.1002/joc.846

López, P; Seoane, R; Fornero, L; Rodríguez, J; Nuñez, M., (2015). Análisis de Tendencia en Series Auto correlacionadas. *ResearchGate*. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/266592331>

Lorenzo, J., (2012). Las sequías hidrológicas en la Península Ibérica: Análisis y caracterización espacio temporal, influencias climáticas y el efecto de la gestión hidrológica en un contexto de cambio global. *Tesis Ph.D. Zaragoza, España*.

Mckee T., Doeksen N. y Kleist J., (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints 8th Conference on Applied Climatology, *Anaheim (California, EE.UU.), pp. 179-184*.

Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *AMS 8th Conf. Appl. Climatol.* 179–184. doi: citeulikearticle-id:10490403

Mackee., (1997). Índice normalizado de precipitación. Guía del usuario. *revista Climatologica*, 97-2.



- Mendoza, V., (2012). Información climatológica y meteorológica para pronosticar y poder mitigar los efectos de una sequía. *s.l., s.e. Disponible en* http://www.inegi.org.mx/eventos/2012/Sequías_Inundaciones/doc/P2_Efectos_Sequía_2012VictorMendoza.pdf.
- Mirakbari, M., A. Ganji, and R. Fallah., (2010). Regional bivariate frequency analysis of meteorological droughts. *J. Hydrol. Eng. 15(12): 985-1000.* <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061>
- Miró, J; Estrela, M; Pastor, F; Millán, M., (2010). Análisis comparativo de tendencias en la precipitación, por distintos INPUTS, entre los dominios hidrológicos *e la Segura y del Júcar (1958-2008)*. *49(2009):129-157.* Disponible en <http://www.google.com/url?url=http://www.cervantesvirtual.com/descargaPdf/analisis-comparativo-de-tendencias-en-la-precipitacion-por-distintos-inputs-entre-losdominios-hidrologicos-del-segura-y-del-jucar-1958>
- Mishra, A. K., & Singh, V. P., (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology, 391(1-2), 202-216.* <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- Monsalve, G., (1999). Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2 ed. México. *ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V. 364 p.*
- Morales, J., (2005). El efecto de la longitud de registro en el cálculo del Índice de Precipitación Estándar. MSc. *Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. Federal, México.*
- Mouatadid, S., Raj, N., Deo, R. C., & Adamowski, J. F., (2018). Input selection and data-driven model performance optimization to predict the Standardized Precipitation and Evaporation Index in a drought-prone region. *Atmospheric Research, 212,* 130-149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.05.012>



- Muñoz, C., (2008). Análisis de la variabilidad en series hidrometeorológicas en una cuenca de cabecera del río segura: cuenca del río mundo. :1-146. *Disponible en* <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/738/pfc2752.pdf?sequence=1>.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM], (2006). Vigilancia y alerta temprana de la sequía, Información meteorológica y climática para el desarrollo agrícola sostenible.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]., (2016). Manual de indicadores e índices de sequía (M. Svoboda y B.A. Fuchs). En Programa de gestión integrada de sequías, Serie 2 de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM], (2012). SPI user guide. *Geneva*. doi:10.1175/2007JCLI1348.1
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]., (2011). Guía de prácticas hidrológicas: Hidrología de la medición a la información hidrológica. *Ginebra, Suiza. 1 (168) ed. 6*.
- Organización Mundial de la Meteorología [OMM]., (2020). statement on the status of the global climate in 2019. En *World Meteorological Organization (Número 1248)*. http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/WMO_1108_EN_web_000.pdf
- Pathak, A. A., Channaveerappa, & Dodamani, B. M., (2016). Comparison of two hydrological drought indices. *Perspectives in Science, 8, 626-628*. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.06.039>
- Pizano, R., (2016). Determinación de Frecuencias de Sequía en la Provincia de Puno con Fines de Planeamiento del uso de Recursos Hídricos. 125.
- Podestá, G., Skansi, M., Herrera, N., & Veiga, H., (2016). 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, 1, 21.*
http://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf
- Rau, P., Bourrel, L., Labat, D., Melo, P., Dewitte, B., Frappart, F., Lavado, W., Felipe, O., (2017). Regionalization of rainfall over the Peruvian Pacific slope and coast. *Int. J. Climatol. 37, 143–158.* doi:10.1002/joc.4693
- Rashid, M. M., & Beecham, S., (2019). Development of a non-stationary Standardized Precipitation Index and its application to a South Australian climate. *Science of The Total Environment, 657, 882-892.*
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.052>
- Ríos, G., (2008). Series de Tiempo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas: 52. *Disponible en*
[https://www.ucursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/objeto/296003.](https://www.ucursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/objeto/296003)
- Saada, N., & Abu-Romman, A., (2017). Multi-site Modeling and Simulation of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Jordan. *Journal of Hydrology: Regional Studies, 14(October), 83-91.* <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.11.002>
- Senamhi., (2009). Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030. – Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Resumen técnico. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)*, Lima, 26 pp.
- Senamhi., (2013). Caracterización de Períodos Secos y Húmedos Cuenca del Río Rímac. *Disponible en*
<http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/SENAMHI/Caracterizacion%20periodos%20secos%20y%20humedos,%20Cuenca%20Rio%20Rimac.pdf>



- Senamhi., (2015). Validación de Indicadores de Sequía Utilizando Sensoramiento Remoto en el Departamento de Puno.
- Senamhi., (2019). Caracterización Espacio Temporal de la Sequía en los Departamentos Altoandinos del Peru (1981-2018). *Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología*. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Shah, R., Bharadiya, N., & Manekar, V., (2015). Drought Index Computation Using Standardized Precipitation Index (SPI) Method For Surat District, Gujarat. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 1243-1249. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.162>
- Sosa, J. D., (2016). Análisis de la sequía hidrológica en el Perú.
- Tannehill, I., (1947). Drought: Its Causes and Effects, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vauchel, P., 2004. Derniers développements du logiciel Hydraccess, Institut de recherche pour le développement 1: 247-251 p.
- Vicente-Serrano, S.M., Aguilar, E., Martínez, R., Martín-Hernández, N., Azorin-Molina, C., Sanchez-Lorenzo, A., El Kenawy, A., Tomás-Burguera, M., Moran-Tejeda, E., López-Moreno, J.I., Revuelto, J., Beguería, S., Nieto, J.J., Drumond, A., Gimeno, L., Nieto, R., (2016). *The complex influence of ENSO on droughts in Ecuador. Clim. Dyn.* 1–23. doi:10.1007/s00382-016-3082-y
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *J. Clim.* 23, 1696–1718. doi:10.1175/2009JCLI2909.1
- Vicente-Serrano, S.M., López-Moreno, J.I., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., AzorinMolina, C., Morán-Tejeda, E., (2012). Accurate Computation of a



- Streamflow Drought Index. *J. Hydrol. Eng.* 17, 318–332.
doi:10.1061/(ASCE)HE.19435584.0000433
- Villón, M., (2011). Hidrología. 3 ed. Lima, Perú. *Editorial Villón*. 436 p.
- Wells, N; Goddard, S; Hayes, MJ., (2004). A self-calibrating Palmer Drought Severity Index. *Journal of Climate*. DOI: [https://doi.org/10.1175/15200442\(2004\)017<2335: ASPDSI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/15200442(2004)017<2335: ASPDSI>2.0.CO;2).
- Wilhite, D.A., Glantz, M.H., (1985). Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water Int.* 10, 111–120. doi:10.1080/02508068508686328
- Wilhite, DA., (2000). Chapter I Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. *Drought: A Global Assessment:3-18*. DOI: <https://doi.org/10.1177/0956247807076912>.
- Wilhite, DA., (2000). Drought Preparedness and Response in the Context of Sub-Saharan Africa. *Journal of Contingencies and Crisis Management* 8(2):81-92. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-5973.00127>.
- Wilhite D. y Buchanan-Smith M., (2005). Drought as hazard: understanding the natural and social context. In: Wilhite D. Editor: *Drought and Water Crises Science, Technology, and Management Issues*. 120 p.
- Wilhite, D. A. (2017). National drought management policy guidelines: A template for action. En *Drought and Water Crises: Integrating Science, Management, and Policy, Second Edition (Número 1164)*. <https://doi.org/10.1201/b22009>
- Wilhite, D.A., (1992). *Preparing for Drought: A Guidebook for Developing Countries*. United Nations Environment Program, *Nairobi, Kenya*.
- Winston, C., & Zemya, N. (2016). WMO provisional Statement on the Status of the *Global Climate in 2016 (Vol. 1961, Número September)*.



World Meteorological Organization, (2020). Weather, Climate, Water-the first 70 year of
WMO. Volumen 69 (1)-2020.

World Meteorological Organization, & Atmosphere Watch Global, (2017). The State of
Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through
2016. *World Meteorological Organization Bulletin, 13, 1-4.* [https://doi.org/ISSN
2078-0796](https://doi.org/ISSN2078-0796)

ANEXOS

Anexo A: Resumen de la precipitación total mensual para el área de estudio.

Estación	Altitud (msnm)	Registro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
San Gaban	635	1965 - 2018	903.4	864.3	733.3	476.1	323.8	310.0	360.5	316.7	323.2	482.5	542.0	816.6	6336.8
Puerto Maldonado	200	1998 - 2018	330.9	347.8	270.2	173.4	119.5	73.4	51.3	63.9	84.7	166.5	231.0	320.8	2063.5
Quincemil	651	1964 - 2018	922.9	784.5	721.4	494.7	351.0	383.4	408.1	289.7	313.0	553.9	570.6	842.1	6029.3
Ollachea	2850	1963 - 2018	235.2	206.3	175.9	76.0	25.0	15.3	18.5	37.1	51.4	99.5	106.1	173.4	1145.0
Macusani	4345	1963 - 2018	134.4	146.1	110.3	43.7	12.0	4.3	5.3	13.0	23.0	49.2	61.3	121.8	678.2
Antauta	4400	1964 - 1976	92.8	109.8	106.8	54.7	27.4	12.1	16.8	28.7	55.1	61.4	86.2	103.5	692.8
Sicucani	3574	1964 - 2018	129.2	123.4	113.3	50.5	9.4	2.6	4.6	7.9	18.8	46.5	66.4	99.0	631.4
Crucero	4183	1964 - 2018	149.6	131.0	112.9	51.7	13.7	6.8	5.2	12.7	33.7	54.2	77.9	119.5	757.9
Ñuñoa	4135	1965 - 2018	136.6	110.1	90.7	45.3	8.5	3.7	3.2	7.8	24.4	46.3	59.4	102.5	634.9
Santa Rosa	3986	1964 - 2017	185.2	151.5	148.0	56.4	10.0	3.8	4.0	11.9	29.9	63.2	87.3	146.8	814.7
Cuyo Cuyo	3414	1964 - 2018	140.0	124.8	111.4	59.3	28.9	17.1	18.2	28.9	41.8	62.3	63.2	111.8	800.5
Ananea	4660	1964 - 2018	122.7	104.2	91.3	44.5	14.4	7.5	6.7	14.4	26.2	46.6	59.3	93.9	615.5
Yauri	3927	1964 - 2018	179.4	174.4	123.4	57.1	8.4	4.2	3.7	10.6	18.8	40.8	51.7	120.8	725.9
Chuquibambilla	3971	1971 - 2018	159.3	122.4	126.0	55.7	7.6	4.9	2.4	8.5	19.4	50.1	69.0	114.9	721.9
Orurillo	3920	1966 - 1992	152.9	113.1	113.2	57.6	9.2	6.4	3.3	6.8	26.7	44.5	68.6	103.3	679.3
Progreso	3980	1964 - 2018	128.3	105.4	98.9	42.1	8.0	1.9	3.4	6.4	22.3	45.6	59.8	95.9	608.2
Muñani	3948	1965 - 2018	136.6	110.1	90.7	45.3	8.5	3.7	3.2	7.8	24.4	46.3	59.4	102.5	634.9
Llally	3980	1964 - 2018	175.6	157.1	138.3	59.7	9.4	3.2	3.9	9.6	19.9	49.7	62.1	127.7	788.2
Ayaviri	3928	1964 - 2018	139.1	122.9	105.1	45.3	7.6	3.6	2.9	7.8	15.8	46.1	61.5	106.1	668.3
Azangaro	3863	1964 - 2018	116.6	101.0	90.8	39.5	8.0	2.4	2.7	8.5	25.0	44.9	65.1	95.0	550.4

Porpera	4195	1966 - 2018	160.5	147.1	113.8	47.2	9.5	3.6	4.5	8.6	17.2	27.1	35.5	90.2	658.0
Pucara	3900	1964 - 2018	149.7	130.9	118.2	49.4	8.8	4.4	3.4	9.0	23.2	58.0	64.6	119.9	729.7
Putina	3878	1964 - 2018	141.8	110.1	99.8	50.9	10.4	5.1	4.5	8.7	28.7	52.3	65.8	99.0	667.9
Cojata	4344	1964 - 2018	142.2	116.7	108.3	52.8	14.3	7.7	5.8	13.9	35.3	57.5	62.4	99.5	704.8
Imata	4475	1964 - 2018	133.1	124.1	100.5	32.4	5.4	2.4	3.0	4.5	8.6	15.5	27.3	70.1	526.0
Crucero Alto	4511	1964 - 2018	148.7	119.7	115.2	37.3	5.4	3.0	3.8	6.6	9.9	22.4	34.2	77.9	567.9
Pampahuta	4400	1964 - 2018	172.6	161.1	133.0	53.4	10.0	3.4	3.7	8.1	15.1	39.1	65.7	123.1	783.7
Lampa	3892	1964 - 2018	152.3	138.3	113.3	47.6	8.1	4.0	2.5	8.6	22.2	47.8	63.3	116.7	721.2
Arapa	3830	1964 - 2018	136.1	116.0	110.5	47.7	11.3	6.0	4.0	11.4	27.8	50.2	63.7	101.9	675.0
Lagunillas	4177	1970 - 2018	168.1	138.4	107.3	46.4	6.4	3.9	2.7	9.5	10.1	28.9	46.4	89.4	609.7
Santa Lucia	4034	1970 - 2013	192.2	165.4	131.4	45.3	6.8	4.8	4.8	10.9	16.5	30.8	57.6	132.9	692.8
Cabanillas	3885	1964 - 2018	144.4	135.8	110.0	45.3	6.1	2.7	2.0	7.4	18.3	38.6	56.8	103.0	665.2
Juliaca	3820	2002 - 2018	129.3	113.8	96.8	41.1	6.4	2.3	5.0	5.3	20.3	50.5	43.2	107.5	599.3
Taraco	3849	1964 - 2018	128.5	104.0	89.6	38.7	7.3	5.1	3.1	7.0	23.1	39.4	48.6	90.6	581.5
Ramis	3850	1999 - 2014	135.7	135.5	90.7	30.5	7.5	3.5	3.6	7.4	24.0	53.0	41.3	92.9	541.5
Huancane	3829	1964 - 2018	138.4	113.4	97.7	40.5	11.4	5.0	4.3	9.4	29.8	49.7	60.6	106.0	661.7
Tambopata	1385	1964 - 2016	241.0	196.1	181.2	123.1	59.5	46.1	41.8	55.9	75.6	131.3	153.7	203.9	1483.0
Ichuña	3815	1964 - 2016	140.5	122.7	87.8	32.3	4.8	2.7	2.7	6.4	9.4	17.9	35.0	83.6	540.3
Mañazo	3924	1970 - 2018	158.5	152.3	109.2	46.7	5.8	2.8	3.1	6.8	15.3	31.6	48.6	106.7	640.0
Capachica	3822	1964 - 2018	172.3	154.3	141.1	48.4	10.7	4.8	4.4	10.3	26.1	42.4	56.0	111.9	750.8
Huaraya Moho	3890	1964 - 2018	192.1	144.7	123.2	55.6	19.4	8.3	7.6	14.6	39.5	58.3	69.1	132.0	847.5
Pampa Umalzo (Titijones)	4609	1965 - 2018	100.6	97.4	83.2	22.3	2.6	2.0	1.8	5.2	5.3	5.9	12.4	44.6	361.6
Laraqueri	3900	1970 - 2018	183.7	164.6	122.8	47.7	7.8	5.3	5.0	11.1	19.6	35.3	54.7	112.7	753.0
Puno	3812	1964 - 2018	160.1	122.0	57.2	13.2	5.3	2.6	10.2	23.9	43.0	51.8	81.5	153.3	721.4
Los Urus	3819	1967 - 2018	158.4	142.8	135.3	54.3	12.9	4.7	5.2	11.3	26.5	38.2	46.2	98.6	694.8
Isla Taquile	3850	1964 - 2018	263.2	230.7	207.3	87.2	25.8	13.0	10.0	17.1	56.9	65.8	79.9	152.6	1193.6
Rincon de la Cruz	3880	1991 - 2018	166.9	148.8	124.0	51.4	11.8	2.1	8.3	12.6	32.2	47.9	55.8	107.8	714.7
Ilave	3861	1964 - 2018	167.7	140.5	113.1	44.0	11.7	6.5	6.0	13.8	25.4	34.9	46.4	92.2	685.1



Challapalca	4280	1964 - 2016	100.4	93.8	74.6	13.7	2.3	2.1	1.1	3.0	2.0	6.3	16.5	50.8	366.2
Capazo	4530	1964 - 2018	148.7	132.7	98.4	21.1	3.9	3.1	2.2	4.6	3.3	10.9	25.3	80.3	528.3
Mazo Cruz	3975	1964 - 2018	139.3	119.0	86.7	24.4	5.5	2.2	2.9	8.0	8.0	17.9	32.2	77.0	502.6
Juli	3830	1965 - 2018	204.9	185.0	153.7	56.1	12.8	6.3	7.2	15.8	29.1	42.2	56.6	121.5	874.7
Pizacoma	3930	1964 - 2018	154.9	131.6	92.3	27.7	5.6	5.0	4.0	10.0	10.2	17.4	31.7	101.3	589.3
Desaguadero	3824	1964 - 2018	181.7	152.9	116.4	39.3	7.5	8.1	6.3	13.6	20.7	33.4	50.8	96.7	727.3
Tahuaco Yunguyo	3882	1964 - 2018	178.6	146.0	121.9	43.2	17.1	11.1	8.1	15.5	31.7	43.5	56.3	110.6	768.4

Nota (1): Se muestran los resultados del procesamiento de información de precipitación a nivel mensual obtenido del registro de

SENAMHI - ANA. En este resumen no se considera lo que es la completación de datos, solo el análisis exploratorio de datos, su evaluación climatológica y el periodo de registro para cada estación.

Nota (2): En el (anexo 01) se muestra la información pluviométrica consistente y completada por el método del vector regional para cada estación.



Anexo B: Valores clasificados para el SPI-región 1.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 1													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-0.80	-1.00	0.10	-0.50	0.20	-0.40	-0.60	0.70	0.10	-0.50	-0.40	-0.60
2	1965	-0.30	-0.80	0.00	1.30	-0.20	-0.60	1.10	-0.20	0.30	0.20	-0.70	0.50
3	1966	-0.30	-0.60	-0.60	-0.20	0.90	-0.10	-0.70	0.50	0.00	-0.10	-0.70	-0.80
4	1967	-1.10	-0.50	0.70	-1.10	-1.00	-0.10	0.50	0.30	0.40	0.40	0.40	-0.70
5	1968	-0.20	0.70	0.40	-0.70	-1.70	0.00	0.90	-0.20	0.10	0.70	-0.30	0.60
6	1969	-0.20	-0.50	-0.30	-0.10	0.50	1.40	-0.60	-0.70	-1.20	0.00	0.20	-0.60
7	1970	-0.40	-0.90	0.50	1.70	-0.20	0.40	0.10	-0.50	0.30	0.00	-1.80	0.80
8	1971	-0.30	1.00	0.60	-0.90	-0.50	0.00	-0.70	0.40	0.80	0.20	0.20	-0.20
9	1972	0.10	-0.10	-0.30	-0.70	0.60	0.20	0.00	1.30	0.50	0.10	1.00	-0.40
10	1973	1.10	0.30	0.30	0.40	0.00	0.60	0.40	1.30	0.40	0.50	0.40	1.70
11	1974	0.50	0.60	-0.80	0.50	-1.10	0.10	-0.50	1.30	-0.60	0.30	-1.80	-1.20
12	1975	-0.60	0.70	-0.30	-0.50	0.30	1.00	0.30	0.00	1.30	-0.30	0.80	-0.10
13	1976	1.20	-0.90	-0.80	-1.00	0.60	-1.10	-0.30	0.80	1.20	-0.20	-0.60	-0.60
14	1977	0.00	0.60	0.10	-0.70	0.00	-0.40	0.90	0.20	0.80	-0.30	0.30	0.10
15	1978	0.20	0.20	-0.80	0.60	0.60	-1.20	-0.80	-0.90	-0.20	-0.70	1.10	1.30
16	1979	0.70	-0.50	1.40	-0.60	-0.80	-0.60	0.30	-0.60	-0.40	-1.30	-0.20	0.70
17	1980	0.20	-0.10	0.70	0.10	-0.30	0.60	0.10	0.40	-0.80	1.90	-0.40	-1.00
18	1981	0.40	1.40	0.70	0.40	-0.30	-0.10	-0.50	0.30	-0.20	1.10	0.00	1.10
19	1982	1.80	0.00	0.80	0.90	-0.10	0.80	0.30	0.70	1.00	0.50	1.10	-0.30
20	1983	0.00	0.30	-0.50	0.30	0.80	1.20	1.90	-0.30	0.60	0.00	-0.20	-0.20
21	1984	1.40	1.70	1.20	0.90	-1.60	0.10	-0.50	-0.40	0.10	0.60	0.50	-0.60
22	1985	1.70	-0.80	-1.40	0.30	-0.10	-0.60	-0.30	0.30	-0.70	-1.10	1.60	1.10
23	1986	0.20	0.70	1.00	-0.30	-0.10	-0.70	0.10	0.50	0.30	-1.30	0.10	-0.20
24	1987	-0.20	-1.60	-1.00	0.30	1.00	-0.70	0.30	-1.10	0.60	0.80	0.50	-0.90
25	1988	0.00	0.50	-0.70	0.20	0.20	-1.30	-1.00	-2.00	-0.20	-0.20	-0.70	0.20
26	1989	-1.30	-1.00	-0.30	0.30	-0.90	0.20	0.20	-1.00	0.20	0.10	-0.70	-2.30
27	1990	0.10	0.60	-2.40	0.20	0.30	1.70	0.60	0.60	0.70	0.90	-0.70	-0.20
28	1991	0.30	-0.50	-0.80	0.00	-1.30	0.70	-1.30	-0.20	-0.90	1.50	0.60	-0.80
29	1992	0.90	0.20	-0.10	0.00	0.40	0.00	0.30	1.90	1.10	-0.20	0.20	-0.30
30	1993	-0.40	0.20	1.10	0.40	2.00	-1.20	0.10	1.50	0.00	-0.20	0.90	1.10
31	1994	-0.30	-0.60	-0.80	0.60	-0.20	-0.30	-0.30	0.20	0.10	0.70	0.50	-0.80
32	1995	-0.80	0.30	0.30	-0.70	-0.50	0.00	0.80	-1.20	-0.90	0.10	1.20	0.50
33	1996	0.40	-0.70	0.10	0.00	0.60	-0.40	0.20	-0.10	0.20	-0.30	0.50	0.40
34	1997	0.50	1.00	1.20	-0.50	0.10	-0.30	-0.90	0.30	0.10	-0.10	0.30	0.60
35	1998	-0.80	-0.50	0.80	1.20	-0.90	0.00	-0.50	-0.30	-0.90	1.00	0.60	-1.60
36	1999	0.20	1.40	0.40	0.70	0.50	-0.20	0.50	-1.50	1.20	-1.70	0.00	-0.60
37	2000	0.30	-0.30	-0.70	-0.60	-0.10	0.90	0.00	0.50	0.20	0.10	0.00	-0.40
38	2001	0.50	0.40	0.90	-0.20	0.60	-0.40	0.60	0.20	0.20	1.10	0.60	-0.20
39	2002	-1.00	0.90	-0.30	0.70	0.80	0.90	1.60	0.30	-0.10	0.00	0.50	0.80
40	2003	0.00	0.30	0.70	0.30	0.50	0.10	-0.40	0.70	-0.40	-0.30	-0.20	0.90
41	2004	-0.90	-1.10	-0.20	-0.40	0.00	0.20	1.10	0.60	-0.20	-0.30	0.10	0.20
42	2005	-0.50	0.20	-0.70	-1.00	-0.80	-0.50	-0.70	-1.40	-0.30	0.90	0.00	0.50
43	2006	0.90	-1.40	-0.50	1.50	-0.40	0.20	-0.20	-0.50	-0.70	0.20	0.30	0.00
44	2007	-0.90	-0.30	-0.10	0.20	0.60	-1.60	0.80	-0.70	-0.40	-0.30	-0.30	-0.10
45	2008	1.30	-0.90	-0.60	-1.00	-0.10	-0.60	-0.60	-0.50	-0.40	0.60	-0.70	0.80
46	2009	0.00	0.20	0.30	-0.20	0.00	-0.80	1.20	-0.20	0.00	-0.80	0.80	0.10
47	2010	0.00	0.30	-0.10	-1.50	0.60	0.10	-0.30	-0.80	-0.90	-0.40	-0.70	0.60
48	2011	0.20	0.80	0.20	0.20	-0.40	0.10	-0.10	-0.30	-0.50	-0.30	-1.60	0.50
49	2012	-0.80	0.80	-0.30	-0.10	-0.60	1.30	-0.70	-1.00	-0.30	-0.30	-0.90	0.70
50	2013	-1.50	-0.10	0.40	-0.70	0.40	1.10	-1.10	0.60	0.00	0.60	-0.70	0.50
51	2014	0.60	-0.10	0.00	-0.40	1.20	-0.30	0.00	0.40	0.30	-0.80	-0.10	0.00
52	2015	0.20	-0.10	-0.70	0.40	1.40	0.30	0.20	0.70	-0.40	-1.10	-0.30	-0.70
53	2016	-0.70	-0.10	-0.10	0.10	-0.60	-0.50	-0.60	-0.70	-0.70	-1.10	-0.90	-0.70
54	2017	-0.90	0.10	0.30	0.30	0.70	0.50	-1.00	0.00	-0.40	-1.50	0.10	0.20
55	2018	-0.50	-0.20	1.20	-0.40	-0.60	1.60	0.40	0.30	-1.00	0.80	0.30	0.70
Nº DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.80	1.70	1.40	1.70	2.00	1.70	1.90	1.90	1.30	1.90	1.60	1.70
SPI MÍNIMA		-1.50	-1.60	-2.40	-1.50	-1.70	-1.60	-1.30	-2.00	-1.20	-1.70	-1.80	-2.30
LEYENDA													



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 1													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964			-1.00	-0.60	-0.20	-0.53	-0.40	0.15	0.25	0.05	-0.65	-1.05
2	1965	-0.80	-1.15	-0.73	-0.03	0.48	0.55	0.10	0.10	0.58	0.20	-0.15	-0.03
3	1966	-0.25	-0.35	-0.90	-0.90	-0.25	0.28	0.25	-0.18	-0.10	0.08	-0.55	-1.03
4	1967	-1.43	-1.48	-0.55	-0.33	-0.33	-1.25	-0.50	0.15	0.33	0.33	0.38	-0.05
5	1968	-0.23	0.00	0.33	0.23	-0.78	-1.10	-0.45	0.18	0.13	0.35	0.18	0.53
6	1969	0.05	0.05	-0.48	-0.40	-0.10	0.88	0.80	0.13	-1.40	-0.88	-0.45	-0.35
7	1970	-0.60	-1.20	-0.53	0.63	1.38	1.33	-0.08	-0.23	-0.15	-0.05	-0.88	-0.28
8	1971	-0.30	0.85	0.73	0.58	-0.35	-1.05	-0.98	-0.28	0.30	0.60	0.53	0.03
9	1972	-0.10	-0.20	-0.10	-0.45	-0.15	-0.23	0.30	1.00	1.00	0.93	0.83	0.35
10	1973	0.90	0.60	0.88	0.38	0.30	0.40	0.28	1.15	0.98	1.00	0.50	1.38
11	1974	1.28	1.45	0.40	0.28	-0.55	0.08	-0.98	0.78	0.30	0.50	-0.98	-1.43
12	1975	-1.60	-0.58	-0.18	0.05	-0.50	0.30	0.83	0.55	0.88	0.53	0.90	0.20
13	1976	1.05	0.25	0.08	-1.35	-0.83	-0.63	-0.25	-0.10	0.93	0.75	0.15	-0.85
14	1977	-0.45	-0.03	0.38	0.30	-0.18	-0.73	0.15	0.20	0.65	0.15	0.35	0.00
15	1978	0.20	0.23	-0.20	-0.08	0.10	0.45	-0.50	-1.65	-0.83	-0.88	0.43	1.13
16	1979	1.48	0.80	0.80	0.33	0.48	-1.28	-0.60	-0.55	-0.40	-1.38	-1.18	-0.38
17	1980	0.40	0.45	0.35	0.33	0.48	0.10	0.15	0.35	-0.23	1.30	0.85	0.50
18	1981	-0.43	0.60	1.18	1.28	0.45	-0.05	-0.65	-0.23	-0.13	0.78	0.60	1.23
19	1982	1.60	1.78	1.43	0.75	0.88	0.78	0.35	0.98	1.10	1.00	1.28	0.70
20	1983	0.33	0.18	-0.03	0.03	0.10	0.98	2.28	1.60	1.18	0.10	0.10	-0.35
21	1984	0.75	1.73	2.18	2.03	0.85	-0.03	-1.25	-0.53	-0.45	0.48	0.75	0.35
22	1985	1.10	0.60	0.33	-0.98	-0.83	-0.20	-0.73	-0.43	-0.35	-1.15	0.08	0.98
23	1986	1.25	0.85	0.85	0.75	0.60	-0.48	-0.38	-0.03	0.28	-0.53	-0.38	-0.73
24	1987	-0.25	-1.15	-1.38	-1.38	-0.08	0.38	0.40	-0.88	0.00	0.40	0.83	0.15
25	1988	-0.15	-0.15	-0.08	0.00	-0.48	-0.38	-1.10	-2.43	-1.28	-0.75	-0.60	-0.33
26	1989	-1.00	-1.30	-1.53	-0.70	-0.45	-0.20	-0.43	-0.53	-0.35	-0.33	-0.25	-1.53
27	1990	-1.10	-0.48	-0.45	-0.60	-1.28	1.13	1.45	1.38	0.73	1.08	0.43	0.08
28	1991	-0.25	-0.20	-0.48	-0.85	-1.15	-0.20	-0.80	-0.23	-1.08	0.75	1.05	0.78
29	1992	0.50	0.25	0.63	0.13	0.00	0.13	0.28	1.45	1.63	1.30	0.50	-0.25
30	1993	-0.30	-0.23	0.38	0.78	1.78	1.00	1.10	0.73	0.88	0.58	0.38	1.00
31	1994	0.80	0.00	-0.95	-0.60	-0.40	0.13	-0.58	-0.30	0.15	0.68	1.03	0.48
32	1995	-0.50	-0.53	-0.03	0.13	-0.28	-0.88	0.15	-0.08	-0.50	-0.68	0.58	0.95
33	1996	0.93	0.05	-0.10	-0.50	0.00	0.03	0.25	0.00	0.18	-0.25	0.20	0.28
34	1997	0.65	0.98	1.28	1.05	0.68	-0.55	-0.55	-0.53	-0.10	0.05	0.13	0.40
35	1998	-0.08	-0.55	-0.33	0.73	0.95	0.48	-1.03	-0.53	-0.93	0.30	0.70	0.10
36	1999	-0.30	0.25	1.03	1.43	0.85	0.50	0.43	-0.60	0.40	-0.90	-0.40	-1.30
37	2000	-0.20	-0.40	-0.28	-0.80	-0.83	-0.05	0.45	0.85	0.33	0.40	0.23	-0.08
38	2001	0.13	0.25	0.85	0.68	0.85	-0.03	0.53	0.23	0.45	0.73	0.95	0.68
39	2002	-0.48	-0.18	-0.23	0.68	0.55	1.08	1.70	1.25	0.75	0.00	0.23	0.68
40	2003	0.58	0.48	0.40	0.63	0.80	0.48	0.20	0.35	0.05	-0.20	-0.60	0.23
41	2004	-0.15	-0.68	-1.25	-1.00	-0.35	-0.25	0.70	0.88	0.60	-0.13	-0.23	0.00
42	2005	-0.18	-0.18	-0.65	-0.83	-1.60	-1.43	-1.38	-1.53	-1.23	0.03	0.38	0.68
43	2006	0.73	0.18	-0.40	-0.50	0.10	0.75	-0.33	-0.40	-0.70	-0.40	0.03	0.20
44	2007	-0.43	-0.75	-0.78	-0.23	0.18	-0.15	0.20	-0.60	-0.15	-0.73	-0.50	-0.43
45	2008	0.78	0.38	0.10	-1.38	-1.15	-1.05	-0.75	-1.03	-0.85	-0.10	-0.40	0.35
46	2009	0.08	0.43	0.20	0.15	0.05	-0.55	0.35	0.23	0.50	-0.70	0.08	0.00
47	2010	0.30	0.05	0.03	-0.48	-0.68	-0.78	0.03	-0.85	-1.18	-1.10	-1.08	-0.25
48	2011	0.10	0.78	0.58	0.68	0.00	-0.28	-0.50	-0.40	-0.58	-0.78	-1.48	-0.73
49	2012	-0.98	0.05	-0.20	0.23	-0.50	0.28	0.20	-0.10	-0.90	-0.85	-0.83	-0.23
50	2013	-0.85	-0.63	-0.78	-0.23	-0.08	0.18	0.43	0.53	-0.15	0.55	-0.08	0.23
51	2014	0.38	0.58	0.28	-0.28	0.28	0.28	0.53	-0.03	0.25	-0.38	-0.55	-0.50
52	2015	0.03	-0.05	-0.28	-0.23	0.58	1.08	1.05	0.53	0.15	-0.63	-1.08	-1.28
53	2016	-1.05	-0.98	-0.58	-0.18	-0.33	-0.43	-1.15	-1.20	-1.18	-1.60	-1.70	-1.63
54	2017	-1.43	-1.03	-0.38	0.25	0.50	0.60	0.28	-0.18	-0.43	-1.08	-0.83	-0.58
55	2018	-0.28	-0.55	0.13	0.35	0.50	0.20	0.75	1.03	-0.23	0.23	0.35	1.00
N° DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.60	1.78	2.18	2.03	1.78	1.33	2.28	1.60	1.63	1.30	1.28	1.38
SPI MÍNIMA		-1.60	-1.48	-1.53	-1.38	-1.60	-1.43	-1.38	-2.43	-1.40	-1.60	-1.70	-1.63
LEYENDA		Humedad normal					Sequía Normal						
		Sequía Moderada					Sequía Severa						
		Sequía Extrema											



Anexo C: Valores clasificados para el SPI-región 2.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 2													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-1.80	0.00	0.50	-0.70	0.80	-0.10	0.00	-0.60	0.20	-0.10	0.30	-1.20
2	1965	0.90	0.00	0.80	-0.10	-0.20	0.00	0.00	-0.30	0.60	-0.90	0.50	0.90
3	1966	-1.30	0.70	-1.00	-1.60	1.90	-0.30	-0.30	-0.80	-0.20	-0.20	0.10	-0.30
4	1967	-2.70	-0.80	0.10	-1.40	0.90	0.10	1.80	1.20	0.90	0.20	-0.90	1.20
5	1968	-0.70	1.00	-0.10	-0.50	-0.40	-0.10	1.80	0.60	0.70	-0.10	1.10	-1.10
6	1969	0.30	-0.20	-1.10	-0.20	-0.80	0.30	1.30	-0.20	0.10	-0.80	0.10	-1.00
7	1970	0.20	-0.40	0.10	1.00	0.30	0.00	0.00	-0.70	1.10	0.20	-1.20	1.30
8	1971	0.20	1.60	-1.40	-1.10	-0.50	0.00	-0.30	-0.20	-1.40	0.20	-0.20	-0.80
9	1972	0.50	-0.10	-0.60	-0.30	-0.80	-0.20	0.30	0.70	0.00	-0.30	0.40	0.20
10	1973	-0.10	-0.10	0.30	1.00	0.20	-0.10	0.00	0.00	1.40	-0.10	-0.40	-0.60
11	1974	0.20	0.50	-0.60	0.10	-0.50	0.50	0.20	1.10	-0.20	-0.20	-0.90	-0.10
12	1975	-0.50	0.50	0.30	-0.70	0.60	0.50	-0.30	-0.30	0.00	0.40	-0.50	0.60
13	1976	0.10	-0.40	-0.40	-0.50	1.10	1.20	0.60	0.80	1.50	-2.40	-1.30	-0.30
14	1977	-1.20	0.60	0.50	-0.50	0.40	0.30	-0.10	-0.70	0.50	-0.20	1.00	-0.20
15	1978	0.10	0.60	0.30	0.50	-0.60	0.60	-0.10	-0.80	0.50	-1.40	1.60	2.00
16	1979	1.00	-0.80	-0.20	1.10	-0.40	-0.30	0.00	0.00	-0.80	0.00	-0.10	0.20
17	1980	0.30	-0.40	0.60	-1.10	0.40	-0.10	0.60	0.10	0.70	1.20	-0.80	-0.70
18	1981	1.40	0.40	0.30	0.60	-0.20	0.10	-0.30	0.90	0.80	1.20	-0.10	0.60
19	1982	1.10	-1.20	0.50	0.80	-0.70	-0.10	-0.20	0.20	0.90	0.30	1.40	-1.00
20	1983	-0.80	-0.30	-1.10	0.60	0.30	0.30	-0.10	-0.30	-0.30	-0.80	-1.30	-0.70
21	1984	1.40	1.60	0.20	0.00	-0.60	0.50	0.50	1.50	-1.40	0.60	1.50	0.50
22	1985	0.50	0.30	0.40	1.90	0.60	1.30	-0.10	-0.30	1.30	-0.10	1.90	1.40
23	1986	0.10	1.00	1.00	1.30	0.50	-0.30	0.50	0.60	1.30	-1.00	0.30	0.70
24	1987	0.60	-1.50	-0.40	0.30	0.20	0.40	1.90	0.00	-1.00	0.40	1.10	-0.30
25	1988	0.50	-0.30	1.10	1.10	1.20	-0.30	-0.30	-0.70	-1.30	-0.30	-2.00	-0.10
26	1989	-0.10	-0.50	0.50	0.20	-0.20	0.40	-0.10	1.10	-0.30	-0.70	-0.30	-0.40
27	1990	0.30	-1.20	-1.40	-0.20	-0.30	2.70	-0.20	0.50	-0.50	1.00	0.70	-0.30
28	1991	-0.10	-0.30	0.40	0.00	0.50	2.00	0.00	-0.80	-0.20	-0.90	-0.10	-0.30
29	1992	0.10	-0.70	-0.90	-1.10	-1.20	0.80	0.10	2.20	-0.50	-0.40	0.30	0.60
30	1993	0.50	-1.00	-0.20	0.70	0.60	0.10	0.40	0.90	-0.40	0.40	0.60	0.50
31	1994	-0.10	0.90	0.60	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.70	-0.30	-0.30	0.30	0.50
32	1995	-0.30	0.10	0.60	-0.70	-0.50	-0.30	0.20	-0.80	-0.80	-1.40	-0.10	-0.20
33	1996	0.20	-0.60	-0.20	-0.20	0.70	-0.30	0.20	0.60	-0.40	-0.80	0.60	-0.40
34	1997	0.80	0.30	1.60	0.60	0.10	-0.30	0.10	0.90	0.20	-0.30	0.60	-0.80
35	1998	-0.90	0.20	-0.10	0.20	-1.20	0.70	-0.30	-0.50	-1.40	0.80	1.00	-2.20
36	1999	-0.30	-0.30	1.00	0.20	0.30	0.00	0.00	-0.70	0.80	0.20	-0.30	-0.80
37	2000	-0.20	-0.10	-0.10	-1.10	-0.20	1.10	0.00	0.80	-0.30	1.60	-1.40	0.50
38	2001	0.70	-0.60	1.30	-0.30	1.60	0.20	0.90	0.50	-0.20	0.70	0.40	-0.50
39	2002	-0.90	0.90	0.60	0.70	0.50	0.00	2.10	0.40	0.50	1.50	0.80	0.00
40	2003	1.00	0.00	0.70	0.40	-0.30	0.70	-0.10	0.60	-0.30	0.40	-0.30	0.10
41	2004	1.70	0.10	-0.80	0.20	0.30	0.80	0.40	0.90	0.40	-0.70	0.20	-0.70
42	2005	-0.70	1.10	-0.70	0.70	-1.00	-0.30	-0.10	-0.20	-0.70	0.80	0.20	0.00
43	2006	1.10	-1.60	-0.70	0.40	-0.90	0.00	-0.30	0.10	0.10	0.30	0.20	0.00
44	2007	-0.10	-1.20	0.80	0.50	0.80	-0.20	0.10	-0.70	0.60	-1.10	0.40	-0.20
45	2008	0.20	-1.20	-0.80	-1.20	0.00	0.10	-0.20	-0.60	-0.90	0.50	-0.50	1.10
46	2009	-0.50	-0.60	-1.00	-1.00	-0.30	-0.30	0.20	-0.80	-0.60	-0.80	0.80	0.30
47	2010	0.30	0.30	-0.40	-0.90	0.50	-0.20	0.00	-0.60	-2.00	-0.30	-1.90	0.30
48	2011	-1.30	0.70	0.40	-0.30	-0.50	0.00	0.40	0.00	1.20	0.70	-1.10	0.40
49	2012	-0.40	0.50	0.10	0.60	-0.60	0.00	0.30	-0.50	-0.40	-0.80	-0.50	1.50
50	2013	0.50	0.60	-0.30	-1.10	0.50	0.30	0.60	0.40	-0.80	1.20	-0.20	0.50
51	2014	0.00	0.20	0.10	0.10	0.00	-0.20	0.70	0.60	1.40	-0.10	-1.10	0.20
52	2015	0.50	-0.20	-0.30	0.90	0.40	0.40	0.40	0.60	0.60	0.00	0.30	0.50
53	2016	-0.80	1.50	-2.00	0.80	-0.80	-0.10	0.80	0.10	-0.40	0.80	-0.20	-0.30
54	2017	-0.50	-0.90	0.20	0.90	1.30	0.00	0.40	-0.50	1.40	0.30	-0.60	-0.20
55	2018	-1.10	1.00	0.90	-0.90	-0.50	2.00	1.30	1.00	-0.70	1.90	0.10	-0.70
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.70	1.60	1.60	1.90	1.90	2.70	2.10	2.20	1.50	1.90	1.90	2.00
SPI MÍNIMA		-2.70	-1.60	-2.00	-1.60	-1.20	-0.30	-0.30	-0.80	-2.00	-2.40	-2.00	-2.20
LEYENDA	Humedad normal							Sequía Normal					
	Sequía Moderada							Sequía Severa					
	Sequía Extrema												



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 2													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964			-0.50	0.20	0.20	-0.30	0.30	-0.90	-0.30	-0.40	0.10	-0.70
2	1965	0.20	0.10	1.00	0.30	0.50	-0.40	-0.70	-0.60	0.30	-0.40	0.20	0.50
3	1966	-0.10	0.10	-1.00	-0.60	-0.70	-0.10	1.10	-1.50	-0.80	-0.70	-0.30	-0.30
4	1967	-1.80	-2.30	-1.90	-1.00	-0.30	-0.80	1.30	1.40	1.50	1.00	0.00	0.40
5	1968	-0.20	0.80	0.10	0.40	-0.40	-0.90	0.60	1.10	1.20	0.40	1.00	0.00
6	1969	0.30	-0.50	-0.50	-0.90	-1.10	-0.60	0.20	0.40	0.30	-0.80	-0.50	-1.20
7	1970	-0.50	-0.70	-0.20	0.20	0.60	0.80	-0.30	-0.90	0.60	0.50	-0.10	0.50
8	1971	0.40	1.60	0.40	0.10	-0.70	-1.50	-1.10	-0.70	-1.50	-0.70	-0.70	-0.70
9	1972	-0.30	-0.20	-0.20	-0.70	-0.80	-0.80	-1.00	0.30	0.20	-0.10	0.00	0.10
10	1973	0.10	-0.20	0.00	0.50	0.70	0.80	-0.30	-0.40	1.00	0.80	0.40	-0.80
11	1974	-0.40	0.10	0.00	-0.10	-0.60	-0.20	-0.40	0.80	0.30	0.00	-1.00	-0.80
12	1975	-0.90	-0.20	0.00	0.20	0.00	-0.30	0.20	-0.30	-0.40	0.00	-0.30	0.20
13	1976	0.10	0.10	-0.50	-0.80	-0.30	0.40	1.30	1.00	1.40	0.20	-0.90	-2.00
14	1977	-1.70	-0.50	0.00	0.40	0.20	-0.60	0.00	-0.80	-0.10	-0.20	0.70	0.30
15	1978	0.30	0.20	0.50	0.70	0.30	0.30	-0.40	-0.60	-0.10	-1.10	0.80	1.90
16	1979	2.50	1.40	0.10	-0.10	0.40	0.70	-1.00	-0.60	-0.90	-0.70	-0.50	0.00
17	1980	0.20	0.00	0.20	-0.40	0.00	-1.00	0.20	0.00	0.50	1.10	0.50	-0.30
18	1981	0.40	0.90	1.30	0.80	0.60	0.40	-0.70	0.30	0.80	1.40	0.90	0.90
19	1982	0.90	0.40	0.40	0.00	0.60	0.40	-1.30	-0.40	0.60	0.70	1.50	0.50
20	1983	-0.30	-1.30	-1.40	-0.60	-0.40	0.60	-0.10	-0.40	-0.70	-1.00	-1.50	-1.60
21	1984	0.30	1.60	2.00	1.10	0.00	-0.30	0.00	1.20	0.20	0.40	1.00	1.40
22	1985	1.20	0.60	0.60	1.20	1.30	2.10	0.90	0.30	0.80	0.60	2.00	2.10
23	1986	1.80	1.30	1.10	1.70	1.40	1.10	0.10	0.20	1.20	0.40	0.40	0.10
24	1987	0.80	0.00	-0.60	-1.00	-0.10	0.30	1.10	0.90	0.00	-0.40	0.50	0.60
25	1988	0.70	-0.10	0.70	1.00	1.50	1.20	0.50	-1.30	-1.80	-1.30	-2.20	-1.30
26	1989	-1.00	-0.60	-0.10	0.00	0.40	0.20	-0.20	0.70	0.30	-0.30	-0.90	-1.00
27	1990	-0.30	-0.80	-1.20	-1.70	-1.20	0.90	1.60	1.80	-0.30	0.60	0.80	0.70
28	1991	0.10	-0.50	-0.20	-0.10	0.30	0.90	1.30	0.80	-0.80	-1.20	-0.90	-0.70
29	1992	-0.30	-0.60	-0.90	-1.40	-1.50	-1.20	-0.50	1.70	0.90	0.50	-0.40	0.30
30	1993	0.60	0.00	-0.40	-0.40	0.30	0.70	0.40	0.60	0.20	0.30	0.40	0.80
31	1994	0.40	0.60	0.70	1.30	1.00	1.00	-0.10	-0.90	-0.80	-0.70	-0.30	0.20
32	1995	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.00	-1.20	-0.90	-1.00	-1.20	-2.00	-1.30	-1.00
33	1996	-0.10	-0.40	-0.40	-0.70	-0.20	-0.10	0.20	0.10	-0.10	-0.60	-0.20	0.00
34	1997	0.70	0.60	1.50	1.30	1.40	0.30	-0.50	0.30	0.30	0.10	0.20	-0.30
35	1998	-0.80	-0.90	-0.60	0.00	-0.30	-0.20	-0.80	-0.40	-1.90	-0.20	0.70	0.00
36	1999	-0.60	-1.40	0.20	0.40	0.70	0.00	-0.20	-1.00	0.20	0.20	0.10	-0.80
37	2000	-0.90	-0.70	-0.30	-0.60	-0.70	-0.70	0.30	0.90	0.00	1.20	0.10	0.50
38	2001	0.10	0.30	0.90	0.40	1.20	0.40	1.40	0.50	0.20	0.40	0.40	0.20
39	2002	-0.80	-0.40	0.20	1.00	0.70	0.60	1.20	1.00	1.00	1.40	1.60	1.30
40	2003	1.00	0.60	1.00	0.50	0.50	0.30	-0.20	0.40	-0.10	0.20	-0.20	0.00
41	2004	1.10	1.30	0.80	-0.40	-0.50	0.40	0.50	0.90	0.60	0.00	-0.30	-0.80
42	2005	-0.90	-0.20	-0.20	0.00	-1.10	-1.40	-1.80	-0.80	-0.80	0.10	0.20	0.40
43	2006	0.80	0.00	-0.40	-1.20	-0.50	-0.10	-1.40	-0.40	-0.20	0.10	0.10	0.10
44	2007	-0.20	-0.80	-0.30	0.00	0.90	0.50	0.20	-1.10	0.20	-0.40	0.00	-0.50
45	2008	0.10	-0.70	-1.00	-1.70	-1.20	-1.30	-0.50	-0.90	-1.30	-0.40	-0.60	0.70
46	2009	0.00	-0.10	-1.30	-1.40	-1.40	-1.40	-0.70	-1.00	-1.00	-1.40	-0.20	0.30
47	2010	0.60	0.40	0.10	-0.40	-0.60	-0.80	-0.10	-1.00	-2.20	-1.50	-2.30	-0.90
48	2011	-1.50	-0.30	-0.10	0.50	0.00	-0.60	-0.50	-0.10	0.90	1.00	0.20	0.00
49	2012	-0.70	0.10	0.00	0.60	0.20	0.20	-0.60	-0.50	-0.70	-1.30	-1.20	0.40
50	2013	0.80	1.40	0.50	-0.20	-0.60	-0.70	0.50	0.40	-0.30	0.60	0.20	0.70
51	2014	0.00	0.30	0.10	0.20	0.00	-0.20	-0.30	0.40	1.30	0.90	0.00	-0.60
52	2015	-0.10	0.20	0.00	0.10	0.30	0.80	0.20	0.50	0.80	0.50	0.30	0.40
53	2016	-0.20	0.70	-0.30	0.40	-0.90	0.40	-0.40	0.10	-0.20	0.30	0.10	0.00
54	2017	-0.70	-1.10	-0.80	-0.10	0.80	1.10	0.80	-0.50	1.00	0.90	0.40	-0.50
55	2018	-1.40	-0.20	0.50	0.80	0.20	0.00	1.50	1.90	0.40	1.40	0.90	0.60
N° DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		2.50	1.60	2.00	1.70	1.50	2.10	1.60	1.90	1.50	1.40	2.00	2.10
SPI MÍNIMA		-1.80	-2.30	-1.90	-1.70	-1.70	-1.50	-1.80	-1.50	-2.20	-2.00	-2.30	-2.00
LEYENDA					Humedad normal				Sequía Normal				
					Sequía Moderada				Sequía Severa				
									Sequía Extrema				



Anexo D: Valores clasificados para el SPI-región 3.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 3													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-1.30	-1.10	0.70	0.30	0.50	0.00	0.00	-0.30	0.60	-0.70	-0.10	-1.30
2	1965	0.10	-0.90	1.10	-0.10	-0.70	0.00	0.10	-0.60	-0.30	-0.50	0.10	1.20
3	1966	-1.50	-0.20	-0.50	-1.50	1.80	0.00	0.00	-0.50	-1.00	0.30	0.00	-0.20
4	1967	-1.80	0.20	0.30	-1.70	0.50	0.00	1.40	0.60	1.00	0.90	-1.20	1.10
5	1968	-0.50	0.90	-0.30	-0.90	0.20	0.30	0.90	0.60	0.00	-0.10	1.20	-0.90
6	1969	-0.30	-0.80	-2.10	-0.10	-0.90	0.20	0.90	-0.50	-0.10	-1.00	-0.30	-0.80
7	1970	0.00	-1.10	0.30	0.80	0.50	0.00	0.00	-0.60	0.80	-0.50	-0.70	1.00
8	1971	-0.30	1.40	-2.10	0.10	-0.70	0.00	0.00	0.10	-1.50	-0.50	0.00	-0.60
9	1972	0.80	-0.20	-0.30	-0.10	-0.50	0.00	0.30	0.10	0.50	-0.70	0.10	0.10
10	1973	0.80	0.10	0.90	1.10	0.30	0.00	0.70	0.20	1.20	0.00	0.10	-1.30
11	1974	1.00	0.60	0.00	-0.10	-0.10	0.80	0.30	2.00	-0.40	-0.20	-0.60	-0.40
12	1975	0.10	0.60	0.50	-0.50	0.80	0.60	0.00	-0.60	-0.10	0.20	-0.80	0.40
13	1976	0.60	-0.20	-0.90	-0.90	0.30	0.20	0.30	0.10	1.30	-2.80	-1.30	-0.70
14	1977	-1.40	0.80	0.30	-1.00	-0.60	0.00	0.20	-0.70	0.40	-0.20	0.60	0.20
15	1978	1.10	0.80	-0.10	-0.10	-0.20	0.30	0.00	-0.70	0.20	-0.50	1.60	1.30
16	1979	0.80	-1.30	0.20	0.50	-0.20	0.00	0.30	-0.10	-1.10	1.00	0.50	0.60
17	1980	-0.50	-0.40	0.40	-1.00	0.00	0.00	1.00	0.70	1.00	1.30	-0.70	-1.30
18	1981	0.30	0.60	0.90	0.90	-0.10	0.30	0.00	1.10	0.40	0.80	0.50	0.30
19	1982	0.10	-1.50	0.30	0.70	-0.90	0.20	0.00	1.00	1.30	1.20	1.30	-1.00
20	1983	-1.40	-1.20	-1.60	0.40	-0.40	0.40	0.20	-0.70	0.10	-0.50	-0.80	-0.40
21	1984	1.80	1.60	1.10	-0.40	0.50	0.90	0.60	0.70	-1.70	1.80	2.30	1.50
22	1985	0.90	1.10	0.30	2.30	0.60	1.80	0.00	-0.30	0.90	0.00	3.00	1.70
23	1986	0.30	1.30	1.70	1.70	0.20	0.00	0.30	0.70	1.20	-1.30	-0.10	0.80
24	1987	1.10	-1.10	-1.00	0.10	-0.10	0.70	2.30	0.50	-0.90	0.00	1.00	-0.60
25	1988	0.20	-0.80	1.50	1.50	1.50	0.00	0.10	-0.70	-0.60	0.20	-2.20	0.40
26	1989	0.00	-0.90	-0.10	0.60	-0.20	0.80	0.10	1.10	0.30	-0.60	-0.70	-0.70
27	1990	0.40	-0.30	-1.60	-0.10	0.30	2.40	0.00	0.20	0.00	1.10	0.50	0.30
28	1991	0.40	-0.10	0.60	-0.20	1.30	2.50	0.50	-0.10	-0.10	-0.10	-0.40	-0.70
29	1992	0.10	-0.50	-1.70	-0.80	-0.90	0.90	0.20	2.40	-0.90	0.20	-0.10	-0.40
30	1993	0.60	-1.40	0.30	0.60	0.20	0.60	0.10	0.80	0.60	0.60	0.90	0.40
31	1994	-0.10	0.90	0.20	1.00	-0.20	0.00	0.00	0.00	-0.70	-0.90	0.00	-0.10
32	1995	-0.70	-0.10	0.30	-1.00	-0.50	0.00	0.00	-0.60	-0.60	-0.90	0.50	0.20
33	1996	0.20	-0.90	-0.20	-0.70	0.60	0.00	0.20	0.10	-0.20	-0.40	-0.10	-0.10
34	1997	0.60	0.70	1.00	-0.50	-0.40	0.00	0.00	0.90	0.60	-0.10	1.20	0.00
35	1998	-0.50	-0.20	0.00	0.30	-0.90	0.70	0.00	-0.40	-1.40	0.40	0.20	-1.90
36	1999	-0.80	-0.10	0.70	1.10	0.30	0.20	0.10	-0.40	0.60	0.60	-0.70	-1.80
37	2000	0.30	0.40	-0.30	-1.60	0.20	0.80	0.20	1.00	-1.40	1.40	-1.50	-0.40
38	2001	1.30	0.30	1.10	-0.30	1.10	0.40	0.60	0.30	-0.50	0.00	-0.70	0.30
39	2002	0.00	1.00	-0.10	0.60	1.10	0.50	1.70	0.60	0.40	1.80	0.20	0.40
40	2003	0.90	-0.30	0.60	-0.10	0.40	0.80	0.10	0.20	0.20	-0.50	-0.30	0.30
41	2004	1.60	0.90	-0.10	0.10	0.30	0.50	0.80	1.10	1.00	-1.60	0.20	0.00
42	2005	-1.30	1.00	0.20	-0.30	-0.80	0.00	0.00	0.20	-0.30	1.00	0.30	0.00
43	2006	0.90	-1.30	-0.30	-0.20	-0.80	0.30	0.00	-0.40	-0.50	0.50	0.20	0.20
44	2007	-0.90	-1.30	1.20	1.20	0.70	0.10	0.30	-0.50	1.00	-0.90	0.30	-0.40
45	2008	0.40	-0.60	-1.00	-2.00	-0.30	0.10	0.00	-0.60	-0.50	0.10	-0.10	1.10
46	2009	-1.20	0.20	-0.10	-0.50	-0.50	0.00	0.20	-0.60	-0.10	-0.20	0.70	0.20
47	2010	0.40	0.50	-0.70	0.20	0.60	0.10	0.00	-0.50	-1.60	-0.60	-1.20	0.00
48	2011	-1.10	1.10	-0.30	-0.60	0.50	0.20	1.00	-0.30	0.70	0.20	-0.20	0.80
49	2012	-0.10	0.60	0.40	0.60	-0.30	0.00	0.00	-0.20	-1.00	-0.90	-0.50	1.20
50	2013	0.20	0.80	0.60	-0.40	1.10	0.80	0.40	0.70	-0.60	0.30	-0.70	1.50
51	2014	-0.20	0.10	-0.70	-0.40	-0.50	0.00	0.90	1.10	1.40	0.20	-0.30	0.80
52	2015	0.20	-0.50	-0.60	0.80	0.00	0.30	0.80	0.10	0.90	0.20	0.10	0.20
53	2016	-1.50	1.00	-1.50	1.40	-0.60	0.20	1.10	0.40	0.10	0.10	-0.40	-0.80
54	2017	-1.10	-0.70	0.20	0.20	2.20	0.00	1.20	-0.70	1.30	0.50	-0.20	-0.60
55	2018	-0.30	0.40	0.90	-0.10	-0.30	1.60	1.90	0.20	-0.50	0.90	-0.80	-1.20
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.80	1.60	1.70	2.30	2.20	2.50	2.30	2.40	1.40	1.80	3.00	1.70
SPI MÍNIMA		-1.80	-1.50	-2.10	-2.00	-0.90	0.00	0.00	-0.70	-1.70	-2.80	-2.20	-1.90
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 3													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964			-1.00	-0.20	0.60	0.20	-0.10	-0.70	0.20	-0.40	-0.40	-1.20
2	1965	-0.70	-1.10	0.20	0.00	0.60	-0.50	-1.10	-1.00	-0.80	-0.80	-0.30	0.60
3	1966	-0.10	-0.30	-1.30	-0.90	-0.40	-0.30	1.10	-1.00	-1.60	-0.20	-0.10	-0.10
4	1967	-1.30	-1.10	-0.70	-0.20	-0.30	-1.20	0.70	0.70	1.20	1.10	0.20	0.50
5	1968	-0.10	0.70	0.10	0.10	-0.70	-0.90	0.30	0.50	0.30	-0.10	0.70	0.10
6	1969	-0.10	-1.20	-1.60	-1.80	-1.70	-0.50	-0.30	-0.20	-0.30	-1.30	-1.00	-1.10
7	1970	-0.70	-1.00	-0.40	-0.10	0.70	0.70	-0.10	-1.10	0.30	-0.30	-0.50	0.10
8	1971	0.00	1.00	-0.10	0.10	-1.50	-0.30	-1.20	-0.30	-1.30	-1.20	-0.80	-0.70
9	1972	0.10	0.10	0.20	-0.50	-0.50	-0.40	-0.70	-0.30	0.20	-0.50	-0.20	-0.30
10	1973	0.50	0.50	0.90	1.10	1.30	1.00	0.10	0.10	0.90	0.50	0.30	-0.70
11	1974	0.10	0.40	0.90	0.30	-0.20	-0.10	0.10	1.50	0.90	0.40	-0.80	-0.80
12	1975	-0.50	0.00	0.50	0.40	0.10	-0.20	0.40	-0.40	-0.50	-0.20	-0.60	-0.10
13	1976	0.30	0.40	-0.20	-1.00	-1.10	-0.80	-0.10	-0.10	1.00	-0.40	-1.10	-1.90
14	1977	-1.70	-0.60	-0.10	0.30	-0.40	-1.40	-0.90	-0.90	-0.10	-0.30	0.50	0.30
15	1978	0.90	1.10	1.10	0.50	-0.20	-0.30	-0.50	-0.90	-0.40	-0.60	1.00	1.50
16	1979	1.80	0.60	0.00	-0.50	0.30	0.20	-0.50	-0.50	-1.00	0.40	0.50	0.90
17	1980	0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.20	-1.10	0.10	0.60	1.10	1.50	0.70	-0.40
18	1981	-0.70	-0.10	0.90	1.20	1.10	0.80	-0.50	0.60	0.70	1.00	0.80	0.70
19	1982	0.40	-0.40	-0.40	-0.30	0.40	0.30	-1.20	0.40	1.40	1.70	1.80	0.80
20	1983	-0.50	-2.10	-2.30	-1.50	-1.00	0.20	-0.60	-0.70	-0.40	-0.70	-0.90	-1.00
21	1984	0.80	1.80	2.50	1.40	0.60	-0.10	0.80	0.80	-0.40	1.30	2.30	2.80
22	1985	2.40	1.70	1.20	1.90	1.70	2.50	1.40	0.90	0.40	0.20	2.50	2.80
23	1986	2.70	1.60	1.60	2.30	2.00	1.50	-0.30	0.20	1.10	0.10	-0.20	0.00
24	1987	0.90	0.60	-0.20	-1.30	-0.80	0.00	1.20	1.30	0.50	-0.40	0.30	0.10
25	1988	0.20	-0.70	0.40	1.10	1.90	1.70	0.80	-1.10	-1.10	-0.50	-1.40	-0.50
26	1989	-0.50	-0.30	-0.60	-0.40	0.10	0.50	0.00	0.80	0.60	-0.10	-0.90	-1.10
27	1990	-0.50	-0.30	-0.60	-1.10	-1.20	0.90	1.70	1.50	-0.20	0.80	0.80	0.90
28	1991	0.40	0.20	0.40	0.00	0.40	1.20	2.20	1.70	-0.30	-0.40	-0.60	-0.80
29	1992	-0.50	-0.60	-1.00	-1.60	-2.00	-0.90	-0.10	1.80	1.10	0.70	-0.40	-0.20
30	1993	0.10	-0.50	-0.20	-0.30	0.60	0.70	0.20	0.50	0.50	0.70	0.90	0.90
31	1994	0.50	0.50	0.50	1.00	0.60	0.70	-0.70	-0.50	-0.90	-1.40	-0.80	-0.50
32	1995	-0.60	-0.60	-0.40	-0.40	-0.40	-1.40	-1.00	-1.10	-1.20	-1.50	-0.40	-0.10
33	1996	0.30	-0.30	-0.50	-1.00	-0.40	-0.60	0.10	-0.30	-0.40	-0.60	-0.50	-0.40
34	1997	0.10	0.60	1.20	0.80	0.40	-0.90	-0.90	0.30	0.60	0.40	0.90	0.60
35	1998	0.20	-0.50	-0.50	-0.10	0.00	0.10	-0.60	-0.30	-1.60	-0.30	0.00	-0.70
36	1999	-1.40	-1.50	-0.20	0.70	1.00	0.90	-0.10	-0.70	0.20	0.50	0.00	-1.10
37	2000	-1.10	-0.40	0.20	-0.40	-0.90	-1.10	0.30	0.90	-0.20	1.00	-0.10	-0.10
38	2001	0.10	0.70	1.40	0.60	0.80	0.00	0.80	0.20	-0.30	-0.40	-0.80	-0.30
39	2002	-0.30	0.60	0.50	0.80	0.40	0.80	1.30	1.00	0.90	1.80	1.30	1.20
40	2003	0.80	0.50	0.60	0.00	0.40	0.00	0.30	0.20	-0.10	-0.50	-0.60	-0.30
41	2004	0.90	1.40	1.40	0.40	-0.10	0.00	0.40	0.90	1.20	-0.10	-0.30	-0.60
42	2005	-0.80	-0.20	-0.10	0.60	-0.20	-0.70	-1.40	-0.30	-0.40	0.60	0.60	0.50
43	2006	0.60	-0.10	-0.20	-1.20	-0.60	-0.60	-1.10	-0.70	-0.90	0.00	0.10	0.30
44	2007	-0.50	-1.20	-0.40	0.60	1.50	1.10	0.20	-0.70	0.50	-0.30	0.00	-0.60
45	2008	0.00	-0.40	-0.60	-1.70	-1.80	-2.30	-0.70	-1.00	-1.00	-0.50	-0.40	0.50
46	2009	-0.30	0.00	-0.70	-0.20	-0.50	-0.90	-0.80	-0.90	-0.60	-0.70	0.20	0.30
47	2010	0.50	0.50	0.10	-0.10	-0.50	0.10	0.10	-1.00	-2.00	-1.50	-1.80	-0.80
48	2011	-1.20	-0.10	-0.20	0.30	-0.50	-0.60	0.50	0.00	0.60	0.30	0.20	0.30
49	2012	0.10	0.50	0.40	0.70	0.40	0.30	-0.90	-0.60	-1.20	-1.50	-1.30	0.10
50	2013	0.40	1.00	0.70	0.60	0.40	0.00	0.90	0.60	-0.20	-0.10	-0.70	0.70
51	2014	0.30	0.60	-0.60	-0.60	-0.90	-0.70	-0.30	0.80	1.60	1.20	0.50	0.40
52	2015	0.30	0.20	-0.50	-0.40	-0.10	0.60	0.00	0.10	0.70	0.40	0.40	0.10
53	2016	-0.80	-0.20	-0.90	0.50	-0.10	1.10	-0.10	0.40	0.40	0.10	-0.30	-0.80
54	2017	-1.50	-1.60	-1.00	-0.30	0.60	0.80	1.60	0.00	1.10	0.80	0.60	-0.40
55	2018	-0.70	-0.40	0.40	0.60	0.50	0.30	1.50	1.50	0.30	0.40	-0.10	-0.50
N° DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		2.70	1.80	2.50	2.30	2.00	2.50	2.20	1.80	1.60	1.80	2.50	2.80
SPI MÍNIMA		-1.70	-2.10	-2.30	-1.80	-2.00	-2.30	-1.40	-1.10	-2.00	-1.50	-1.80	-1.90
LEYENDA					Humedad normal				Sequía Normal				
					Sequía Moderada				Sequía Severa				
					Sequía Extrema								



Anexo E: Valores clasificados para el SPI-región 4.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 4													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-0.80	-0.60	1.10	-0.10	-0.30	-0.70	-0.50	-0.50	0.40	-0.80	-0.40	0.20
2	1965	0.60	0.00	0.20	0.80	-0.80	-0.60	-0.10	-0.50	1.00	-1.20	-0.10	0.70
3	1966	-1.20	0.40	-0.40	-0.80	1.70	-0.70	-0.90	0.00	0.10	1.00	0.30	-0.20
4	1967	-1.90	-0.10	0.50	-0.90	0.90	0.00	1.20	1.40	1.30	0.70	-0.40	0.80
5	1968	-0.90	0.60	-0.30	-0.50	-0.60	-0.10	1.70	1.20	0.60	0.80	1.30	0.40
6	1969	0.50	0.00	-0.80	0.20	-0.40	1.10	1.20	-0.10	0.30	-0.50	0.20	-0.40
7	1970	0.00	-0.20	0.10	1.20	0.40	0.40	0.60	-0.50	1.40	0.10	-0.90	1.20
8	1971	0.80	1.40	-1.00	0.20	-0.50	0.00	-0.80	0.20	-0.80	0.40	0.40	0.60
9	1972	0.50	0.00	-0.50	-0.60	-0.20	-0.30	-0.10	1.10	0.40	-0.10	0.00	0.60
10	1973	0.40	0.40	-0.10	0.60	-0.10	-0.50	0.70	0.00	1.30	0.70	-0.60	0.00
11	1974	0.30	1.30	0.50	-0.30	-0.70	0.00	0.20	2.50	-0.40	-0.70	-1.90	-0.40
12	1975	-0.20	0.50	-0.70	-0.70	1.00	-0.20	-0.30	-0.50	0.50	0.30	-0.40	0.90
13	1976	1.20	0.10	0.20	-0.90	0.70	0.40	-0.10	0.70	0.70	-1.30	-0.90	0.50
14	1977	-1.00	0.20	1.00	0.30	0.30	0.10	0.30	-0.70	0.70	0.20	1.10	0.60
15	1978	0.60	0.90	0.70	0.70	-0.40	0.00	-0.20	-1.00	0.60	-1.10	1.00	1.20
16	1979	0.90	0.30	1.10	1.00	-0.20	-0.60	-0.10	-0.20	0.20	-0.30	0.40	0.60
17	1980	0.20	-0.10	0.70	0.10	0.30	-0.30	0.80	-0.20	0.30	1.30	-0.70	-0.80
18	1981	0.90	1.00	1.30	0.30	-0.40	0.10	-0.90	0.80	1.10	1.00	0.50	0.70
19	1982	0.90	-0.80	0.20	0.50	-0.60	0.00	-0.90	0.50	0.70	1.20	1.50	-0.10
20	1983	-1.10	0.20	-0.70	0.60	0.70	0.40	-0.90	-1.20	-0.30	-0.90	-1.10	-0.70
21	1984	1.70	1.70	0.90	0.00	1.00	-0.20	0.00	0.90	-1.10	1.30	1.30	1.10
22	1985	1.30	0.60	0.60	1.80	1.60	1.80	0.00	0.50	1.50	0.30	1.60	2.00
23	1986	0.80	2.00	1.90	2.00	1.00	1.20	0.80	1.00	1.20	-0.30	0.60	1.10
24	1987	1.20	-0.50	-0.30	0.10	0.50	0.60	2.40	-0.60	-0.60	0.50	1.00	0.30
25	1988	0.50	0.20	1.40	1.40	1.60	0.10	0.40	0.30	0.20	0.50	-0.30	0.60
26	1989	-0.10	0.00	0.30	0.40	1.00	0.80	0.50	1.30	0.00	0.30	-0.40	-0.60
27	1990	-0.10	-0.90	-1.20	-0.30	-0.50	2.00	-0.10	0.10	-0.20	0.90	0.80	-0.20
28	1991	-0.20	-0.60	-0.10	-0.40	0.40	1.50	0.20	-0.50	0.50	0.10	0.20	0.10
29	1992	0.00	0.40	-0.70	-0.40	0.10	1.00	0.20	1.20	-1.70	-0.10	0.90	-0.20
30	1993	0.00	-0.60	0.30	0.50	-0.10	0.10	0.00	1.20	-0.20	-0.60	0.70	0.40
31	1994	0.10	1.70	0.30	0.50	0.30	-0.10	-0.30	-0.60	1.00	0.20	-0.10	0.10
32	1995	-0.70	-0.60	0.90	-0.60	0.00	-0.20	0.00	-0.50	-0.70	-1.00	-0.60	-0.90
33	1996	-0.10	0.20	-0.10	0.30	0.90	-0.60	-0.10	0.60	-0.30	-0.70	1.10	-0.60
34	1997	0.70	1.00	0.70	-0.40	0.20	-0.40	-0.40	0.30	-0.30	-0.60	0.20	-1.20
35	1998	-1.10	-0.10	0.50	-0.30	-1.60	0.40	-0.40	-0.90	-1.60	1.10	0.70	-1.80
36	1999	-0.30	0.30	0.60	0.40	0.10	-0.30	-0.20	-1.10	0.70	-1.00	-0.20	-0.20
37	2000	0.40	-0.50	-0.50	-1.70	-0.80	0.60	-0.20	-0.40	-0.60	1.10	-1.60	0.00
38	2001	0.90	-0.60	0.40	-0.30	0.20	-0.40	1.00	0.40	-0.30	-0.30	-0.30	-0.90
39	2002	-0.90	0.40	0.40	0.00	-0.20	0.20	1.20	0.00	-0.10	0.40	0.20	-0.10
40	2003	0.30	-0.90	0.20	0.80	-0.60	0.50	-0.10	0.10	-0.30	0.20	-1.00	-0.30
41	2004	0.20	-0.90	-1.10	-0.10	-0.30	0.40	0.50	0.30	-0.50	-0.90	0.20	-0.50
42	2005	-1.00	-0.30	-1.10	-1.70	-1.00	-0.70	-0.20	-0.20	-1.20	0.10	-0.10	-0.30
43	2006	0.40	-1.20	-1.20	0.20	-1.30	-0.20	-0.50	-0.10	-0.20	-0.10	0.70	-0.30
44	2007	-0.60	-1.10	-0.10	-1.10	-0.40	-0.60	0.00	-1.00	-0.50	0.10	-0.40	-0.60
45	2008	0.00	-1.50	-0.60	-0.80	0.20	-0.20	-0.50	-0.20	-1.30	0.40	-1.00	-0.10
46	2009	-0.60	-0.30	-1.50	-0.40	-0.40	-0.70	-0.10	-0.90	-0.20	-1.40	0.60	-0.40
47	2010	0.30	-0.80	-0.50	-1.00	-0.50	-0.70	-0.10	-0.80	-1.70	-0.20	-1.10	0.00
48	2011	-1.10	0.00	0.50	-0.40	-0.90	-0.10	-0.10	-0.60	0.90	0.10	-1.20	-0.10
49	2012	-0.60	0.20	-0.10	0.30	-1.30	0.90	-0.30	-0.70	-0.50	-1.30	-0.10	0.20
50	2013	0.10	-0.50	-1.00	-1.40	0.40	0.60	-0.20	0.70	-1.00	0.70	0.30	0.40
51	2014	0.40	-0.60	-0.90	-0.20	-0.30	-0.50	0.40	-0.40	0.60	-0.30	-0.80	0.00
52	2015	-0.20	-0.60	-0.50	1.20	0.90	0.40	0.90	0.70	-0.70	-0.50	0.00	-0.40
53	2016	-1.40	-0.60	-2.10	0.10	0.00	0.20	0.80	0.00	0.00	0.20	-0.50	-1.20
54	2017	-0.80	-0.70	-0.10	0.40	0.70	-0.40	-0.30	-0.50	0.30	-0.30	-0.30	-0.40
55	2018	-0.40	0.20	0.80	-0.70	-0.90	1.50	1.60	0.30	-0.50	0.60	0.00	-1.40
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.70	2.00	1.90	2.00	1.70	2.00	2.40	2.50	1.50	1.30	1.60	2.00
SPI MÍNIMA		-1.90	-1.50	-2.10	-1.70	-1.60	-0.70	-0.90	-1.20	-1.70	-1.40	-1.90	-1.80
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 4													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964			-0.10	0.20	0.60	-0.40	-0.90	-1.30	-0.30	-0.70	-0.60	-0.40
2	1965	0.10	0.20	0.30	0.30	0.20	0.20	-1.30	-1.00	0.30	-0.40	-0.20	-0.10
3	1966	-0.30	0.00	-0.50	-0.20	0.00	0.20	0.80	-0.80	-0.10	0.70	0.50	0.30
4	1967	-0.90	-0.90	-0.50	0.00	0.20	-0.30	1.00	1.20	1.60	1.50	0.50	0.50
5	1968	-0.20	0.30	-0.20	0.00	-0.60	-0.80	0.70	1.30	1.40	1.20	1.30	1.10
6	1969	1.00	0.40	-0.10	-0.30	-0.50	0.30	0.70	0.70	0.40	-0.30	0.00	-0.30
7	1970	-0.20	-0.30	-0.10	0.30	0.70	1.20	0.40	-0.10	1.00	0.70	0.20	0.40
8	1971	0.70	1.50	0.70	0.40	-0.80	-0.10	-0.80	-0.30	-0.80	-0.10	0.30	0.60
9	1972	0.60	0.50	0.00	-0.40	-0.60	-0.70	-0.50	0.50	0.70	0.50	0.00	0.20
10	1973	0.40	0.60	0.30	0.40	0.10	0.30	0.10	0.00	1.00	1.00	0.50	-0.10
11	1974	-0.20	0.70	1.00	0.90	0.10	-0.50	-0.30	1.90	1.70	1.20	-1.80	-1.10
12	1975	-0.80	0.10	0.00	-0.10	-0.40	0.00	0.40	-0.60	-0.10	0.20	0.00	0.40
13	1976	0.80	1.00	0.70	-0.10	0.00	-0.30	0.40	0.50	0.70	0.00	-0.70	-0.50
14	1977	-0.60	-0.20	0.20	0.70	0.90	0.40	0.20	-0.40	0.20	0.10	0.90	0.90
15	1978	1.00	0.90	0.90	0.90	0.60	0.40	-0.50	-0.80	-0.10	-0.50	0.50	0.90
16	1979	1.30	1.00	1.00	0.90	1.10	0.50	-0.60	-0.60	-0.10	-0.30	0.10	0.40
17	1980	0.40	0.20	0.30	0.30	0.50	0.10	0.20	-0.10	0.30	1.00	0.40	-0.10
18	1981	0.00	0.70	1.40	1.20	0.90	0.00	-0.80	0.30	0.90	1.40	1.10	0.90
19	1982	0.90	0.30	0.20	-0.10	0.20	0.10	-0.90	-0.10	0.40	1.10	1.60	1.10
20	1983	0.20	-0.50	-0.70	0.00	0.10	0.70	0.30	-0.70	-1.10	-1.30	-1.40	-1.30
21	1984	0.40	1.50	2.00	1.30	0.90	0.30	0.40	0.40	-0.20	0.80	1.10	1.60
22	1985	1.60	1.30	1.10	1.20	1.60	2.20	1.80	1.00	1.10	1.10	1.60	2.00
23	1986	1.90	2.20	2.20	2.50	2.40	2.20	1.10	1.30	1.40	0.70	0.60	0.70
24	1987	1.30	0.80	0.20	-0.40	-0.10	0.20	1.80	1.20	0.60	-0.30	0.60	0.70
25	1988	0.70	0.40	1.00	1.20	1.80	1.60	1.20	0.00	0.20	0.50	-0.10	0.30
26	1989	0.10	0.20	0.10	0.20	0.50	0.70	1.10	1.30	0.90	0.90	-0.10	-0.30
27	1990	-0.40	-0.60	-0.90	-1.10	-1.00	0.50	1.00	1.00	-0.40	0.40	1.00	0.60
28	1991	0.20	-0.40	-0.50	-0.50	-0.20	0.40	1.10	0.60	0.00	0.10	0.30	0.10
29	1992	0.10	0.20	-0.10	-0.20	-0.50	0.00	0.60	1.10	0.00	-0.20	0.20	0.30
30	1993	0.20	-0.40	-0.20	0.00	0.40	0.20	-0.40	0.60	0.40	-0.10	0.00	0.30
31	1994	0.50	1.10	1.00	1.20	0.40	0.20	-0.20	-0.90	0.30	0.40	0.30	0.10
32	1995	-0.40	-0.60	-0.20	-0.10	0.30	-0.70	-0.30	-0.70	-1.00	-1.50	-1.10	-1.20
33	1996	-0.70	-0.30	0.00	0.10	0.20	0.30	0.20	0.00	-0.10	-0.60	0.30	0.00
34	1997	0.60	0.60	1.00	0.70	0.30	-0.50	-0.40	-0.30	-0.40	-0.60	-0.30	-0.90
35	1998	-1.10	-1.10	-0.40	0.00	-0.10	-0.70	-1.10	-0.70	-2.10	0.00	0.60	0.00
36	1999	-0.60	-0.70	0.20	0.50	0.50	0.20	-0.40	-1.20	0.00	-0.60	-0.30	-0.60
37	2000	-0.10	-0.20	-0.30	-1.00	-1.20	-1.40	-0.60	-0.20	-0.90	0.30	-0.30	-0.10
38	2001	0.00	0.10	0.30	-0.30	0.10	-0.40	0.30	0.30	0.20	-0.40	-0.50	-0.80
39	2002	-1.10	-0.60	0.00	0.40	0.20	-0.20	0.40	0.40	0.20	0.00	0.20	0.20
40	2003	0.10	-0.40	-0.20	-0.10	0.30	0.50	-0.40	0.10	-0.40	-0.10	-0.60	-0.50
41	2004	-0.50	-0.50	-0.80	-1.00	-0.90	-0.20	0.00	0.40	-0.20	-0.80	-0.60	-0.60
42	2005	-0.80	-0.90	-1.20	-1.20	-1.70	-2.00	-1.40	-0.80	-1.20	-0.70	-0.50	-0.30
43	2006	-0.10	-0.50	-0.80	-1.10	-1.00	-0.30	-1.60	-0.60	-0.60	-0.40	0.20	0.10
44	2007	-0.20	-1.00	-0.90	-1.00	-0.60	-1.20	-0.90	-1.20	-1.10	-0.50	-0.40	-0.60
45	2008	-0.50	-1.00	-1.00	-1.40	-0.80	-0.70	-0.40	-0.70	-1.40	-0.40	-0.70	-0.30
46	2009	-0.80	-0.60	-1.10	-1.10	-1.40	-0.80	-0.90	-1.20	-0.70	-1.40	-0.30	-0.40
47	2010	0.10	-0.50	-0.50	-1.00	-0.90	-1.20	-1.00	-1.20	-1.90	-1.30	-1.40	-0.60
48	2011	-1.00	-0.60	-0.30	0.00	0.00	-0.80	-1.00	-0.60	0.30	0.30	-0.20	-0.60
49	2012	-0.80	-0.20	-0.20	0.10	-0.30	0.00	-0.40	-0.20	-1.00	-1.60	-0.90	-0.40
50	2013	0.00	-0.20	-0.60	-1.10	-1.20	-0.60	0.20	0.40	-0.40	0.20	0.10	0.50
51	2014	0.40	0.00	-0.60	-0.90	-0.90	-0.50	-0.50	-0.50	0.20	-0.20	-0.50	-0.60
52	2015	-0.50	-0.50	-0.70	-0.10	0.50	1.20	1.00	0.80	0.30	-0.50	-0.50	-0.40
53	2016	-0.90	-1.20	-1.70	-1.10	-1.10	-0.10	0.30	0.20	0.00	-0.10	-0.40	-0.90
54	2017	-1.30	-1.40	-0.90	-0.30	0.20	0.30	0.00	-1.00	-0.30	-0.40	-0.40	-0.60
55	2018	-0.70	-0.40	0.20	0.30	0.10	-0.30	1.10	1.30	0.40	0.10	0.00	-0.50
N° DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.90	2.20	2.20	2.50	2.40	2.20	1.80	1.90	1.70	1.50	1.60	2.00
SPI MÍNIMA		-1.30	-1.40	-1.70	-1.40	-1.70	-1.40	-1.60	-1.30	-2.10	-1.60	-1.80	-1.30
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											



Anexo F: Valores clasificados para el SPI-región 5.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 5													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-1.30	-0.50	-0.30	0.10	1.50	-0.20	-0.10	-0.50	0.10	-0.90	0.00	-1.10
2	1965	-0.50	-0.20	1.30	-0.30	-0.90	-0.20	0.00	-0.50	0.60	-0.20	-0.60	0.80
3	1966	-1.30	0.00	-0.90	-1.80	1.70	-0.20	-0.20	0.00	0.40	1.30	0.90	0.60
4	1967	-1.40	-0.50	0.70	-0.30	0.30	0.00	1.40	0.90	0.80	0.40	-1.20	0.50
5	1968	0.20	0.60	0.40	-0.60	-0.70	0.40	1.30	0.20	0.20	0.90	1.30	-0.70
6	1969	0.00	0.10	0.10	0.90	-0.40	0.70	0.90	0.50	0.70	0.50	0.40	-0.20
7	1970	0.90	0.60	0.10	0.10	0.50	0.20	-0.10	-0.30	1.80	0.50	-0.90	2.00
8	1971	0.40	1.40	-0.90	0.50	-0.50	0.00	-0.20	-0.50	-1.50	-0.60	-0.20	0.30
9	1972	1.30	0.10	0.00	-0.40	-0.80	-0.20	0.50	0.20	0.10	-0.40	-0.40	0.00
10	1973	0.20	-0.10	1.10	1.60	0.80	0.20	0.30	0.70	1.40	0.10	0.70	-0.80
11	1974	0.50	0.40	0.00	0.60	-0.30	0.50	-0.10	2.70	0.50	-0.30	-0.40	-0.40
12	1975	1.00	0.40	0.00	-0.30	1.20	0.60	-0.20	-0.20	0.90	0.10	-0.10	0.80
13	1976	0.70	-0.50	0.50	-0.60	1.20	0.80	0.60	0.30	1.10	-1.80	-1.10	-1.30
14	1977	-0.60	0.80	0.20	-1.00	-0.40	-0.20	0.50	-0.70	0.80	0.30	1.20	-0.30
15	1978	1.00	0.10	-1.00	0.10	-0.70	0.10	-0.20	-0.60	0.40	-1.20	1.30	0.40
16	1979	0.30	-1.40	-0.60	0.10	-0.60	-0.20	-0.10	0.20	-0.70	-0.20	-0.40	0.00
17	1980	-1.40	-1.00	0.10	-1.70	0.40	0.30	0.60	0.30	-0.20	1.10	-0.30	-0.60
18	1981	0.30	0.50	-0.10	0.50	-0.10	0.40	-0.20	1.00	0.10	0.10	-0.40	-0.40
19	1982	-0.40	-1.40	-0.60	0.50	-0.90	0.10	-0.10	-0.10	0.60	1.10	1.60	-1.80
20	1983	-2.60	-2.10	-2.10	-0.10	-0.40	-0.10	-0.10	-0.70	-0.50	-1.10	-1.60	-0.80
21	1984	0.80	0.50	0.20	-0.90	0.70	0.20	0.10	0.10	-1.30	1.50	1.80	1.00
22	1985	-1.00	0.20	-0.50	1.50	1.20	1.40	0.30	-0.60	1.20	-0.80	1.50	0.10
23	1986	-1.00	0.00	0.20	1.00	0.70	0.00	0.10	0.10	0.60	-2.20	-0.30	0.70
24	1987	-0.40	-1.40	-1.60	-0.50	-0.60	0.10	1.40	0.00	-0.90	-1.00	0.50	-1.30
25	1988	0.80	-1.20	0.50	0.80	0.60	-0.20	0.00	-0.70	-0.50	-0.70	-2.50	-0.50
26	1989	-0.10	-0.90	-0.20	0.60	-0.10	0.50	0.00	1.50	0.40	-0.20	-0.50	-0.80
27	1990	0.20	-0.30	0.20	0.10	0.20	2.50	-0.20	-0.40	-0.80	1.10	0.00	-0.40
28	1991	0.10	-1.10	-0.10	-0.50	1.30	2.10	-0.20	-0.70	-0.70	0.10	-0.90	-0.80
29	1992	-1.10	-1.40	-2.10	-1.50	-0.80	0.30	0.00	1.50	-1.10	0.00	0.50	-0.80
30	1993	0.50	-2.30	0.60	0.40	-0.30	0.80	0.10	1.20	-0.20	0.90	1.70	0.40
31	1994	1.20	0.60	0.60	0.70	0.10	0.00	-0.20	-0.20	-0.90	-0.50	0.30	0.40
32	1995	-0.50	0.10	0.40	-0.80	-0.30	-0.20	-0.10	-0.60	-0.20	-0.10	0.20	0.10
33	1996	0.40	0.30	-0.20	0.40	0.20	-0.20	0.60	0.30	-0.30	-0.70	0.20	0.40
34	1997	1.10	1.10	1.20	0.30	0.10	-0.20	0.00	1.10	1.20	0.00	1.20	0.50
35	1998	-0.20	0.20	0.20	-0.70	-0.90	0.30	-0.20	-0.30	-0.80	0.80	0.90	-1.50
36	1999	-0.40	0.90	1.10	1.40	0.30	-0.10	0.00	-0.50	0.40	0.60	-1.10	-0.30
37	2000	0.60	0.80	0.00	-1.40	0.60	0.80	0.50	0.20	-0.70	1.70	-1.50	0.50
38	2001	1.30	0.50	0.30	-0.30	1.60	0.10	1.00	0.30	-0.40	-0.40	-1.30	-1.20
39	2002	-0.10	1.00	0.10	1.20	1.60	0.80	1.80	0.20	0.20	1.10	0.70	0.30
40	2003	-0.20	0.60	1.70	-0.20	0.20	0.50	-0.20	0.40	0.20	-0.90	-0.90	0.00
41	2004	1.00	0.20	-0.70	0.00	-0.80	0.20	0.70	1.10	1.10	-1.30	-0.10	0.20
42	2005	-1.30	1.30	-0.50	-0.10	-0.90	-0.20	0.00	0.10	-1.20	0.80	0.20	-0.20
43	2006	0.90	-0.20	0.40	-0.20	-0.60	0.50	-0.20	0.00	-0.60	0.00	0.60	1.20
44	2007	-0.80	-0.30	1.30	0.70	0.10	0.00	0.70	-0.70	0.60	-0.30	0.20	-0.70
45	2008	0.30	-0.60	-1.80	-2.50	-0.30	0.20	-0.10	-0.40	-1.20	0.10	-0.60	1.40
46	2009	-0.80	-0.10	-0.30	0.20	-0.70	-0.20	0.30	-0.60	-0.20	-0.70	0.90	0.20
47	2010	1.00	0.20	0.20	0.10	0.60	0.00	-0.10	-0.60	-0.90	-0.80	-0.40	0.20
48	2011	-0.50	1.30	0.30	0.70	0.50	0.50	1.00	-0.10	0.80	-0.50	-0.10	0.80
49	2012	0.40	0.90	0.70	1.00	-0.50	-0.10	-0.20	-0.60	-0.10	-0.40	0.20	1.30
50	2013	0.70	0.60	-0.10	-0.70	0.00	1.40	0.60	0.40	-1.00	0.40	-0.20	1.20
51	2014	-0.10	0.50	-0.70	-0.30	-0.40	-0.20	0.40	0.90	0.90	1.00	-0.30	1.10
52	2015	1.00	-0.60	0.10	1.10	0.20	0.00	0.80	0.20	0.70	-0.20	-0.30	1.00
53	2016	-0.70	1.20	-1.00	1.40	-0.60	0.20	1.00	0.40	-0.20	0.70	-0.60	-0.50
54	2017	-0.10	-0.60	0.80	0.00	1.40	-0.20	0.60	-0.50	1.20	0.30	0.40	0.20
55	2018	-0.20	0.70	0.70	-0.60	-0.50	1.90	2.60	1.50	-0.60	1.20	0.40	-1.30
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.30	1.40	1.70	1.60	1.70	2.50	2.60	2.70	1.80	1.70	1.80	2.00
SPI MÍNIMA		-2.60	-2.30	-2.10	-2.50	-0.90	-0.20	-0.20	-0.70	-1.50	-2.20	-2.50	-1.80
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 5													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964			-1.30	-0.70	-0.20	0.20	0.50	-1.20	-0.40	-1.00	-0.50	-1.00
2	1965	-1.00	-0.90	0.30	0.60	0.90	-0.40	-1.60	-1.00	0.10	-0.10	-0.40	0.00
3	1966	-0.80	-0.30	-1.00	-1.00	-0.90	-0.70	1.00	-0.80	-0.10	1.00	1.30	1.30
4	1967	-0.10	-0.80	-0.70	-0.20	0.20	-0.50	0.60	1.00	1.30	0.90	-0.20	-0.10
5	1968	-0.20	0.80	0.60	0.40	-0.50	-0.90	0.10	0.30	-0.20	0.20	1.00	0.50
6	1969	0.00	-0.80	-0.30	-0.10	0.00	0.10	0.40	0.70	0.50	0.80	0.70	0.30
7	1970	0.30	0.50	0.80	0.50	0.30	0.00	-0.10	-1.00	0.60	0.30	-0.40	0.60
8	1971	0.60	1.70	0.60	0.60	-0.80	-0.50	-1.40	-0.90	-2.10	-1.50	-1.10	-0.30
9	1972	1.00	0.90	0.80	-0.20	-0.20	-0.70	-0.50	0.20	0.20	-0.30	-0.60	-0.40
10	1973	0.20	0.30	0.70	1.00	1.30	1.00	0.20	0.40	1.20	0.70	0.60	-0.40
11	1974	0.10	0.30	0.70	0.80	0.40	0.80	0.10	2.40	2.00	1.30	-0.50	-0.40
12	1975	0.20	0.50	0.20	-0.50	-0.60	-0.20	0.90	-0.50	0.20	0.00	-0.10	0.20
13	1976	0.70	0.40	0.60	0.00	0.60	0.10	1.30	0.60	1.10	-0.10	-0.80	-2.00
14	1977	-1.90	-0.50	0.10	0.30	-0.30	-1.30	-0.40	-0.70	0.70	0.60	1.50	0.70
15	1978	1.80	1.00	1.00	0.00	-0.40	0.00	-1.00	-0.50	0.30	-0.50	0.90	0.90
16	1979	1.20	0.00	-0.30	-0.40	0.00	-0.10	-1.50	-0.10	-0.60	-0.20	-0.20	0.00
17	1980	-1.10	-1.60	-1.50	-1.30	-0.60	-1.50	0.20	0.10	0.10	1.20	0.80	0.40
18	1981	0.10	0.20	0.30	0.30	0.30	0.70	-0.40	0.60	0.40	0.10	-0.50	-0.80
19	1982	-1.10	-1.40	-1.30	-1.10	-0.40	0.00	-1.50	-0.20	0.40	1.10	1.60	0.60
20	1983	-1.40	-3.60	-3.40	-2.50	-1.70	-0.50	-1.00	-1.20	-1.00	-1.60	-1.90	-2.00
21	1984	-0.50	0.20	0.60	-0.20	-0.30	-0.90	0.30	0.00	-0.90	1.10	2.00	2.40
22	1985	1.30	0.10	-0.40	0.70	1.00	1.90	1.10	0.00	0.50	-0.20	1.20	0.90
23	1986	0.50	-0.40	-0.40	0.50	0.80	1.10	0.20	-0.30	0.20	-1.10	-0.90	-0.30
24	1987	0.10	-0.40	-1.30	-1.80	-1.40	-0.80	0.40	0.60	-0.20	-1.20	-0.30	-0.80
25	1988	0.10	-0.60	0.10	0.00	0.80	0.80	0.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.90	-1.70
26	1989	-1.30	-0.80	-0.60	-0.40	0.10	0.40	-0.20	1.10	0.80	0.40	-0.60	-1.00
27	1990	-0.40	-0.10	0.10	-0.20	-0.20	0.80	1.50	1.20	-1.20	0.30	0.30	0.20
28	1991	-0.40	-0.80	-0.60	-0.90	-0.10	0.70	1.80	0.90	-1.10	-0.50	-0.80	-1.00
29	1992	-1.80	-1.70	-2.10	-2.50	-2.60	-1.80	-0.90	1.00	0.30	0.10	-0.10	-0.50
30	1993	0.00	-0.90	-0.30	-0.60	0.30	0.30	0.20	1.10	0.60	1.10	1.50	1.60
31	1994	1.60	0.90	1.00	0.80	0.60	0.40	-0.70	-1.00	-1.30	-1.30	-0.40	0.10
32	1995	-0.10	0.00	-0.10	0.10	-0.10	-0.60	-1.00	-0.80	-0.30	-0.50	-0.30	-0.30
33	1996	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	-0.10	-0.30	-0.80	-0.60	0.10
34	1997	1.00	1.20	1.50	1.20	1.10	0.30	-0.50	0.40	1.10	0.60	0.90	0.50
35	1998	0.60	0.30	0.10	-0.20	-0.60	-0.80	-1.30	-0.30	-0.90	0.40	0.70	0.20
36	1999	-0.60	-0.30	0.70	1.60	1.70	1.40	-0.20	-0.90	0.00	0.50	-0.20	-0.50
37	2000	-0.20	0.60	0.70	0.00	-0.50	-0.80	0.80	0.50	-0.20	1.20	0.30	0.40
38	2001	0.50	0.90	1.00	0.20	0.40	0.20	1.20	0.00	-0.70	-1.20	-1.60	-2.20
39	2002	-1.50	-0.20	0.30	0.60	0.70	1.20	1.70	0.80	0.70	1.10	1.10	0.90
40	2003	0.10	-0.10	0.50	0.60	0.60	-0.50	-0.30	0.10	0.20	-0.60	-1.20	-1.00
41	2004	0.00	0.30	0.20	-0.50	-0.60	-0.30	0.00	0.80	1.10	-0.10	-0.40	-0.20
42	2005	-0.80	0.40	0.10	0.80	-0.50	-0.50	-1.40	-0.40	-1.00	0.10	0.30	0.20
43	2006	0.60	0.30	0.70	0.20	0.30	0.00	-0.40	0.00	-0.60	-0.50	0.00	0.60
44	2007	0.20	-0.10	0.40	1.10	1.70	0.60	0.40	-0.40	0.50	-0.20	0.00	-0.40
45	2008	0.10	-0.20	-0.50	-1.60	-2.00	-2.50	-0.50	-0.60	-1.00	-0.40	-0.70	0.70
46	2009	0.00	0.40	-0.60	-0.10	-0.30	-0.20	-0.70	-1.00	-0.50	-0.80	0.40	0.60
47	2010	1.20	0.80	0.60	0.30	0.10	0.20	0.00	-1.10	-2.10	-1.60	-0.90	-0.20
48	2011	-0.40	0.50	0.50	1.40	1.00	1.20	0.70	0.30	0.70	-0.30	-0.30	0.30
49	2012	0.70	1.00	0.80	1.20	1.00	1.10	-1.10	-1.20	-1.00	-0.90	-0.30	0.80
50	2013	1.30	1.30	0.70	0.20	-0.30	-0.10	1.10	1.10	0.00	0.10	-0.20	0.60
51	2014	0.10	0.30	-0.60	-0.50	-1.10	-0.80	-0.70	0.40	0.90	1.60	0.80	0.80
52	2015	0.50	0.30	-0.20	-0.10	0.30	1.00	0.10	0.30	0.60	-0.10	-0.20	0.10
53	2016	-0.70	0.20	-0.60	0.60	-0.20	0.90	-0.10	0.50	0.20	0.60	0.00	-0.30
54	2017	-0.90	-0.90	-0.10	0.00	0.90	0.40	1.00	-0.50	0.80	0.70	0.70	0.40
55	2018	0.10	0.40	0.80	0.80	0.40	0.00	1.90	2.20	1.10	1.00	0.50	-0.10
Nº DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.80	1.70	1.50	1.60	1.70	1.90	1.90	2.40	2.00	1.60	2.00	2.40
SPI MÍNIMA		-1.90	-3.60	-3.40	-2.50	-2.60	-2.50	-1.60	-1.20	-2.10	-1.60	-1.90	-2.20
LEYENDA		Humedad normal					Sequía Normal						
		Sequía Moderada					Sequía Severa						
		Sequía Extrema											



Anexo G: Valores clasificados para el SPI-región 6.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 6													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-1.80	-0.20	0.50	-0.10	1.20	-0.10	-0.10	-0.20	0.20	-0.70	0.00	-0.80
2	1965	-0.30	0.30	0.50	0.00	-0.20	0.00	0.40	-0.70	0.30	-0.50	0.20	0.90
3	1966	-1.40	0.00	-0.80	-1.50	2.70	0.00	-0.10	-0.60	-0.30	1.20	1.10	-0.20
4	1967	-1.40	-0.40	0.60	-0.50	0.70	0.10	1.10	0.40	2.00	0.50	-0.90	0.50
5	1968	0.50	0.50	0.30	-1.00	0.50	0.60	0.70	-0.30	0.50	0.80	1.40	-1.20
6	1969	0.40	-0.80	-1.20	-0.40	-0.80	0.40	0.60	-0.60	0.10	-0.10	0.60	0.50
7	1970	0.10	0.00	0.80	-0.40	0.90	0.10	-0.10	-0.30	-0.10	-0.10	-1.60	1.10
8	1971	-0.60	1.00	-0.70	-0.50	-0.30	0.40	-0.10	-0.30	-1.10	-0.90	-0.10	0.80
9	1972	0.90	-0.30	0.80	-0.50	-0.30	-0.10	-0.10	-0.60	1.40	0.00	-0.10	0.10
10	1973	1.40	0.70	0.60	1.10	0.60	0.20	0.70	0.50	1.50	-0.30	-0.30	-0.10
11	1974	1.50	1.30	-0.50	0.30	-0.60	1.20	0.10	2.80	0.40	-0.70	-1.00	-0.40
12	1975	0.70	1.10	0.40	-0.50	1.20	0.10	-0.10	-0.40	0.00	0.20	-0.50	1.40
13	1976	0.70	-0.20	0.30	-0.50	0.20	0.10	0.90	1.00	2.00	-1.90	-1.40	-0.30
14	1977	-1.30	1.00	0.90	-1.10	-0.40	-0.10	0.70	-0.20	-0.10	0.20	1.30	0.10
15	1978	1.10	-1.30	-0.70	0.20	-0.70	0.10	0.00	-0.50	0.20	-0.40	1.10	0.80
16	1979	0.20	-1.00	0.20	-0.40	-0.60	-0.10	0.00	0.20	-1.10	0.50	0.60	0.00
17	1980	-1.50	-1.30	0.80	-1.40	-0.40	-0.10	0.40	0.20	0.90	1.70	-0.50	-1.80
18	1981	0.30	0.90	0.10	0.60	-0.70	-0.10	-0.10	1.70	-0.30	-0.40	-0.10	0.50
19	1982	0.50	-1.10	0.60	0.40	-0.30	0.10	0.00	-0.10	1.30	1.20	1.20	-2.50
20	1983	-2.10	-2.00	-1.70	0.00	0.40	0.40	-0.10	-0.30	0.20	-0.90	-1.90	-0.70
21	1984	1.20	1.30	0.90	-0.60	0.70	0.40	0.20	0.70	-1.00	1.70	2.00	0.60
22	1985	-1.10	1.00	0.30	1.20	1.80	1.50	0.00	-0.10	0.50	-0.80	1.50	0.80
23	1986	0.10	1.00	1.10	1.40	0.10	-0.10	0.90	0.50	0.10	-1.40	-0.50	0.90
24	1987	0.80	-1.70	-1.80	-1.50	-0.60	0.30	1.90	-0.30	-0.90	-0.20	0.60	-1.60
25	1988	0.50	-1.40	0.90	1.20	0.70	-0.10	-0.10	-0.70	-0.10	0.00	-2.10	0.00
26	1989	0.10	-0.90	0.10	0.50	0.00	0.90	0.60	0.00	-0.80	-1.10	-0.30	-1.60
27	1990	0.10	-1.70	-1.50	-0.20	0.50	2.80	-0.10	0.60	-1.00	1.10	1.20	-0.50
28	1991	-0.20	-0.60	0.30	-0.10	0.20	2.40	0.10	-0.70	0.00	-0.20	-0.60	-0.30
29	1992	-1.10	-0.60	-2.90	-1.30	-0.80	0.50	0.30	1.80	-1.30	0.10	-0.30	-0.40
30	1993	0.90	-1.80	0.30	0.60	-0.30	0.20	-0.10	1.10	-0.40	1.40	1.10	0.90
31	1994	0.60	0.50	0.30	1.60	0.70	0.10	-0.10	-0.70	-0.50	-1.50	0.70	0.40
32	1995	-0.80	-0.30	0.50	-0.70	-0.70	-0.10	-0.10	-0.40	0.10	-0.90	0.00	0.00
33	1996	1.00	0.30	-0.90	0.20	0.60	-0.10	0.00	1.20	-0.20	-1.20	0.30	1.00
34	1997	0.40	0.90	-0.30	0.50	0.00	-0.10	-0.10	1.60	1.60	-0.30	0.70	-0.70
35	1998	0.30	-0.20	-0.30	-0.60	-0.80	0.50	-0.10	-0.40	-1.10	0.00	0.70	-1.60
36	1999	-0.60	0.60	1.20	1.30	0.50	0.00	0.00	0.10	0.10	1.70	-1.60	-0.10
37	2000	0.30	0.90	-0.20	-0.70	0.40	0.30	-0.10	0.20	-0.50	1.40	-1.20	0.50
38	2001	1.60	1.00	0.40	0.80	0.50	0.30	0.20	0.70	-0.40	0.40	-0.30	-0.80
39	2002	-0.80	0.80	0.70	1.10	1.20	0.70	2.00	0.30	-0.10	1.50	0.60	0.60
40	2003	0.20	0.00	0.60	-0.40	0.50	0.60	-0.10	-0.20	0.40	-0.80	-0.60	0.40
41	2004	0.70	0.10	-0.50	0.40	-0.60	0.20	1.20	1.10	0.60	-1.30	-0.80	-0.90
42	2005	-0.90	1.30	-0.50	0.50	-0.80	-0.10	-0.10	-0.50	0.30	-0.40	0.40	0.40
43	2006	0.70	-0.40	0.50	0.20	-0.50	0.20	-0.10	0.00	0.70	0.00	0.80	-0.20
44	2007	-0.50	-0.60	1.80	0.80	0.60	0.00	0.60	-0.30	0.40	-0.20	0.60	-0.10
45	2008	1.00	-0.80	-0.80	-1.90	-0.40	0.30	-0.10	-0.30	-0.90	0.10	-0.90	1.30
46	2009	-1.00	0.40	-0.30	-0.20	-0.50	-0.10	0.70	-0.60	0.10	-0.50	1.00	0.10
47	2010	0.10	0.80	-0.80	-0.20	0.80	0.00	-0.10	-0.70	-1.10	-0.40	-0.50	0.80
48	2011	-0.80	0.90	0.00	0.10	-0.10	-0.10	0.80	-0.30	0.10	-0.60	0.30	1.40
49	2012	0.60	1.20	0.70	1.10	-0.20	0.00	-0.10	0.10	-0.70	-0.20	0.00	1.30
50	2013	0.30	0.30	-0.60	-1.50	0.50	1.40	1.20	0.60	-0.70	0.50	0.10	0.80
51	2014	0.40	-1.00	-0.50	0.60	-0.30	0.00	0.60	1.00	1.10	0.90	-0.20	-0.20
52	2015	-0.30	-0.20	-0.40	2.00	-0.50	0.20	0.80	0.70	0.80	0.30	0.10	-0.90
53	2016	-1.80	0.70	-1.60	1.30	-0.50	0.70	0.70	0.00	-0.10	0.70	-1.30	-0.80
54	2017	0.30	0.00	1.00	0.20	1.20	0.10	0.90	-0.60	1.00	0.50	0.50	0.40
55	2018	-0.20	0.50	0.70	-0.20	-0.10	1.70	2.30	-0.10	-0.90	0.70	-0.30	-0.50
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.60	1.30	1.80	2.00	2.70	2.80	2.30	2.80	2.00	1.70	2.00	1.40
SPI MÍNIMA		-2.10	-2.00	-2.90	-1.90	-0.80	-0.10	-0.10	-0.70	-1.30	-1.90	-2.10	-2.50
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 6														
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	1964			-0.80	0.00	0.40	0.10	0.60	-0.80	-0.30	-0.80	-0.50	-1.10	
2	1965	-0.90	-0.50	0.10	0.30	0.30	-0.30	-0.40	-0.70	-0.20	-0.60	-0.20	0.40	
3	1966	-0.50	-0.40	-1.20	-0.80	-0.40	0.30	2.00	-1.20	-1.00	0.70	1.20	0.90	
4	1967	-0.60	-1.20	-0.70	-0.10	0.30	-0.30	0.70	0.40	1.80	1.40	0.50	0.00	
5	1968	0.20	0.70	0.60	0.20	-0.10	-0.80	0.50	0.10	0.20	0.50	1.40	0.50	
6	1969	0.40	-0.70	-0.70	-1.30	-1.30	-0.70	-0.40	-0.20	-0.30	-0.40	0.20	0.50	
7	1970	0.40	0.10	0.30	0.20	0.60	-0.20	0.30	-0.80	-0.70	-0.50	-1.30	0.20	
8	1971	-0.40	0.60	-0.10	0.20	-0.90	-0.70	-0.60	-0.60	-1.70	-1.70	-1.10	0.10	
9	1972	0.90	0.60	0.60	0.10	0.40	-0.80	-0.90	-1.20	0.80	0.50	0.30	-0.10	
10	1973	1.00	1.20	1.30	0.90	1.00	1.10	0.40	0.30	1.30	0.70	0.20	-0.60	
11	1974	1.00	1.50	1.40	0.70	-0.40	0.30	0.10	2.40	2.00	1.20	-1.20	-1.30	
12	1975	-0.10	0.80	1.00	0.70	0.20	-0.10	0.60	-0.90	-0.50	-0.10	-0.40	0.90	
13	1976	1.00	0.80	0.40	-0.20	0.00	-0.50	0.30	0.80	1.90	0.70	-0.40	-1.60	
14	1977	-1.80	-0.20	0.40	0.80	0.30	-1.40	-0.40	-0.20	0.00	0.00	1.10	0.90	
15	1978	1.40	0.10	-0.20	-1.10	-0.50	-0.10	-1.10	-0.90	-0.40	-0.60	0.60	1.00	
16	1979	0.80	-0.20	-0.40	-0.70	-0.20	-0.70	-1.00	-0.30	-1.00	0.00	0.30	0.30	
17	1980	-0.90	-1.60	-1.10	-0.70	0.10	-1.90	-0.60	-0.10	0.60	1.70	1.00	-0.40	
18	1981	-0.90	0.10	0.60	0.70	0.20	0.30	-1.30	1.10	0.80	0.30	-0.60	0.00	
19	1982	0.50	-0.10	0.00	-0.20	0.60	0.20	-0.80	-0.60	0.80	1.40	1.80	0.20	
20	1983	-1.80	-3.60	-3.30	-2.10	-1.20	0.00	0.00	-0.60	-0.30	-0.90	-1.80	-1.80	
21	1984	0.10	1.20	1.70	1.10	0.50	-0.40	0.40	0.40	-0.40	1.40	2.20	2.20	
22	1985	0.60	0.20	0.10	1.10	1.00	1.70	1.80	0.50	0.00	-0.50	1.00	1.20	
23	1986	1.10	0.90	1.10	1.50	1.40	1.20	0.10	0.40	0.30	-0.90	-1.30	-0.10	
24	1987	0.80	0.10	-0.90	-2.50	-2.30	-1.70	0.80	0.80	0.20	-0.90	0.00	-0.90	
25	1988	-0.20	-1.00	0.00	0.10	1.20	1.10	0.10	-1.30	-0.90	-0.50	-1.40	-0.90	
26	1989	-0.60	-0.50	-0.50	-0.40	0.10	0.40	0.30	0.30	-0.60	-1.50	-1.30	-2.00	
27	1990	-1.00	-1.50	-1.50	-1.90	-1.20	0.90	1.90	1.80	-0.50	0.70	1.20	0.80	
28	1991	0.10	-0.80	-0.40	-0.40	0.10	0.60	1.40	1.10	-0.70	-0.60	-0.90	-0.90	
29	1992	-1.40	-1.20	-2.10	-2.10	-3.10	-1.60	-0.60	1.40	0.70	0.40	-0.70	-0.60	
30	1993	0.30	-0.40	-0.10	-0.60	0.40	0.40	-0.70	0.60	0.20	1.30	1.40	1.70	
31	1994	1.20	0.90	0.70	1.00	1.10	1.50	0.20	-1.10	-1.20	-2.00	-0.20	0.20	
32	1995	-0.20	-0.50	-0.40	-0.20	0.00	-1.20	-1.30	-1.00	-0.50	-1.00	-0.60	-0.50	
33	1996	0.60	0.60	0.30	-0.30	-0.60	0.20	0.10	0.70	0.40	-0.40	-0.50	0.40	
34	1997	0.80	1.00	0.60	0.50	-0.10	0.30	-0.50	1.00	1.70	1.10	0.90	-0.30	
35	1998	0.10	-0.30	-0.10	-0.50	-0.70	-0.90	-0.80	-0.50	-1.60	-0.80	0.20	-0.70	
36	1999	-1.00	-0.60	0.60	1.30	1.50	1.20	0.00	-0.40	-0.20	1.40	0.40	0.10	
37	2000	-0.50	0.50	0.50	0.20	-0.60	-0.70	-0.10	-0.20	-0.80	0.90	0.10	0.40	
38	2001	1.10	1.60	1.60	1.00	0.60	0.70	0.10	0.30	-0.10	0.10	-0.30	-0.70	
39	2002	-1.40	-0.30	0.30	1.20	1.20	1.30	1.70	1.20	0.70	1.10	1.20	1.30	
40	2003	0.60	0.20	0.30	0.10	0.30	-0.30	0.10	-0.30	0.00	-0.60	-0.90	-0.50	
41	2004	0.40	0.50	0.20	-0.10	-0.30	0.10	0.10	1.10	1.10	-0.20	-1.20	-1.90	
42	2005	-1.70	0.00	0.10	0.70	-0.30	0.10	0.10	-1.50	-1.10	-0.40	-0.50	0.10	0.20
43	2006	0.70	0.30	0.40	-0.10	0.20	-0.10	-0.90	-0.50	0.30	0.10	0.70	0.20	
44	2007	-0.30	-0.90	0.30	0.80	1.70	0.70	0.30	-0.20	0.00	-0.30	0.20	0.00	
45	2008	0.80	0.10	-0.20	-1.50	-1.50	-2.10	-0.80	-0.70	-1.50	-0.60	-1.10	0.50	
46	2009	-0.30	0.20	-0.50	0.00	-0.50	-0.50	-0.40	-0.40	-0.20	-0.70	0.50	0.40	
47	2010	0.50	0.40	0.10	0.10	-0.60	0.00	0.20	-1.10	-1.80	-1.20	-1.20	0.10	
48	2011	-0.50	0.40	0.10	0.60	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.90	-0.30	0.90	
49	2012	1.20	1.50	1.30	1.40	1.00	0.90	-0.80	-0.50	-0.80	-0.60	-0.40	0.80	
50	2013	0.70	0.70	0.00	-0.50	-1.00	-0.60	1.20	1.10	0.20	0.20	0.00	0.60	
51	2014	0.60	0.00	-0.60	-0.80	-0.20	0.40	-0.40	0.70	1.20	1.30	0.60	0.00	
52	2015	-0.70	-0.50	-0.60	0.40	0.80	1.70	-0.20	0.60	0.90	0.70	0.30	-0.60	
53	2016	-1.90	-0.80	-1.10	0.20	-0.40	1.10	0.00	0.30	-0.20	0.40	-0.50	-1.00	
54	2017	-0.70	-0.20	0.60	0.50	0.90	0.40	1.00	-0.10	0.60	0.50	0.70	0.60	
55	2018	0.10	0.20	0.40	0.50	0.30	0.10	1.70	1.60	0.50	0.10	-0.20	-0.40	
N° DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	
SPI MÁXIMA		1.40	1.60	1.70	1.50	1.70	1.70	2.00	2.40	2.00	1.70	2.20	2.20	
SPI MÍNIMA		-1.90	-3.60	-3.30	-2.50	-3.10	-2.10	-1.50	-1.30	-1.80	-2.00	-1.80	-2.00	
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal						
		Sequía Moderada						Sequía Severa						
		Sequía Extrema												



Anexo H: Valores clasificados para el SPI-región 7.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 7													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-1.70	-0.10	0.30	-0.30	1.40	0.40	0.30	0.30	0.60	-0.50	-0.10	-0.40
2	1965	-0.90	-0.20	-0.30	-0.40	-0.30	0.30	0.30	0.60	1.30	-0.70	-0.40	0.30
3	1966	-2.20	-0.70	-0.50	-1.60	2.10	0.30	0.30	-0.40	-0.80	0.40	1.00	0.10
4	1967	-1.20	-0.40	0.60	-0.70	0.30	0.30	0.60	-0.10	1.40	-0.20	-0.90	0.20
5	1968	0.10	0.30	0.20	-0.50	2.00	1.20	0.40	-0.30	0.50	1.50	2.30	-0.40
6	1969	0.40	-0.70	-1.20	-0.80	0.70	0.70	0.40	-0.30	0.10	-0.20	0.20	0.80
7	1970	0.00	-0.10	0.40	-0.20	0.70	0.30	0.30	-0.40	-0.80	-0.50	-0.60	0.80
8	1971	0.30	1.20	-0.70	-0.50	-0.30	0.40	0.30	0.00	-0.90	-1.20	0.50	0.90
9	1972	0.90	0.20	0.80	-0.60	-0.10	0.30	0.40	-0.40	0.70	0.60	0.50	0.70
10	1973	0.60	0.10	0.10	0.80	0.90	0.40	0.50	0.80	1.50	-0.80	-0.30	-0.60
11	1974	1.80	1.20	-0.40	0.20	-0.30	0.40	0.30	2.60	0.30	-0.70	-0.30	-0.60
12	1975	-0.10	1.10	0.40	-0.40	0.50	0.50	0.30	0.10	0.10	0.30	-0.60	1.40
13	1976	1.40	-0.20	0.40	-0.70	0.30	0.30	1.00	1.40	1.50	-0.90	-1.50	-0.80
14	1977	-1.30	0.90	0.40	-1.30	0.20	0.30	0.30	-0.40	0.50	0.30	1.20	0.40
15	1978	0.80	-0.50	0.00	0.80	-0.40	0.30	0.80	-0.10	-0.20	-0.80	1.60	0.30
16	1979	0.40	-1.50	0.60	-1.00	-0.40	0.40	0.60	-0.20	-0.60	0.50	-0.30	0.10
17	1980	-1.20	-1.20	1.30	-0.30	-0.40	0.30	0.50	0.70	0.60	1.60	-0.60	0.60
18	1981	0.50	1.40	0.50	0.50	0.10	0.30	0.30	0.90	0.20	-0.50	-0.50	0.90
19	1982	0.50	-0.50	-0.10	-0.20	-0.20	0.30	0.30	-0.10	1.00	1.40	0.80	-1.80
20	1983	-1.60	-1.20	-2.40	-0.40	0.00	0.40	0.40	0.10	0.50	-0.30	-1.00	-0.40
21	1984	1.40	1.50	1.50	-0.70	0.30	1.20	0.30	0.30	-0.80	1.40	1.80	-0.10
22	1985	-0.10	0.80	-0.10	1.40	0.60	1.30	0.30	-0.10	0.90	-0.90	1.50	1.40
23	1986	0.30	1.70	1.90	0.70	0.10	0.30	0.50	0.30	-0.30	-1.20	0.30	1.00
24	1987	1.10	-1.30	-1.00	-0.80	-0.40	0.60	2.10	0.00	-0.50	0.20	0.40	-1.60
25	1988	0.10	-1.50	0.50	1.80	0.70	0.40	0.30	-0.40	-0.50	0.10	-1.00	-0.10
26	1989	-0.10	0.50	1.40	1.00	0.00	0.60	0.50	-0.10	-0.60	-1.30	-0.90	-1.70
27	1990	-0.90	-1.80	-0.80	-0.70	0.40	2.40	0.80	0.60	-0.30	1.30	0.70	0.10
28	1991	-0.50	-0.40	0.90	0.30	0.00	2.00	0.30	-0.30	-0.30	0.10	-0.60	-1.20
29	1992	-0.50	-1.20	-2.30	-0.50	-0.40	0.50	0.70	1.00	-0.80	1.00	0.20	-0.40
30	1993	0.50	-1.60	0.20	0.20	0.30	0.40	0.30	1.70	0.20	1.50	1.00	1.00
31	1994	0.40	0.70	-0.20	0.90	0.40	0.40	0.40	-0.20	-0.30	-0.80	0.40	0.70
32	1995	-0.60	-0.40	0.40	-0.90	-0.30	0.30	0.30	-0.40	0.00	-0.90	0.10	0.10
33	1996	0.80	-0.30	-0.80	0.30	0.90	0.30	0.30	1.30	-0.50	-1.00	0.60	0.20
34	1997	0.80	1.00	-0.10	-0.20	0.20	0.30	0.30	1.30	2.30	-0.20	1.00	-0.60
35	1998	-0.40	-0.90	-0.60	-0.30	-0.40	1.40	0.30	-0.30	-0.90	-0.20	0.30	-2.10
36	1999	-0.40	0.60	1.70	1.30	0.40	0.30	0.30	0.10	0.10	1.10	-1.50	-0.70
37	2000	0.80	0.50	0.20	-0.50	0.30	0.50	0.30	0.30	-0.50	0.90	-1.10	0.30
38	2001	1.70	1.10	0.70	0.70	0.40	0.40	0.40	0.30	-0.40	0.00	-0.20	-0.90
39	2002	-1.20	0.70	0.90	1.40	1.30	1.00	1.50	0.40	-0.30	0.90	0.60	0.20
40	2003	-0.50	-0.20	0.30	-0.60	0.60	0.30	0.60	0.30	0.10	-0.60	-0.70	0.20
41	2004	0.40	0.00	-0.40	-0.50	-0.40	0.50	1.80	2.00	-0.10	-1.30	-1.10	-0.90
42	2005	-0.50	1.20	-0.70	0.40	-0.40	0.30	0.30	-0.40	0.80	0.10	-0.10	0.90
43	2006	1.10	-0.40	0.00	0.10	0.60	0.50	0.30	0.20	0.30	0.40	0.40	0.00
44	2007	-0.60	-0.50	0.70	0.40	-0.10	0.30	0.30	-0.30	0.80	0.10	0.60	0.10
45	2008	0.50	-0.60	-0.50	-1.60	-0.40	0.30	0.30	0.40	-0.80	-0.10	-1.00	0.80
46	2009	-1.20	0.20	-0.30	0.80	-0.30	0.30	0.90	-0.40	0.30	-0.40	1.10	-0.10
47	2010	-0.20	-0.10	-1.00	0.40	1.40	0.30	0.30	-0.20	-0.70	0.30	-1.20	0.60
48	2011	-0.20	0.80	-0.20	0.60	0.30	0.30	0.80	-0.30	0.30	-0.50	0.20	1.40
49	2012	0.50	1.10	0.40	1.50	-0.30	0.30	0.40	0.20	0.00	-0.20	0.40	1.40
50	2013	0.50	0.30	-0.70	-0.60	1.00	1.50	1.20	0.80	-0.60	0.80	0.00	1.10
51	2014	0.30	-1.40	-1.20	-0.10	-0.30	0.30	0.40	1.00	1.30	1.00	0.20	-0.50
52	2015	0.00	-0.40	0.50	1.80	0.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.80	0.30	-1.70
53	2016	-1.60	0.70	-1.30	0.80	-0.30	0.60	1.00	0.00	-0.40	0.50	-1.00	-0.80
54	2017	1.00	0.00	0.20	-0.30	0.80	0.30	0.90	-0.30	1.20	0.30	-0.40	-0.10
55	2018	0.10	0.80	-0.20	0.60	0.00	1.60	2.10	-0.30	-0.40	1.20	-0.10	0.30
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.80	1.70	1.90	1.80	2.10	2.40	2.10	2.60	2.30	1.60	2.30	1.40
SPI MÍNIMA		-2.20	-1.80	-2.40	-1.60	-0.40	0.30	0.30	-0.40	-0.90	-1.30	-1.50	-2.10
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
								Sequía Extrema					



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 7													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964			-0.80	-0.10	0.30	0.20	0.80	-0.20	0.10	-0.10	-0.30	-0.70
2	1965	-1.00	-0.90	-0.90	-0.50	-0.60	-0.80	-0.80	0.00	1.00	0.40	-0.20	-0.30
3	1966	-1.40	-1.30	-1.70	-1.00	-0.30	0.20	1.40	-0.90	-1.30	-0.30	0.70	0.60
4	1967	-0.40	-0.90	-0.70	-0.20	0.20	-0.80	0.00	-0.40	0.80	0.40	-0.20	-0.40
5	1968	-0.20	0.10	0.10	0.10	0.30	0.80	1.60	0.20	-0.10	1.10	2.40	1.60
6	1969	1.00	-0.40	-0.60	-1.40	-1.20	-0.40	0.50	-0.30	-0.40	-0.60	-0.10	0.50
7	1970	0.30	0.20	0.00	0.00	0.30	-0.20	0.10	-0.90	-1.30	-1.40	-1.30	0.10
8	1971	0.30	1.00	0.60	0.50	-1.00	-0.90	-0.70	-0.50	-1.10	-1.80	-0.30	0.50
9	1972	1.00	0.80	0.90	0.40	0.40	-0.90	-0.60	-0.80	0.10	0.40	0.60	0.70
10	1973	0.70	0.60	0.40	0.20	0.40	0.80	0.50	0.40	1.30	0.60	0.00	-1.00
11	1974	0.90	1.40	1.50	0.60	-0.50	-0.10	-0.80	2.10	2.00	1.40	-0.70	-1.00
12	1975	-0.60	0.30	0.70	0.80	0.30	-0.40	0.10	-0.30	-0.30	0.00	-0.40	0.90
13	1976	1.40	1.20	0.90	-0.10	0.00	-0.90	0.30	1.20	1.70	0.90	-0.60	-1.70
14	1977	-1.80	-0.40	0.00	0.50	-0.10	-1.40	-0.40	-0.90	-0.20	0.00	1.00	0.80
15	1978	1.00	0.30	0.20	-0.10	0.20	0.50	-0.30	-0.10	-0.30	-1.20	1.00	0.80
16	1979	0.90	-0.30	-0.10	-0.60	0.10	-1.50	-0.50	-0.40	-0.90	-0.20	-0.30	0.00
17	1980	-0.80	-1.20	-0.50	0.00	0.90	-0.70	-0.60	0.20	0.50	1.50	0.70	0.70
18	1981	0.40	1.20	1.20	1.30	0.50	0.20	-0.40	0.30	0.30	-0.20	-0.80	0.20
19	1982	0.50	0.30	-0.10	-0.50	-0.30	-0.60	-0.70	-0.60	0.30	1.30	1.40	0.00
20	1983	-1.50	-2.40	-2.60	-2.00	-2.00	-0.70	-0.40	-0.40	0.00	-0.30	-0.90	-1.10
21	1984	0.60	1.40	2.10	1.70	1.20	-0.40	0.50	0.40	-0.70	0.80	1.80	1.40
22	1985	0.60	0.30	0.20	0.80	0.60	1.50	0.80	0.30	0.20	-0.40	1.20	1.50
23	1986	1.30	1.60	1.90	2.20	1.90	0.40	-0.30	-0.10	-0.30	-1.20	-0.40	0.60
24	1987	1.30	0.60	-0.20	-1.70	-1.40	-0.90	1.20	1.10	0.80	-0.40	0.10	-0.80
25	1988	-0.50	-1.20	-0.40	0.10	1.20	1.60	0.20	-0.70	-1.10	-0.60	-1.10	-0.60
26	1989	-0.40	0.20	0.90	1.20	1.40	0.80	-0.10	-0.20	-0.90	-1.90	-2.60	-2.80
27	1990	-1.90	-2.20	-1.90	-1.80	-1.00	0.90	2.00	1.90	0.10	1.00	1.10	0.90
28	1991	0.00	-0.50	-0.10	0.20	0.70	0.90	1.20	1.00	-0.80	-0.50	-0.70	-1.40
29	1992	-1.20	-1.40	-1.60	-1.90	-2.30	-0.90	-0.30	0.60	0.20	0.70	0.40	0.10
30	1993	0.10	-0.50	-0.30	-0.70	0.20	0.10	-0.20	1.30	1.20	1.80	1.40	1.60
31	1994	1.00	0.90	0.50	0.60	0.20	0.70	-0.10	-0.60	-0.80	-1.30	-0.30	0.40
32	1995	0.00	-0.30	-0.50	-0.30	-0.10	-1.20	-0.90	-0.90	-0.70	-1.30	-0.50	-0.20
33	1996	0.50	0.20	-0.10	-0.70	-0.50	0.30	0.30	0.70	0.50	-0.30	-0.10	0.10
34	1997	0.70	0.90	0.80	0.50	-0.30	-0.40	-0.40	0.80	2.00	1.50	1.30	0.00
35	1998	-0.20	-1.00	-1.00	-1.00	-0.80	-0.10	0.40	0.30	-1.30	-1.00	-0.20	-1.20
36	1999	-1.00	-0.50	0.90	1.50	1.80	1.10	-0.10	-0.40	-0.20	0.70	-0.10	-0.60
37	2000	-0.10	0.40	0.70	0.30	-0.10	-0.60	-0.20	-0.20	-0.60	0.30	-0.40	0.00
38	2001	1.10	1.60	1.80	1.20	0.80	0.60	0.10	-0.10	-0.40	-0.40	-0.50	-1.00
39	2002	-1.50	-0.60	0.20	1.10	1.30	1.60	1.50	1.00	0.40	0.50	0.60	0.50
40	2003	-0.20	-0.50	-0.40	-0.20	0.00	-0.50	0.20	-0.10	0.00	-0.60	-1.10	-0.50
41	2004	0.00	0.10	-0.10	-0.40	-0.70	-0.80	0.90	2.10	1.90	0.60	-1.80	-1.70
42	2005	-1.20	0.10	0.10	0.60	-0.60	0.00	-0.90	-0.90	0.00	0.10	0.00	0.50
43	2006	1.00	0.70	0.40	-0.30	0.00	0.10	0.10	-0.30	-0.20	0.20	0.40	0.10
44	2007	-0.40	-0.70	-0.40	0.10	0.60	0.10	-0.60	-0.80	0.20	0.10	0.60	0.30
45	2008	0.40	-0.10	-0.30	-1.10	-1.10	-1.80	-0.90	-0.20	-0.60	-0.50	-1.50	0.10
46	2009	-0.60	-0.20	-0.70	0.10	0.00	0.40	-0.20	-0.20	0.00	-0.70	0.70	0.20
47	2010	0.00	-0.40	-0.70	-0.50	-0.40	0.70	0.70	-0.70	-1.10	-0.40	-1.00	0.00
48	2011	-0.20	0.40	0.10	0.50	0.00	0.40	0.10	-0.30	-0.10	-0.50	-0.10	1.00
49	2012	1.00	1.30	0.90	1.20	0.80	1.10	-0.80	-0.30	-0.20	-0.40	0.10	1.00
50	2013	1.00	0.90	0.10	-0.30	-0.70	0.40	1.50	1.20	0.30	0.50	0.30	1.00
51	2014	0.60	0.00	-1.00	-1.60	-1.20	-0.50	-0.70	0.50	1.20	1.40	0.90	-0.10
52	2015	-0.30	-0.50	-0.10	0.60	1.10	1.50	-0.20	0.20	0.30	0.60	0.40	-0.70
53	2016	-1.80	-0.90	-0.80	0.10	-0.70	0.50	0.10	0.10	-0.30	-0.10	-0.70	-1.00
54	2017	0.00	0.10	0.50	-0.10	0.10	-0.20	0.50	-0.20	0.70	0.50	0.20	-0.30
55	2018	-0.30	0.30	0.30	0.50	0.00	0.90	1.80	1.60	0.70	0.60	0.40	0.40
N° DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.40	1.60	2.10	2.20	1.90	1.60	2.00	2.10	2.00	1.80	2.40	1.60
SPI MÍNIMA		-1.90	-2.40	-2.60	-2.00	-2.30	-1.80	-0.90	-0.90	-1.30	-1.90	-2.60	-2.80
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											

Anexo I: Valores clasificados para el SPI-región 8.

REGISTRO DE SPI - 1, REGIÓN 8													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964	-1.30	0.10	1.30	0.50	1.10	-0.30	-0.10	0.00	0.30	-0.80	0.40	-0.60
2	1965	-0.20	-0.70	-0.50	-0.70	-0.50	-0.20	0.20	-0.70	0.60	-0.70	0.40	0.50
3	1966	-1.50	-0.30	-1.10	-0.30	1.90	-0.30	-0.50	-1.00	-0.50	0.10	-0.30	-0.20
4	1967	-1.40	-0.20	0.40	-0.60	0.60	0.40	1.40	0.60	0.80	-0.20	-1.20	0.80
5	1968	-0.70	0.60	0.30	-0.30	1.50	1.20	0.00	-0.40	0.30	-0.50	1.10	-0.80
6	1969	0.10	-0.60	-0.90	-0.20	-0.60	0.40	0.40	-0.20	-0.30	-1.00	-0.50	-1.20
7	1970	-0.40	-0.20	0.30	0.10	0.20	-0.20	-0.30	-0.70	0.20	-0.40	-0.60	0.40
8	1971	-0.30	0.90	-1.30	0.10	-0.50	0.00	-0.50	0.00	-1.40	-0.20	0.80	0.00
9	1972	0.70	0.10	-0.20	-0.80	-0.70	-0.20	-0.20	-0.20	0.20	-0.60	-0.30	0.60
10	1973	0.90	0.30	0.50	0.80	0.30	-0.10	0.80	0.60	0.90	0.10	-0.40	-0.70
11	1974	0.90	0.90	-1.00	0.60	-0.70	0.40	0.00	2.20	-0.30	-0.20	-0.60	-0.50
12	1975	0.50	1.00	0.20	-0.50	1.40	0.60	-0.40	-0.20	0.40	0.70	-0.30	1.70
13	1976	0.80	0.20	-0.20	-0.50	0.90	0.10	0.30	1.10	1.20	-1.80	-1.30	-0.60
14	1977	-1.10	0.90	0.40	-1.50	-0.30	-0.30	0.40	-0.60	0.50	0.60	1.20	0.50
15	1978	0.60	-0.70	-0.20	-0.60	-0.90	0.00	0.10	-0.10	0.10	-1.10	1.50	0.70
16	1979	0.20	-0.80	0.70	0.40	-0.30	-0.20	0.30	-0.30	-0.70	0.40	0.50	0.20
17	1980	-0.80	-1.00	0.50	-1.40	-0.50	0.30	0.30	0.90	1.00	0.50	-0.90	-0.90
18	1981	0.70	0.60	0.00	1.00	-0.30	-0.30	0.20	1.00	0.40	0.80	0.00	0.20
19	1982	0.30	-1.30	-0.20	0.00	-0.20	0.10	-0.50	0.40	1.60	1.30	-0.10	-2.20
20	1983	-2.10	-1.10	-0.90	0.30	0.40	0.30	-0.20	0.40	0.00	-0.10	-0.70	1.20
21	1984	1.90	1.70	0.90	0.10	1.20	1.00	0.10	-0.10	-0.70	1.00	1.00	-0.30
22	1985	-0.10	1.00	0.30	1.20	1.20	1.30	-0.20	0.20	0.90	-0.10	2.10	1.30
23	1986	0.50	1.30	1.30	1.00	0.00	0.00	0.30	0.60	0.10	-0.90	0.30	0.90
24	1987	0.80	-1.60	-1.00	-0.40	0.00	0.90	1.30	-0.40	0.00	0.70	0.70	-1.00
25	1988	0.20	-0.80	1.10	1.30	0.70	-0.20	-0.10	-0.90	0.10	0.30	-0.70	0.20
26	1989	0.00	-0.20	0.60	0.70	-0.20	0.40	0.60	0.10	-0.30	-0.60	0.00	-0.50
27	1990	-0.20	-1.30	-1.00	0.50	0.70	2.20	-0.40	0.60	-0.20	1.10	0.80	0.60
28	1991	-0.80	-0.70	0.50	0.30	0.60	1.60	-0.10	-0.60	-0.50	0.20	-0.10	-0.50
29	1992	-0.20	-0.60	-1.80	-0.40	-0.90	0.40	0.40	1.40	-1.20	0.10	0.40	-0.60
30	1993	0.70	-1.30	0.50	-0.10	-0.20	0.20	-0.30	1.20	0.30	0.70	1.20	0.10
31	1994	0.20	0.40	0.20	0.60	0.20	-0.10	-0.20	-0.60	-0.90	-0.90	0.40	0.70
32	1995	-0.60	-0.30	0.00	-1.10	-0.30	-0.30	-0.40	-0.10	-0.20	-0.90	0.20	0.90
33	1996	0.60	-0.60	-0.70	-0.30	0.00	-0.10	0.60	0.90	-0.50	-0.90	0.70	0.10
34	1997	0.90	0.70	0.30	0.40	-0.10	-0.30	-0.30	1.60	1.30	-0.30	0.70	-0.90
35	1998	-0.90	-0.40	-0.30	0.40	-0.80	0.90	-0.50	-0.90	-0.90	0.10	0.30	-1.70
36	1999	0.00	0.70	1.40	0.80	0.30	-0.10	-0.30	-0.70	0.80	1.50	-0.90	-0.90
37	2000	0.50	0.10	0.00	-1.30	0.00	0.70	-0.10	0.40	-0.80	0.80	-1.20	0.30
38	2001	1.50	1.00	0.80	0.10	0.00	0.10	1.00	0.90	0.20	0.70	-0.60	0.10
39	2002	-0.60	0.90	1.10	1.30	0.50	0.90	2.10	0.20	-0.30	1.30	0.50	0.00
40	2003	0.50	-0.30	0.80	-0.40	0.80	0.00	0.00	0.10	0.70	-0.80	-0.70	0.30
41	2004	0.80	0.00	-0.90	-0.30	-0.10	0.30	1.80	1.30	-0.10	-1.70	-0.70	-0.50
42	2005	-0.70	0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.30	-0.60	-0.70	0.30	0.90	0.50	0.50
43	2006	0.90	-0.50	0.20	0.00	-0.30	0.00	-0.60	-0.30	0.00	0.10	0.90	-0.50
44	2007	-1.50	-0.80	1.10	0.50	-0.30	0.00	0.50	-0.10	0.80	-0.60	0.20	0.00
45	2008	0.50	-0.70	-0.60	-1.20	-0.60	-0.10	-0.40	-0.80	-1.20	0.30	-0.80	0.90
46	2009	-0.70	0.30	-0.30	0.10	-0.90	-0.30	0.10	-0.90	-0.10	0.10	0.90	-0.20
47	2010	0.50	0.10	-1.40	-0.30	1.00	-0.30	-0.50	-0.40	-0.60	0.20	-1.30	0.60
48	2011	-0.40	0.90	0.40	-0.80	0.00	-0.20	0.60	-0.60	0.60	-0.70	0.30	1.30
49	2012	0.30	1.30	0.70	0.20	-0.90	0.10	-0.30	-0.30	-1.10	-0.80	0.10	1.50
50	2013	0.00	0.50	-0.50	-1.10	1.30	1.60	0.40	0.20	-1.10	0.50	0.00	0.80
51	2014	0.00	-1.00	-0.60	-0.10	-0.50	-0.30	-0.20	0.90	1.70	0.20	-0.80	-0.10
52	2015	0.20	-0.20	0.60	1.80	-0.50	-0.30	0.50	0.30	0.60	0.30	-0.40	-0.80
53	2016	-1.30	1.10	-2.20	1.40	-0.60	1.00	0.00	-0.20	-1.30	0.20	-1.20	-0.80
54	2017	0.80	-0.30	0.50	0.40	1.70	-0.30	0.10	-1.00	1.20	0.40	-0.60	-0.40
55	2018	0.00	0.10	0.50	-0.40	-0.10	1.50	2.10	0.00	-1.20	1.20	-0.60	-0.40
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.90	1.70	1.40	1.80	1.90	2.20	2.10	2.20	1.70	1.50	2.10	1.70
SPI MÍNIMA		-2.10	-1.60	-2.20	-1.50	-0.90	-0.30	-0.60	-1.00	-1.40	-1.80	-1.30	-2.20
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											



REGISTRO DE SPI - 3, REGIÓN 8													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1964			0.10	0.90	1.40	0.60	0.50	-0.50	0.00	-0.50	-0.10	-0.60
2	1965	-0.30	-0.80	-0.80	-1.10	-1.00	-1.10	-0.80	-0.80	0.10	-0.40	0.10	0.30
3	1966	-0.50	-0.80	-1.60	-0.90	-0.40	0.60	1.10	-1.80	-1.30	-0.80	-0.60	-0.40
4	1967	-1.20	-1.00	-0.60	0.00	0.20	-0.10	1.00	0.90	1.10	0.50	-0.40	0.00
5	1968	-0.40	0.20	0.00	0.30	0.30	0.70	1.30	0.30	-0.10	-0.50	0.70	0.00
6	1969	0.10	-0.60	-0.80	-1.10	-1.10	-0.50	-0.20	0.00	-0.50	-1.40	-1.30	-1.70
7	1970	-1.00	-0.80	-0.30	0.00	0.20	-0.10	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80	-0.20
8	1971	-0.30	0.50	-0.10	-0.10	-1.20	-0.20	-1.10	-0.50	-1.20	-1.00	0.00	0.20
9	1972	0.60	0.40	0.30	-0.30	-0.60	-1.20	-1.10	-0.70	-0.20	-0.50	-0.50	0.00
10	1973	0.80	0.90	0.80	0.60	0.70	0.60	0.30	0.40	0.90	0.60	0.10	-0.90
11	1974	0.20	0.80	0.60	0.30	-0.50	0.30	-0.50	1.80	1.30	1.00	-1.00	-1.00
12	1975	-0.20	0.60	0.80	0.50	0.20	0.50	1.10	-0.20	0.00	0.50	0.20	1.40
13	1976	1.30	1.20	0.40	-0.20	-0.20	-0.10	0.70	0.80	1.40	0.60	-0.70	-1.80
14	1977	-1.60	-0.30	0.20	0.60	-0.10	-1.60	-0.30	-0.60	0.20	0.50	1.30	1.20
15	1978	1.00	0.20	-0.10	-0.70	-0.60	-1.10	-0.90	-0.30	-0.20	-0.80	0.80	1.10
16	1979	0.90	-0.10	0.10	0.10	0.70	0.00	-0.50	-0.50	-0.90	-0.50	0.20	0.50
17	1980	-0.30	-0.90	-0.60	-0.40	-0.10	-1.50	-0.30	0.60	1.10	1.20	0.20	-1.00
18	1981	-0.30	0.40	0.60	0.60	0.30	0.50	-0.60	0.60	0.70	0.90	0.40	0.30
19	1982	0.20	-0.40	-0.60	-1.00	-0.30	-0.20	-0.70	-0.10	1.30	1.90	1.50	-0.70
20	1983	-2.50	-2.80	-2.40	-1.20	-0.60	0.20	0.10	0.10	0.00	-0.10	-0.80	0.60
21	1984	1.80	2.50	2.50	1.60	0.90	0.70	1.10	0.30	-0.70	0.40	1.10	0.70
22	1985	0.00	0.30	0.60	1.10	1.00	1.60	1.30	0.80	0.70	0.80	2.20	2.20
23	1986	1.70	1.40	1.60	1.80	1.50	0.80	-0.30	0.30	0.30	-0.30	-0.30	0.40
24	1987	1.00	0.20	-0.60	-1.80	-1.10	-0.20	0.80	0.60	0.20	0.10	0.90	0.20
25	1988	0.10	-0.50	0.40	0.70	1.50	1.10	0.00	-1.20	-0.50	-0.20	-0.50	-0.20
26	1989	-0.20	-0.20	-0.10	0.30	0.70	0.50	0.20	0.30	-0.20	-0.70	-0.70	-0.80
27	1990	-0.50	-1.00	-1.40	-1.30	-0.40	1.40	1.60	1.50	0.00	0.80	1.10	1.20
28	1991	0.00	-0.60	-0.70	-0.10	0.50	0.90	1.20	0.70	-1.00	-0.60	-0.50	-0.60
29	1992	-0.60	-0.70	-1.20	-1.50	-1.80	-0.70	-0.40	1.20	0.40	0.10	-0.30	-0.30
30	1993	0.30	-0.40	0.00	-0.50	0.20	-0.30	-0.50	0.90	0.70	1.00	1.30	1.00
31	1994	0.50	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	-0.40	-0.90	-1.40	-1.90	-0.60	0.30
32	1995	-0.10	-0.40	-0.60	-0.40	-0.50	-1.40	-1.00	-0.70	-0.50	-1.00	-0.50	0.40
33	1996	0.80	0.30	-0.30	-1.00	-0.80	-0.50	-0.10	0.60	0.20	-0.40	-0.20	0.10
34	1997	0.80	0.90	0.90	0.60	0.30	0.00	-0.70	1.00	1.60	1.40	0.90	-0.40
35	1998	-0.80	-1.20	-0.90	-0.30	-0.20	0.30	-0.10	-0.20	-1.70	-1.00	-0.20	-0.90
36	1999	-0.60	-0.20	1.00	1.50	1.50	0.50	-0.40	-1.20	0.20	1.30	0.80	-0.20
37	2000	-0.30	0.00	0.20	-0.40	-0.70	-0.90	0.20	0.40	-0.40	0.30	-0.50	0.10
38	2001	0.90	1.50	1.70	1.00	0.60	-0.10	0.30	0.80	0.70	0.70	-0.10	-0.10
39	2002	-0.70	0.10	0.70	1.50	1.40	1.30	1.40	1.30	0.70	0.70	0.80	0.70
40	2003	0.40	0.00	0.40	0.20	0.70	-0.20	0.30	-0.30	0.40	-0.10	-0.60	-0.50
41	2004	0.50	0.50	0.00	-0.60	-1.00	-0.50	0.80	1.50	1.10	-0.30	-1.70	-1.40
42	2005	-1.10	-0.30	-0.40	-0.10	-0.90	-1.00	-1.60	-1.40	-0.40	0.30	0.70	0.90
43	2006	1.10	0.60	0.40	-0.20	0.00	-0.40	-0.90	-0.80	-0.50	-0.20	0.60	0.10
44	2007	-0.90	-1.60	-0.50	0.50	1.00	0.20	-0.30	-0.20	0.50	0.00	0.10	-0.30
45	2008	0.40	-0.10	-0.40	-1.20	-1.20	-1.60	-1.20	-1.30	-1.80	-0.80	-0.90	0.40
46	2009	-0.30	0.10	-0.50	-0.10	-0.40	-0.40	-1.00	-1.00	-0.60	-0.40	0.60	0.40
47	2010	0.50	0.20	-0.20	-0.80	-1.00	0.00	0.30	-1.10	-1.00	-0.50	-1.00	0.00
48	2011	-0.30	0.50	0.30	0.50	-0.10	-1.00	-0.10	-0.30	0.30	-0.40	0.00	0.90
49	2012	0.80	1.30	1.20	1.30	0.50	-0.20	-1.20	-0.70	-1.30	-1.60	-1.00	0.90
50	2013	0.70	0.80	0.00	-0.30	-0.50	0.40	1.50	0.80	-0.70	-0.20	-0.30	0.70
51	2014	0.30	-0.20	-0.90	-1.10	-0.80	-0.50	-1.10	0.30	1.60	1.50	0.60	-0.60
52	2015	-0.30	-0.20	0.20	0.90	1.30	1.40	-0.50	0.00	0.50	0.50	0.00	-0.80
53	2016	-1.60	-0.30	-0.80	0.50	-0.60	1.20	0.10	0.10	-1.30	-0.80	-1.40	-1.20
54	2017	-0.10	0.00	0.50	0.20	0.90	0.90	1.00	-1.20	0.60	0.60	0.30	-0.60
55	2018	-0.50	-0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	1.60	1.40	0.20	0.20	-0.20	-0.20
N° DATOS		54.00	54.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
SPI MÁXIMA		1.80	2.50	2.50	1.80	1.50	1.60	1.60	1.80	1.60	1.90	2.20	2.20
SPI MÍNIMA		-2.50	-2.80	-2.40	-1.80	-1.80	-1.60	-1.60	-1.80	-1.80	-1.90	-1.70	-1.80
LEYENDA		Humedad normal						Sequía Normal					
		Sequía Moderada						Sequía Severa					
		Sequía Extrema											