

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS



**“MODELAMIENTO DE LA DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE
LAS SEQUÍAS EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA”**

Presentada por:

RUBÉN OMAR ORTIZ VÁSQUEZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**











Lima – Perú

2023

Document Information

Analyzed document	Tesis_Ortiz2023_1.pdf (D162585431)
Submitted	2023-03-30 01:02:00
Submitted by	
Submitter email	mportuguez@lamolina.edu.pe
Similarity	12,1%
Analysis address	mportuguez.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Melendez_L_EF.docx Document Melendez_L_EF.docx (D151833395)		21
SA	Viveros_Carlos.pdf Document Viveros_Carlos.pdf (D142057236)		2
SA	INTRO_HA.docx Document INTRO_HA.docx (D137756979)		1
SA	TESIS_ESTIMACION DE FLUJOS MINIMOS_GILER 21.02.21.pdf Document TESIS_ESTIMACION DE FLUJOS MINIMOS_GILER 21.02.21.pdf (D96451535)		2
SA	UNC_2022_JAIRO- ALVAREZ_43887029.pdf Document UNC_2022_JAIRO- ALVAREZ_43887029.pdf (D149069439)		1
SA	Borrador de tesis _v1.pdf Document Borrador de tesis _v1.pdf (D64343336)		1
SA	UNC_2021_ROQUE_SALDAÑA_42422823.pdf Document UNC_2021_ROQUE_SALDAÑA_42422823.pdf (D110996802)		2
SA	Rodas Guizado, Froilan.pdf Document Rodas Guizado, Froilan.pdf (D144382844)		1
SA	TESIS CAUDAL BASE - URKUND.docx Document TESIS CAUDAL BASE - URKUND.docx (D57081559)		3
SA	Garay-Huanca-Tesis-APLICACIÓN DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA PARA ANALIZAR SEQUÍAS EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO, EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILI AREQUIPA 2020-2050.pdf Document Garay-Huanca-Tesis-APLICACIÓN DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA PARA ANALIZAR SEQUÍAS EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO, EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILI AREQUIPA 2020-2050.pdf (D141805018)		2

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS

**“MODELAMIENTO DE LA DINÁMICA ESPACIO-
TEMPORAL DE LAS SEQUÍAS EN LA CUENCA DEL RÍO
CHICAMA”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO

MAGISTER SCIENTIAE

Presentada por:

RUBÉN OMAR ORTIZ VÁSQUEZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Mg.Sc. Ricardo Apacla Nalvarte
PRESIDENTE**

**Mg.Sc. Marcelo Portuguez Maurtua
ASESOR**

**Ph.D. Eduardo Chávarri Velarde
MIEMBRO**

**Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo
MIEMBRO**

Agradecimiento

A Dios.

Mis agradecimientos al Dr. Marcelo Portugués, asesor de la tesis, por la oportunidad y confianza brindada y cuyo apoyo, conocimientos y experiencia han sido fundamentales para mi formación.

A los miembros del jurado, por el interés, motivación, apoyo y crítica, necesarios para la realización de esta investigación.

Dedicatoria

*A mis padres y hermana,
Maruja, Onésimo y Gladis,
porque son mi mayor motivación,
siempre me transmiten su gran
espíritu de desarrollo y superación.*

*Y a mi hijo, Mateo,
porque es el motor y motivo,
de querer siempre ir más allá.*

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. CICLO HIDROLÓGICO.....	5
2.1.1. Precipitación.....	6
2.2. SISTEMA HIDROLÓGICO “CUENCA”.....	6
2.3. SEQUÍA: DEFINICIÓN.....	7
2.4. TIPOS DE SEQUÍA.....	10
2.5. INDICADORES DE SEQUÍA.....	12
2.6. ÍNDICES DE SEQUÍA.....	13
2.6.1. SPI (Índice de precipitación estandarizada).....	14
SPI a 03 Meses.....	14
SPI a 06 Meses.....	15
SPI a 12 Meses.....	15
2.6.2. NDVI (Índice diferencial normalizado de vegetación).....	16
2.6.3. NDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada).....	17
2.6.4. BFI (Índice de flujo base):.....	18
Método UKIH.....	19
Filtro de Lyne & Hollick.....	21
Filtro de Chapman and Maxwell.....	22
Filtro de Eckhardt.....	22
Curva de Recesión.....	24
Constante de Recesión.....	24

2.7.	CURVA DURACIÓN DE FLUJO Y UMBRAL DE TRUNCAMIENTO	24
2.8.	ANÁLISIS ESTOCÁSTICO DE SEQUÍAS	26
2.9.	CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS.....	26
2.10.	SERIE DE TIEMPO Y TÉCNICAS PARA SU COMPLETACIÓN	28
2.10.1.	TÉCNICAS DE DOWNSCALLING	28
2.10.2.	TRANSFORMACIONES ESTADÍSTICAS.....	29
2.10.3.	QUANTILE MAPPING (QM).....	30
2.10.4.	APROXIMACIÓN ESTADÍSTICA	30
2.10.5.	ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS (AC).....	31
2.11.	MÉTODO DE INTERPOLACIÓN DE DISTANCIA INVERSA (IDW)	31
2.12.	MODELO DE VULNERABILIDAD	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	33
3.1.1.	Área de estudio	33
3.1.2.	Climatología.....	34
3.2.	MATERIALES	35
3.2.1.	PISCO.....	36
3.2.2.	IMÁGENES SATELITALES	36
	LANDSAT.....	36
	MODIS	38
3.2.3.	Lenguajes de programación	38
3.2.4.	Google Earth Engine (GEE).....	39
3.2.5.	Equipos usados	40

3.3. METODOLOGÍA	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS GEO MORFOLÓGICOS DE LA CUENCA.....	50
4.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA	51
4.3. DETERMINACIÓN DE LAS REGIONES HOMOGÉNEAS.....	55
4.4. CORRELACIÓN CON EL PRODUCTO PISCO	57
4.5. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS: SPI 03 MESES	60
4.6. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS: SPI 06 MESES	70
4.7. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS: SPI 12 MESES	78
4.8. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS AGRONÓMICAS: POR EL NDVI.....	86
4.9. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS AGRONÓMICAS: POR EL NDWI.....	95
4.10. DETERMINACIÓN DEL BFI.....	100
V. CONCLUSIONES.....	111
VI. RECOMENDACIONES.....	113
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
VIII. ANEXOS	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El ciclo hidrológico del agua con un balance de agua promedio global anual	5
Figura 2. Esquema de un sistema hidrológico, mostrando entradas y salidas.....	7
Figura 3. a) Sequías en Sudamérica b) Evolución de los caudales en el río Amazonas	9
Figura 4. Orden de sucesos de sequía y sus efectos. Todas las sequías son consecuencia del déficit de precipitación, que a su vez concatena el origen de los distintos tipos de sequía y sus posteriores secuelas	12
Figura 5. Indicadores de Sequías	13
Figura 6. SPI a diferentes escalas.....	15
Figura 7. Valores del NDVI.....	16
Figura 8. Esquema de separación del hidrograma.....	19
Figura 9 Curva de recesión, periodo y segmento de recesión.....	24
Figura 10. Curva de duración de flujo para el río Drammenselv en Noruega.....	25
Figura 11. Parámetros básicos de una sequía hidrológica.....	25
Figura 12. Características de la sequía utilizando la teoría de la corrida (RUN) para un nivel de umbral dado.....	27
Figura 13. Esquema de un evento de sequía	28
Figura 14. Downscaling de GCM	29
Figura 15. Ajuste en base al QMapping.....	30
Figura 16. Diferentes análisis cluster	31
Figura 17. Ubicación geográfica de la cuenca Chicama	33
Figura 18. Climatología de la cuenca Chicama.....	34
Figura 19. Estación Salinar. Cuenca Chicama. Agosto de 2021	34
Figura 20. PISCO Distribución de precipitaciones durante el año 1981.....	36
Figura 21. Satélites y sensores Landsat.....	38
Figura 22. El entorno de Google Earth Engine	39

Figura 23. Equipos de campo a utilizar en la investigación. a) ADCP b) Correntómetro c) Pistola Radar	40
Figura 24. Diagrama de flujo	42
Figura 25. Correlación entre la data observada vs serie generada por PISCO, en la estación Callancas	43
Figura 26. Serie de precipitación evaluada data observada vs PISCO. Estación Callancas	44
Figura 27. Estaciones observadas y ficticias usadas para la investigación	45
Figura 28. a) Análisis jerárquico Ward b) Agrupamiento por K-means c) Dendograma	45
Figura 29. a) Registro de la estación Asunción (línea negra) (2007 – 2016) y la serie generada por el producto PISCO (línea roja) (1981 -2016) b) Comparación entre la serie de la estación Asunción vs la serie de PISCO para el mismo periodo, obteniendo una correlación entre sí c) Serie de PISCO ajustada en base al registro observado de la estación Asunción	47
Figura 30. Red hídrica de la cuenca Chicama.....	52
Figura 31. Mapa de pendientes de la cuenca del río Chicama	52
Figura 32. Grupo hidrológico de suelos de la cuenca del río Chicama.....	53
Figura 33. Hidrogeología de la cuenca Chicama	54
Figura 34. Dendograma de las estaciones de la cuenca del río Chicama	55
Figura 35. Regiones homogéneas en la cuenca del río Chicama	56
Figura 36. Total de estaciones usadas en el estudio. (💧) representa una estación física mientras que (🏠) representa una estación ficticia.....	57
Figura 37. Correlación precipitación registrada en campo vs PISCOp.....	59
Figura 38. Resultados gráficos de los parámetros del SPI a 03 meses.....	61
Figura 39. Caracterización gráfica de los diferentes eventos de sequía en la cuenca	66
Figura 40. Resultados de la caracterización espacial con el SPI a 03 meses para: a) Año 1992 b) Año 2005 c) Año 2016.....	67
Figura 41. Número de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama (SPI a 03 meses).....	68
Figura 42. Duración de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama (SPI a 03 meses).....	68

Figura 43. Mapa de intensidad de sequías en la cuenca del río Chicama (SPI a 03 meses)	69
Figura 44. Resultados gráficos de los parámetros del SPI a 06 meses.....	71
Figura 45. Resultados de la caracterización espacial con el SPI a 06 meses para: a) Año 1992 b) Año 2005 c) Año 2016.....	75
Figura 46. Número de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 06 meses..	76
Figura 47. Duración de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 06 meses	76
Figura 48. Mapa de intensidad de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 06 meses .	77
Figura 49. Resultados gráficos de los parámetros del SPI a 12 meses.....	79
Figura 50. Resultados de la caracterización espacial con el SPI a 12 meses para: a) Año 1992 b) Año 2004 c) Año 2020.....	83
Figura 51. Número de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 12 meses..	84
Figura 52. Duración de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 12 meses	84
Figura 53. Mapa de intensidad de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 12 meses .	85
Figura 54. Resultados MODIS 2004 – 2005. a) Resultados gráficos b) Resultados espaciales.....	86
Figura 55. Resultados MODIS 2010 – 2011. a) Resultados gráficos b) Resultados espaciales.....	87
Figura 56. Resultados NDVI 2020. a) Resultados gráficos b) Resultados espaciales	88
Figura 57. Resultados NDVI anuales (Periodo 2000 – 2020).....	90
Figura 58. Resultados del NDWI para LANDSAT 8. Periodo 2014 – 2020	95
Figura 59. Resultados del NDWI, para LANDSAT 5. Periodo 2000 -2012.....	95
Figura 60. Resultados NDWI anuales (Periodo 2000 – 2020).....	98
Figura 61. Correlación entre NDVI y NDWI.....	99
Figura 62. Hidrograma de la estación Salinar (Periodo de 2000 hasta 2020).....	100
Figura 63. Curva duración de flujo de la estación Salinar	101
Figura 64. Constante de recesión	101
Figura 65. Separación del flujo base, por el método de mínimos locales	103
Figura 66. Separación del flujo base, por el método de intervalos ajustados.....	103
Figura 67. Separación del flujo base, por el algoritmo de Chapman	103
Figura 68. Separación del flujo base, por el algoritmo de Lyne & Hollick	104

Figura 69. Separación del flujo base, por el algoritmo de Eckhardt	104
Figura 70. Diagrama radial para el BFI anual en la estación Salinar	107
Figura 71. Mapa del BFI para la cuenca del río Chicama	108
Figura 72. Número de eventos registrados en la cuenca del río Chicama.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del Índice normalizado de precipitación	14
Tabla 2. Funcionamiento del método de separación UKIH	20
Tabla 3. Estaciones terrestres con registros de precipitación usadas	35
Tabla 4. Estaciones de campo con registros de caudales usadas.....	35
Tabla 5. Longitudes de onda de banda y usos sugeridos para cada banda.....	37
Tabla 6. Resolución temporal de las misiones Landsat.....	37
Tabla 7. Estaciones ficticias creadas	44
Tabla 8. Parámetros geomorfológicos de la cuenca Chicama	50
Tabla 9. Curvas característica de la cuenca Chicama.....	51
Tabla 10. Grupos hidrológicos del suelos	53
Tabla 11. Valores del BFI_{MAX} para la cuenca Chicama.....	54
Tabla 12. Resultados de la comparación de los registros de precipitaciones las estaciones en campo vs PISCOM	58
Tabla 13. SPI A 03 Meses. Resumen de los eventos de sequías y sus características	60
Tabla 14. Resultados gráficos SPI a 03 meses	62
Tabla 15. Resultados tabulares SPI 03 meses	63
Tabla 16. Caracterización de sequías. Estación Asunción	64
Tabla 17. Caracterización de sequías meteorológicas en base al SPI	65
Tabla 18. Caracterización de los años más secos en la cuenca del río Chicama. SPI a 03 meses. Periodo 1981 – 2020	66
Tabla 19. SPI A 06 Meses. Resumen de los eventos de sequías y sus características	70
Tabla 20. Resultados gráficos SPI a 06 meses	72
Tabla 21. Resultados tabulares SPI a 06 meses.....	73
Tabla 22. Caracterización de sequías. Estación Asunción	74
Tabla 23. Caracterización de los años más secos en la cuenca del río Chicama. SPI a 06 meses. Periodo 1981 – 2020	75

Tabla 24. SPI a 12 Meses. Resumen de los eventos de sequías y sus características.....	78
Tabla 25. Resultados tabulares SPI a 12 meses.....	80
Tabla 26. Resultados gráficos SPI a 12 meses	81
Tabla 27. Caracterización de sequías. Estación Asunción	82
Tabla 28. Caracterización de los años más secos en la cuenca del río Chicama. SPI a 12 meses. Periodo 1981 – 2005	82
Tabla 29. Matriz de resultados del NDVI	89
Tabla 30. Análisis espacial de las sequías agronómicas (Landsat 5)	91
Tabla 31. Análisis espacial de las sequías agronómicas (Landsat 8)	93
Tabla 32. Matriz de resultados del NDWI	97
Tabla 33. Comparación de los métodos de separación de caudal base usados	104
Tabla 34. Resultados del Índice de flujo base	106
Tabla 35. Eventos de sequías hidrológicas, registradas en la estación Salinar.....	109

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Resultados SPI 03 meses	123
Anexo 02. Caracterización de las sequías meteorológicas (SPI 03)	126
Anexo 03. Resultados SPI 06 meses	141
Anexo 04. Resultados SPI 12 meses	144
Anexo 05. Características de las sequías en cada una de las estaciones (SPI 12).....	147
Anexo 06. Resultados BFI: Pte. Coina	153
Anexo 07. Resultados BFI: Pte. Palmira.....	156
Anexo 08. Resultados BFI: Pte. Tambo.....	159
Anexo 09. Resultados BFI: Salinar.....	162

RESUMEN

La sequías junto al cambio climático, se han convertido en un problema grave para la sociedad humana y los ecosistemas del mundo, es así que, las crecientes preocupaciones sobre este fenómeno han provocado la necesidad de un análisis espaciotemporal y una evaluación del vínculo entre los diferentes tipos de sequía (Sarwar *et al.* 2022). En ese sentido, el objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar las sequías, en la cuenca del Chicama, desde 03 tipologías, mediante la correlación entre sus índices, identificando las zonas de mayor susceptibilidad ante estos eventos. (1) Sequía meteorológica, tomando en cuenta 39 estaciones (23 observadas y 16 ficticias) y el producto PISCO, se realizó la completación de datos, para generar los resultados del SPI a 03, 06 y 12 meses, en base al número de eventos, duración, severidad e intensidad. (2) Sequía agronómica, tomando como base imágenes satelitales, se hizo uso del NDVI para su caracterización brindando resultados similares a los encontrados con el SPI a 12 meses. (3) Sequías hidrológicas, se estimó el BFI, mediante 05 métodos de separación de flujo base, 02 gráficos y 03 basados en filtros digitales. Para la caracterización de estos eventos se estableció el umbral se estableció un umbral bajo el cual se suscitaron estos eventos. Los análisis revelan que la cuenca sufrió de un rango de sequías moderadas a extremas, durante el periodo de 1981 – 2020, siendo la cuenca media y baja son las zonas más susceptibles a las sequías.

Palabras Claves: *Sequía, SPI, PISCO, NDVI, BFI, filtros digitales.*

ABSTRACT

Droughts together with climate change have become a serious problem for human society and the world's ecosystems, so that the growing concerns about this phenomenon have caused the need for a spatiotemporal analysis and an evaluation of the link between the different types of drought (Sarwar *et al.* 2022). In this sense, the objective of this work was to characterize the droughts, in the Chicama basin, from 03 typologies, through the correlation between their indices, identifying the areas of greatest susceptibility to these events. (1) Meteorological drought, considering 39 stations (23 observed and 16 fictitious) and the PISCO product, data completion was carried out, to generate the results of the SPI at 03, 06 and 12 months, based on the number of events, duration, severity and intensity. (2) Agronomic drought, based on satellite images, NDVI was used for its characterization, providing results similar to those found with the SPI at 12 months. (3) Hydrological droughts, the BFI was estimated, using 05 base flow separation methods, 02 graphs and 03 based on digital filters. For the characterization of these events, the threshold was established, a threshold was established under which these events occurred. The analyzes reveal that the basin suffered from a range of moderate to extreme droughts, during the period of 1981 - 2020, with the middle and lower basin being the areas most susceptible to droughts.

Palabras Claves: *Drought, SPI, PISCO, NDVI, BFI, digital filters.*

I. INTRODUCCIÓN

Como se viene evidenciando en los últimos años, el clima está cambiando, el aumento de la temperatura media global está asociado con cambios generalizados en los patrones climáticos. Recientes estudios científicos concluyen en que es probable que los fenómenos meteorológicos extremos, como las olas de calor y las grandes tormentas, se vuelvan más frecuentes o más intensos con el cambio climático inducido por el hombre (EPA 2021). Es así que, las sequías juegan un rol de suma importancia dentro de los recursos hídricos, cuya presencia en cada uno de los sistemas climáticos del mundo incluyendo desiertos o bosques lluviosos, hacen que sean incluidas dentro de la normalidad del clima (OMM 2006). Y es que, a pesar de ser anomalías climatológicas transitorias, estas han afectado a lo largo de toda la historia de la humanidad, constituyendo un fenómeno complejo de analizar, cuyo origen no se conoce con precisión. Sin embargo, se admite que se deben a alteraciones de los patrones de circulación atmosférica (Gore *et al.* 2020). Asimismo, el crecimiento poblacional y la constante expansión de los sectores productivos; han hecho que la demanda de agua se haya multiplicado y aunado a la contaminación de fuentes de agua y el cambio climático han contribuido aún más con la escasez de agua producida en el mundo (Mishra y Singh 2010). Esto ha hecho que las sequías, sean vistas como uno de los riesgos ambientales más importantes en muchas regiones (Chitsaz y Hosseini-Moghari 2018) y una de las mayores amenazas para el desarrollo de la sociedad, presentando extensos efectos negativos abarcando desde la perspectiva ambiental a la socio-económica (Paneque 2015). Para el caso de Perú, cuyo comportamiento climático e hidrológico es de carácter cíclico, las sequías son recurrentes, en efecto, 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, sin embargo, sus efectos son mucho más evidentes en evidentes en las poblaciones más pobres (ANA 2016).

La crisis ambiental contemporánea ha originado un creciente interés por comprender los fenómenos climáticos y meteorológicos, pero también sus repercusiones políticas, sociales y económicas (Camus y Jaksic 2020), desarrollando una serie de índices que permitan evaluar los efectos y definir sequías, cuantificándolas para diferentes escalas de tiempo (Mishra y Singh 2010). Dentro de los principales encontramos al índice de severidad de la sequía de Palmer (PDSI; Campos-Aranda 2018), el índice de flujo base (BFI; Bazrkar y Chu 2020) el índice de precipitación estandarizada (SPI; McKee *et al.* 1993), índice de caudal estandarizado (SSFI; Modarres 2007), el índice de sequías efectivas (EDI; Jain *et al.* 2015), el índice de vegetación normalizada (NDVI; Faridatul y Ahmed 2020), el índice de humedad del suelo (SSMI; Han *et al.* 2021), entre otros. Adicionalmente, estudios recientes muestran un firme calentamiento en la región tropical de América del Sur del orden de 1.5 °C durante el último siglo (Lavado y Espinoza 2014); así como, una disminución de las lluvias desde 1970 (Espinoza *et al.* 2009) originando un incremento en la frecuencia y duración de eventos extremos relacionados con las sequías (Leng y Hall 2019), coincidiendo en muchos casos con la fase cálida del fenómeno oceánico-atmosférico El Niño – Oscilación del Sur (ENSO) (Olivares y Paredes 2020). En general, muchos de los índices presentados anteriormente, se enfocan principalmente en el análisis de un sólo tipo de sequías y en las consecuencias de las mismas, sin tomar en cuenta las conexiones de cada una de ellas. Asimismo, muchos de los autores citados, concluyen en la necesidad de integrar los diferentes tipos de sequías en un modelo que permita evaluar la dinámica de las sequías desde un enfoque global (Mishra y Singh 2010), ya que debido a las limitaciones de información a tiempo real, entre otras, no fueron llevadas a cabo.

Por lo que, en la presente investigación se buscó la identificación, caracterización y pronóstico de sequías, desde el punto de vista meteorológico, hidrológico y agronómico, teniendo en cuenta las interrelaciones entre ellas; abarcando la mayor resolución temporal y espacial en función del registro de caudales diarios, de las imágenes satelitales y de las precipitaciones mensuales disponibles, hasta llegar a establecer un modelo que permita la caracterización de la vulnerabilidad espacio – temporal de las sequías dentro de la cuenca del río Chicama, mediante el uso de 03 índices: SPI, para la caracterizar las sequías meteorológicas; NDVI para la

caracterización de las sequías agronómicas y el BFI para estimar los periodos bajo el cual se generan las sequías hidrológicas, separando el flujo base de la escorrentía total.

La caracterización de la sequía meteorológica en la cuenca del río Chicama fue realizada en base al SPI, la principal crítica de su uso es que se basa su análisis en los datos de precipitación, sin embargo, se ha demostrado que la precipitación es la principal variable que determina el inicio, duración, intensidad y el final de las sequías y debido a su flexibilidad para correlacionarse con otros índices permite la caracterización de sequías (Hayes *et al.* 1999). En ese sentido, los resultados del SPI a 12 meses contrastaron con los resultados reflejados por el NDVI y BFI, en su mayoría, contrastando con las características hidrogeológicas y de retención en la cuenca. Demostrando que tanto las características de suelo y geológicas, permiten que la cuenca pueda sostenerse en cierto periodo, sin presentar perdidas económicas mayores.

El NDVI fue usado para la caracterización de sequías agronómicas, brindando resultados similares a los encontrados con el SPI a 12 meses, en base a las imágenes satelitales proporcionadas por LANDSAT y MODIS. Del mismo modo, se estimó el BFI, mediante 05 métodos de separación de flujo base, 02 del tipo gráfico y 03 del tipo filtros digitales, los cuales toman como parámetro de filtro la constante de recesión y el BFI_{max}. La obtención de la constante de recesión se basó en el análisis de la curva de recesión, la cual describe una recesión de flujo base exponencial durante períodos sin recarga de agua subterránea (Eckhardt 2005). Para estimar el umbral bajo el cual se suscitarán las sequías hidrológicas, se hizo uso de la curva de persistencia, generada a partir de los caudales diarios, registrados en las estaciones hidrológicas del área de estudio.

Del mismo modo, los análisis revelan que la cuenca sufrió de un rango de sequías moderadas a extremas, durante el periodo de 1981 – 2020, siendo la cuenca media y baja son las zonas más susceptibles a las sequías.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Modelar y analizar la dinámica espacial y temporal de las sequías en la cuenca del río Chicama.

1.1.2. Objetivos específicos

- Cuantificar los índices: precipitación estandarizada (SPI), vegetación diferenciada normalizada (NDVI) y flujo base (BFI), para su evaluación multitemporal a través de imágenes satelitales y datos observados en campo.
- Realizar la identificación y caracterización de sequías meteorológicas, agronómicas e hidrológicas, en base a los índices cuantificados.
- Caracterizar la vulnerabilidad espacial de las sequías en base a la dinámica existente entre las sequías meteorológicas, agronómicas e hidrológicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CICLO HIDROLÓGICO

La base del estudio de la hidrología es la comprensión del ciclo hidrológico (Chow *et al.* 1994), de sus procesos e interrelaciones tanto superficiales y subsuperficiales, y esta comprensión implica “medir”. Si bien los métodos y técnicas de medición de caudales y precipitaciones has evolucionado en el tiempo, también es cierto que otras componentes del ciclo hidrológico no han corrido la misma suerte pues se presentan bajo el suelo. La infiltración, la percolación profunda, el flujo subsuperficial, el flujo subterráneo, entre otros, son procesos que se miden usualmente de manera indirecta y/o remota, lo que conlleva a una fuerte incertidumbre respecto al funcionamiento del ciclo hidrológico. Es así que el ciclo hidrológico no es nada regular. Una muestra de ello son los períodos de sequías y de inundaciones con los que estamos tan acostumbrados en el todo el mundo. Prácticamente todos los años se registran problemas de sequía en unos lugares y problemas de inundaciones en otros. El ciclo hidrológico es completamente irregular, y es precisamente contra estas irregularidades que lucha el hombre (Chereque 2005).

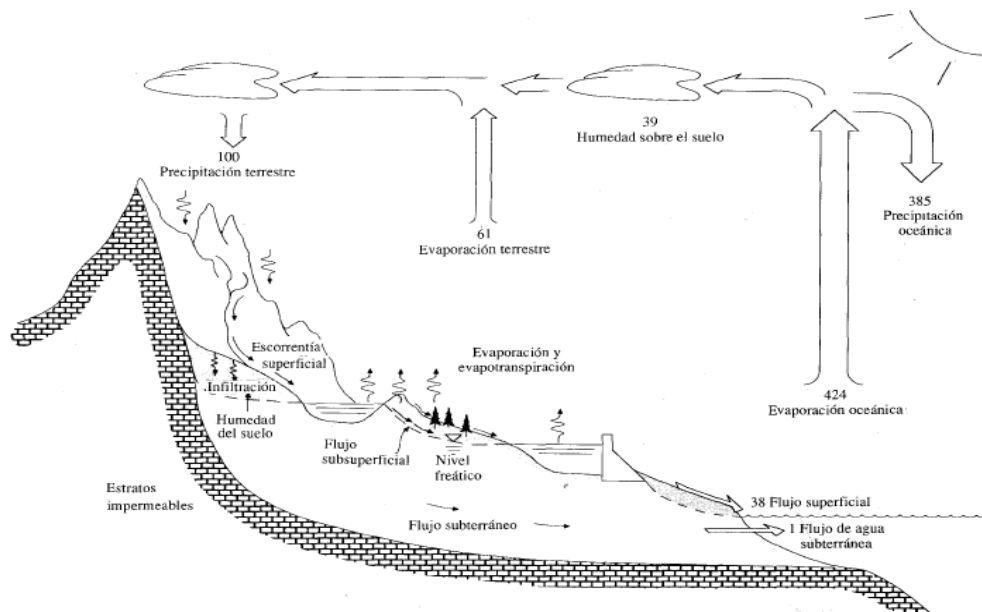


Figura 1. El ciclo hidrológico del agua con un balance de agua promedio global anual

Fuente: Chow *et al.* (1994)

2.1.1. Precipitación

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.), constituyendo la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Capkun *et al.* 2001). La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense (Chow *et al.* 1994). La precipitación es una variable climática que proporciona información crítica sobre el ciclo hidrológico y energético y es el insumo clave para los modelos hidrológicos, agrícolas y de recursos hídricos. Por lo tanto, es esencial obtener estimaciones de alta calidad de la ocurrencia, intensidad y distribución de la precipitación (Hou *et al.* 2014). Actualmente, existen tres métodos principales para medir la precipitación: i) las estaciones meteorológicas (pluviómetro), ii) los radares meteorológicos, iii) los sensores basados en satélites (Li *et al.* 2013). Mientras que los primeros toman la precipitación directamente, los segundos son usados como información complementaria, debido a que es necesaria tener en cuenta la confiabilidad y a la calibración de los mismos con data terrestre.

2.2. SISTEMA HIDROLÓGICO “CUENCA”

El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico, los cuales pueden agruparse en subsistemas del ciclo total. Éste “sistema hidrológico” posee una estructura (o volumen) en el espacio, rodeada por una frontera, que acepta agua y otras entradas, opera en ellas internamente y produce salidas (Figura 2) (Chow *et al.* 1994). Asimismo, la topografía, geomorfología y los mecanismos físicos, son heterogéneos y anisotrópicos en una cuenca pues varían en todas las direcciones en que son analizadas. Es por eso de su análisis mejorará el alcance del estudio a realizar.

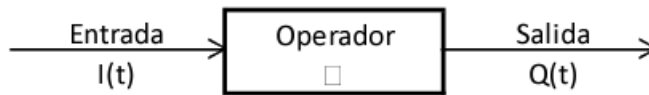


Figura 2. Esquema de un sistema hidrológico, mostrando entradas y salidas

Fuente: Chow *et al.* (1994)

2.3. SEQUÍA: DEFINICIÓN

Debido a la compleja naturaleza del evento, no existe una terminología universal, llegando a encontrar más de 100 conceptos para las sequías, según la disciplina científica desde la que se analiza al evento. Entre las principales se tiene:

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), hace mención al fenómeno como una variación acumulativa con respecto de las condiciones normales de precipitación. Este déficit de precipitación puede acontecer en cortos periodos de tiempo o incluso, tardar meses en aparecer a través del descenso de los caudales de los ríos, de los niveles de los embalses o de las alturas piezométricas de las aguas subterráneas (OMM 2006).

Fernández (1997), la define como un fenómeno natural que condiciona las operaciones de los sistemas de recursos hídricos imponiendo cuestiones más exigentes que las de diseño con graves consecuencias económicas y sociales, extendiéndose de forma irregular espacial y temporalmente (Fernández 1997).

La convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), define la sequía como un fenómeno natural del clima originado por la falta de precipitaciones en condiciones inferiores a las regularmente observadas, causando un fuerte desbalance hídrico perjudicando todos los sistemas de producción de recursos de una región (CNULD 1994).

Mckee et al. (1993), definen a la sequía como un evento hidrológico extremo de vasta complejidad cuyas consecuencias limitan el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos en una misma región. Desarrolló el

índice normalizado de precipitación (SPI), para caracterizar las sequías permitiendo la identificación de las diferentes etapas secas que atentan con la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos en diferentes escalas temporales (1 mes a 72 meses) (McKee *et al.* 1993).

Dracup *et al.* (1980), mencionan que, el problema de la definición de sequía es causado por los conceptos en conflicto, sostenidos por una variedad de campos académicos de estudio, por ejemplo, el hidrólogo se preocupa por la sequía en el contexto de un período de caudal por debajo de lo normal y almacenamiento de embalse agotado; el meteorólogo se preocupa por la sequía en el contexto de un período de precipitaciones o nevadas por debajo de lo normal; el agricultor se preocupa por la sequía en el contexto de un período durante el cual la humedad del suelo es insuficiente para mantener los cultivos, y el economista se preocupa por la sequía en el contexto de un período de bajo suministro de agua que afecta las actividades productivas y de consumo de la sociedad, variando, el concepto de sequía entre regiones de diferentes climas. Por ejemplo, en Bali, cualquier período de 6 días o más sin lluvia se considera sequía, mientras que en Libia, las sequías son reconocidas después de 02 años sin precipitaciones (Dracup *et al.* 1980).

Vicente- Serrano *et al.* (2012), hacen referencia al vasto esfuerzo científico dedicado a desarrollar instrumentos que brinden una valoración objetiva y cuantitativa de la gravedad de la sequía, definiéndola como uno de los fenómenos climáticos más difíciles y profundas que afectan a la sociedad y el medio ambiente, principalmente por sus efectos en los recursos hídricos, agricultura, ecología, pérdidas económicas, entre otras. El hecho de poder determinar el inicio y término de una sequía, además de cuantificar la duración, magnitud y extensión superficial (Vicente - Serrano *et al.* 2012).

Mishra y Singh (2010), hacen mención a la necesidad de comprender las relaciones existentes entre los parámetros climatológicos e hidrológicos involucrados en las sequías para desarrollar medidas y toma de decisiones oportunas que permitan mitigar los impactos de sequías (Mishra y Singh 2010).

Para el presente trabajo adoptaremos la definición de Bordi *et al.* (2005), quien hace mención al origen de la sequía con un déficit de lluvias sobre un

determinado lapso temporal, haciendo que se convierta en una característica recurrente del clima. Al analizar los registros en escalas cortas, se distinguen las sequías meteorológicas, sin embargo, para estudiar las sequías agronómicas e hidrológicas es necesario el recurrir al estudio de escalas más largas (Bordi *et al.* 2005), debido a que en ellas se puede apreciar los efectos en el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos (McKee *et al.* 1993).

Por lo que, el investigar e identificar las características temporales y espaciales de las sequías, es de suma importancia, para proporcionar un marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos, especialmente en las regiones semiáridas (Kim *et al.* 2002), en estas regiones, los procesos de desertificación pueden interactuar con la ocurrencia de eventos de sequía, con un impacto significativo en el medio ambiente y la población.

En el caso del Sur de América del Sur, las sequías son un fenómeno recurrente, con impactos evidentes en la disminución de los rendimientos de los cultivos, deficiencias de los caudales y los consiguientes problemas para la generación hidroeléctrica (Rivera y Penalba 2014). Asimismo, las condiciones climáticas del país y la forzante más trascendental como El Niño Oscilación Sur (Fase cálida: El Niño, Fase fría: La Niña), así como, la presencia de la cordillera de los Andes y la corriente peruana, influyen en la variabilidad natural del clima de esta región (Endara 2015). Y si a esta variabilidad climática añadimos otros factores externos como la desertificación, deforestación y la compactación de los suelos, y la vulnerabilidad intrínseca del país, el resultado es la alteración del desarrollo natural de las precipitaciones y temperatura más aún con el cambio climático (Endara 2015).

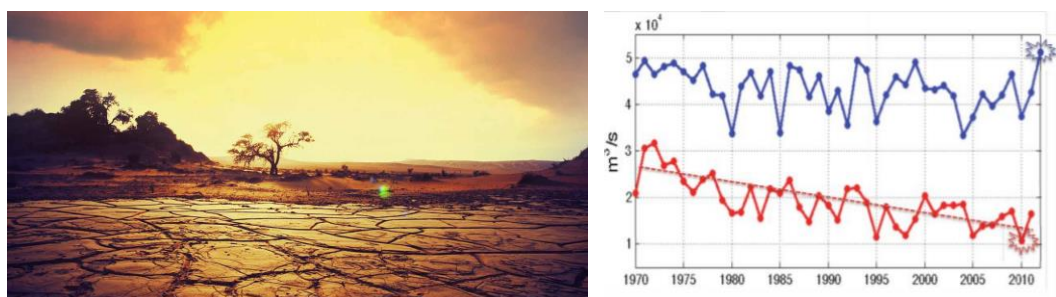


Figura 3. a) Sequías en Sudamérica b) Evolución de los caudales en el río Amazonas

Fuente: Espinoza et al. (2009)

Los eventos extremos de sequía producen impactos en diferentes partes del territorio nacional afectando regiones importantes de la costa y sierra cuya intensidad estaría asociada a la ocurrencia de condiciones climáticas especiales, no obstante, las regiones más vulnerables a las sequías se posicionan al sur del país, sin embargo, en las últimas décadas, este fenómeno se manifestó con mayor periodicidad en todo el territorio nacional, registrando alrededor de más de 180 eventos, donde el 75 por ciento ocurrieron en la vertiente del Pacífico, 18 por ciento en la vertiente del Titicaca y 7 por ciento en la vertiente del Atlántico (Rodríguez *et al.* 2009). Sin embargo, cabe mencionar que para esta zona se ha observado una fuerte disminución de los caudales de estiaje desde los años 1970s (Molina-Carpio *et al.* 2017).

2.4. TIPOS DE SEQUÍA

Dentro del ciclo hidrológico, las sequías presentan su origen con una deficiencia de la cantidad de precipitación, originando a su vez una disminución de la presencia de agua en todos los estados del ciclo hidrológico. A este déficit de precipitación pueden incorporarse algunas variables climáticas regionales o locales como puede ser una alta temperatura, presencia de fuertes vientos, una baja humedad relativa con una alta radiación solar, características del suelo y cobertura vegetal (Gálvez 2017). Esto conlleva el incremento de las tasas de evaporación y de transpiración acentuando la pérdida de la presencia de agua en la superficie terrestre y en el proceso del ciclo hidrológico. Así, Wilhite y Glantz (1985) reunieron múltiples definiciones de sequías, en función al rigor científico desde el cual se examina el evento: sequía meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica (Figura 4).

El ciclo del evento es presidido con la sequía meteorológica y un estado de sequedad persistente induciendo a la ocurrencia de sequías agrícolas, hidrológicas y socioeconómicas (Vidal y Wade 2009).

- i. Sequía meteorológica:** se define como la falta de precipitación en una región durante un período de tiempo. Considera a la sequía como un déficit de precipitación con respecto a los valores promedio, es comúnmente el utilizar series de precipitación a escala mensual para su análisis (McKee *et al.* 1993).
- ii. Sequía agronómica:** se refiere a un período con la disminución de la humedad del suelo y la consecuente pérdida de cultivos sin ninguna referencia a los recursos hídricos superficiales. La disminución de la humedad del suelo depende de varios factores independientemente del tipo de cobertura vegetal existente como la pendiente y textura de suelo, conjuntamente con la evapotranspiración real y la evapotranspiración potencial (Liu y Kogan 1996).
- iii. Sequía hidrológica:** se relaciona con un período con recursos hídricos superficiales y subterráneos inadecuados para los usos establecidos del agua de un sistema de gestión de recursos hídricos dado, teniendo los datos de caudal para su análisis. A partir de análisis de regresión que relacionan las sequías en el flujo de los arroyos con las propiedades y características de la cuenca, dentro de las cuales la geología y tipos de suelo, cumplen un rol principal dentro de las sequías hidrológicas (Eckhardt 2012). Por lo general ocurren durante un período prolongado de tiempo seco asociado típicamente con sistemas de baja presión, donde las altas temperaturas, la alta entrada de radiación, la baja humedad y el viento aumentan las tasas de evaporación y transpiración (WMO 2008). Este tipo de sequías presentan un desfase entre el origen de las sequía meteorológica o agrícola, puesto que se requiere de un lapso temporal para que se disipen las anomalías pluviométricas a los diversos componentes del ciclo hidrológico, y en la sequía hidrológica puede tardar meses a años dependiendo de la región desde el principio de la sequía meteorológica, sin embargo, si las precipitaciones retornen en un corto periodo, la sequía hidrológica no llegará a presentarse (Gálvez 2017). Un componente necesario en una definición completa de sequía hidrológica es la especificación del método mediante el cual

los eventos de sequía se abstraen del resto de la serie temporal hidrológica, este es denominado umbral de truncamiento, el cual sirve para dividir una serie temporal en secciones "por encima de lo normal" y "por debajo de lo normal"(Dracup *et al.* 1980), bajo el cual se presentarán las sequías.

- iv. **Sequía Socioeconómica:** está asociado con la insuficiencia generada en los recursos hídricos para suplir las exigencias de agua vinculando los eventos de sequías con el balance oferta y la demanda de un bien económico, en este caso el agua.

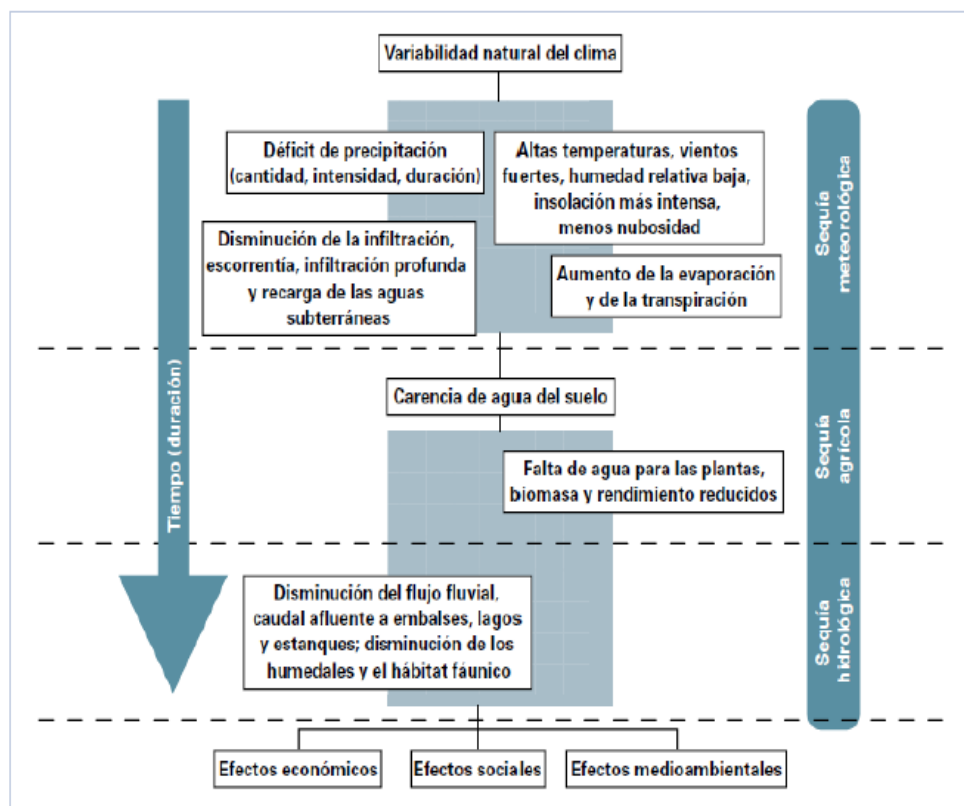


Figura 4. Orden de sucesos de sequía y sus efectos. Todas las sequías son consecuencia del déficit de precipitación, que a su vez concatena el origen de los distintos tipos de sequía y sus posteriores secuelas

Fuente: OMM (2006)

2.5. INDICADORES DE SEQUÍA

Son aquellos parámetros utilizados para describir las condiciones y características de las sequías (Svoboda y Fuchs 2017). Dentro de los indicadores más usados se tiene, la precipitación, la temperatura, las imágenes

satelitales, los caudales fluviales, pérdidas de cultivo, los niveles de la napa freática en las aguas subterráneas, la humedad del suelo, la aridez, la pérdida de cultivos, entre otros. Estos son aplicados según el objetivo de la investigación a realizar.



Figura 5. Indicadores de Sequías

Fuente: OMM (2006)

2.6. ÍNDICES DE SEQUÍA

Un índice de sequía es una variable principal para evaluar el efecto de una sequía y definir diferentes parámetros de sequía, que incluyen intensidad, duración, gravedad y extensión espacial (Mishra y Singh 2010). Estos suelen ser representaciones numéricas de los impactos de las sequías, determinadas a partir de registros climáticos o hidrometeorológicos. El principal objetivo de estos índices es el análisis cualitativo de las sequías en el entorno en un periodo de tiempo determinado (OMM 2006).


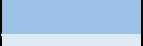
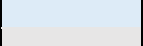
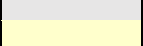



Los índices facilitan las relaciones complejas brindando invaluable herramientas para la comunicación con distintos públicos y usuarios, además de ser utilizados para la vigilancia del clima a diferentes escalas temporales permitiendo identificar las fases húmedas de corta duración dentro de las sequías de larga duración o viceversa. La principal aplicación de los índices yace en poder reflejar en forma cuantitativa la gravedad, la localización, la evolución cronológica y la duración de los diferentes escenarios de sequía (Svoboda y Fuchs 2017). Para planificar la toma de decisiones ante el riesgo de sequía o incluso para gestionar los sistemas de alerta temprana del fenómeno, es necesario extraer la información de los indicadores e índices siempre y cuando se conozca el régimen climático de la región, así como la climatología de las sequías del lugar. De igual modo, los indicadores e índices también pueden ser usados para validar otros indicadores de sequía generados

a partir de modelos u obtenidos por teledetección (Svoboda y Fuchs 2017). Y es que en los últimos años se han venido desarrollando una variedad de índices que buscan una mejor caracterización del evento, dentro de los cuales podemos resaltar a: SPI (Índice de precipitación estandarizada); AI (Índice de aridez); SPEI (Índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración); BFI (Índice de flujo base); NDVI (Índice diferencial normalizado de vegetación); SDI (Índice de sequía de los caudales fluviales); percentiles de precipitación, deciles, etc.

2.6.1. SPI (Índice de precipitación estandarizada)

Debido a que el único parámetro requerido para su cálculo es un registro de lluvias haciendo que el SPI sea un índice potente y flexible, además de sencillo de calcular. Su versatilidad hace que sea tan efectivo para el estudio de los períodos y ciclos húmedos al igual que de los secos (McKee *et al.* 1993). Su flexibilidad permite abordar los diversos tipos de sequía y, a la vez, establecer correlaciones con los otros índices (Hayes *et al.* 1999).

Tabla 1. Valores del Índice normalizado de precipitación

N°	Clases de sequías	Rango de valores de SPI	RGB
1	Extremadamente húmedo	$SPI \geq 2$	
2	Muy húmedo	$1.50 \leq SPI < 1.99$	
3	Moderadamente húmedo	$1.00 \leq SPI < 1.50$	
4	Cercano a lo normal	$-0.99 < SPI < 0.99$	
5	Sequía moderada	$-1.49 < SPI \leq -1.00$	
6	Sequía severa	$-2.00 < SPI \leq -1.50$	
7	Sequía extrema	$SPI \leq -2$	

Fuente : McKee *et al.*(1993)

La principal ventaja de este método es su estandarización, de modo que los valores representan la misma probabilidad de ocurrencia independientemente del período de tiempo, la ubicación y clima.

SPI a 03 Meses

El SPI de 3 meses ofrece una comparación de la precipitación a lo largo de un período específico con una ventana de 3 meses con los totales de precipitación incluidos en el registro histórico. El SPI de 3 meses refleja condiciones de humedad a corto y medio plazo y

proporciona una estimación estacional de la precipitación (WMO 2012).

SPI a 06 Meses

El SPI de 6 meses compara la precipitación de ese período con una ventana de período de 6 meses del registro histórico, e indica tendencias de precipitación entre estacionales y medio plazo (WMO 2012).

SPI a 12 Meses

El SPI en estas escalas temporales refleja patrones de precipitación a largo plazo. Un SPI de 12 meses es una comparación de la precipitación de 12 meses consecutivos con la registrada en los mismos 12 meses consecutivos de todos los años precedentes para los que se dispone de datos, es decir, trabaja con una ventana móvil de 12 meses. Los SPI de estas escalas temporales generalmente se vinculan con cauces fluviales, niveles de los reservorios e incluso niveles de las aguas subterráneas a escalas temporales más largas (WMO 2012).

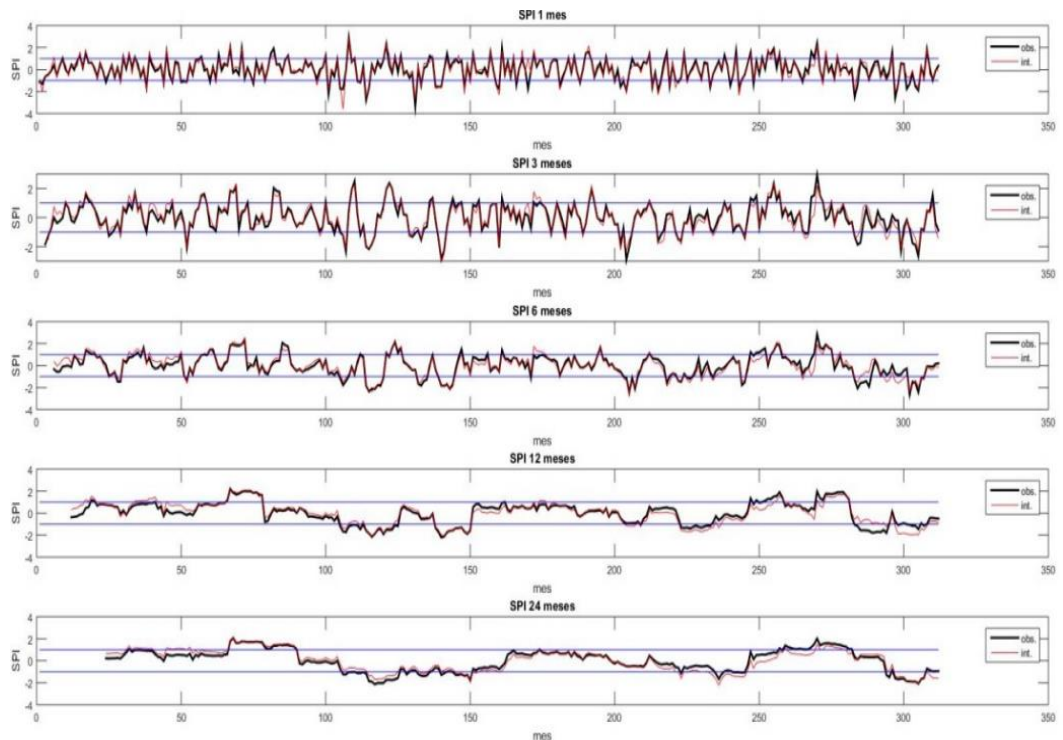


Figura 6. SPI a diferentes escalas

Fuente: Velazquez y Velazquez (2019)

2.6.2. NDVI (Índice diferencial normalizado de vegetación)

Es un índice usado para cuantificar la cantidad, naturaleza y detectar cambios en el crecimiento de la vegetación por medio del uso de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial (Ji y Peters 2003).

Este ayuda a diferenciar la vegetación de otros tipos de cobertura del suelo (artificial) y determinar su estado general, así como definir y visualizar áreas con vegetación en una determinada área o región.

Las masas vegetales, comienzan a absorber energía en el espectro electromagnético visible hasta llegar a un momento de rechazo en la zona del infrarrojo cercano, también conocido como NIR (Near Infrared). Es en esta franja del espectro electromagnético donde la energía es reflejada por la vegetación. Esta situación hace que, la banda del infrarrojo cercano, sea tan especial para calcular el NDVI, el cual es obtenida mediante la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

Este índice aprovecha el contraste de las características de dos bandas de un dataset ráster multiespectral: las absorciones de pigmento de clorofila en la banda roja y la alta reflectividad de los material de las plantas en la banda cercana al infrarrojo (NIR).



Figura 7. Valores del NDVI

El NDVI tiene una escala de valores que van de -1 a 1. Los valores negativos de NDVI corresponden a áreas con superficies de agua, estructuras hechas por el hombre, rocas, nubes o nieve; el suelo desnudo suele estar dentro del rango de 0,1 a 0,2 y las plantas siempre tendrán valores positivos entre 0,2 y 1. El dosel de la vegetación densa y saludable debería estar por encima de 0,5, y la vegetación dispersa muy probablemente estará dentro del rango de 0,2 a 0,5. Sin embargo, es sólo una regla general y siempre hay que tener en cuenta la estación, el tipo de planta y las peculiaridades regionales para saber la interpretación de los valores del NDVI correcta (Earth Observing System 2019).

2.6.3. NDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada)

El índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) permite medir la cantidad de agua que existe en la vegetación o en el suelo, permite detectar cuerpos de agua y lugares que presentan estrés hídrico (May et al. 2021). Se calcula a partir de imágenes adquiridas por los sensores satelitales y de las bandas espectrales

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$NDWI = \left[\frac{Green - NIR}{Green + NIR} \right]$$

El NDWI utiliza la combinación NIR-SWIR (infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta) para resaltar la presencia de agua en las hojas de las plantas. El NDWI, por su parte, se calcula utilizando la combinación GREEN-NIR (verde visible e infrarrojo cercano), lo que le permite detectar cambios sutiles en la cantidad de agua de las masas de agua. El inconveniente de este índice es que es sensible a las estructuras construidas, lo que puede llevar a una sobreestimación del tamaño de las masas de agua (Earth Observing System 2019).

Para interpretar los valores del NWI, los valores más altos que se acercan a +1 suelen aparecer en azul y corresponden a un alto contenido de agua, mientras que los valores más bajos hasta -1 son signos reveladores de condiciones de sequía, es así que se identifican a los siguientes rangos:

- 0.2 – 1.0: superficie del agua
- 0.0 – 0.2: humedad
- -0.3 – 0.0: sequía leve
- -1.0 - -0.3: sequía moderada

2.6.4. BFI (Índice de flujo base):

El índice de caudal base (BFI), es la contribución del caudal base del caudal a lo largo del registro (*Chen et al. 2020*), se calcula usando la ecuación:

$$BFI = \frac{V_B}{V_T}$$

Donde la variable V_B es el volumen total de caudal base durante un período y V_T es el volumen total de caudal en el mismo período.

El valor de BFI se encuentra entre 0 y 1 (*Chen et al. 2020*). Para poder estimar el aporte de las aguas subterráneas es necesario, hacer uso de técnicas de separación de flujo base, los cuales, a su vez se pueden sistematizar en métodos gráficos, filtros digitales (series de tiempo de caudales y análisis de la constante de recesión) y químicos (isótopos estables del agua) (*Sully y Gómez 2016*). Para nuestra investigación solamente se estimará con los 02 primeros métodos.

- i. Métodos gráficos:** los métodos gráficos están basados en las estimaciones que intentan comprender los incrementos del caudal debido a que carecen de una base física (*Smakhtin 2001*).
- ii. Filtros Digitales:** los algoritmos numéricos o filtros digitales fueron elaborados para hacer eco de las ondas de alta frecuencia como flujo superficial y las ondas de baja frecuencia como si fuesen flujo base, a partir de hidrogramas, en forma reiterativa (*Sully y Gómez 2016*).
- iii. Métodos Isotópicos o Químicos:** estos son más usados para la calibración de los filtros digitales, se basa en la hipótesis que los

componentes químicos del flujo base y la escorrentía superficial son diferentes, esto es verificado ya que requiere la medición de datos isotópicos, iónicos y de volumen. La principal ventaja es que las concentraciones de los componentes químicos están relacionadas con los procesos físicos reales y las trayectorias de flujo en la cuenca que generan los diferentes componentes de flujo, mientras la desventaja es los datos requeridos (*Stewart et al. 2007*).

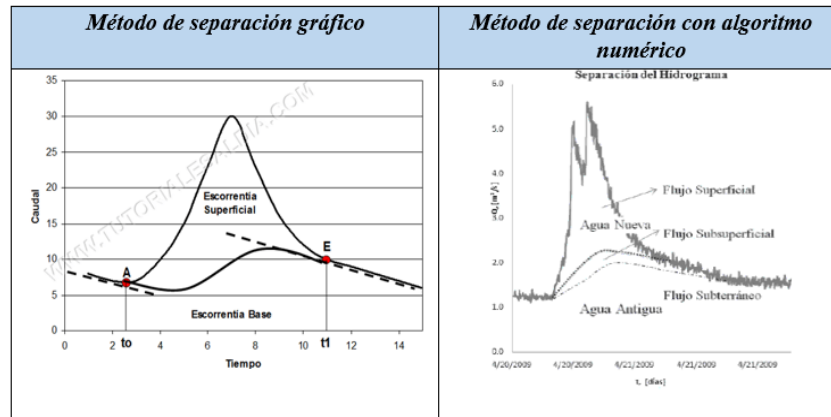


Figura 8. Esquema de separación del hidrograma
Fuente: Sully y Gómez (2016).

Método UKIH

Desarrollado en 1980 para caracterizar la respuesta hidrológica de una cuenca a la geología y litología, este se basa en la identificación e interpolación de puntos de inflexión dentro de una entrada serie de tiempo de la información monitoreada de caudales, aplicado a datos medios diarios (*Gustard et al. 1992*). Divide el registro de caudal medio diario en segmentos de 5 días consecutivos subsecuentes buscando el punto de inflexión en la secuencia de valores mínimos (sin superposición). Los puntos de inflexión son luego conectados para obtener el hidrograma del caudal base que es restringido para igualar la ordenada del hidrograma observado en el día que el hidrograma separado excede al observado.

- a. Divide los datos de caudal medio diario en segmentos de $N = 5$ días consecutivos, sin traslape y calcula el valor mínimo para cada segmento llamados $Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_n$.

- b. Considera a su vez $(Q_1, Q_2, Q_3), (Q_2, Q_3, Q_4), \dots (Q_{i-1}, Q_i, Q_{i+1}),$ etc. En cada caso, si:

$$0.9 * \text{valor central} < \text{valores extremos}$$

Luego el valor central es la coordenada de la línea del caudal base. Se sigue el procedimiento hasta que se hayan analizado todos los datos para proporcionar un conjunto derivado de coordenadas de caudal base $QB_1, QB_2, QB_3, \dots QB_n$ que tendrán diferentes periodos de tiempo entre sí.

- c. Por interpolación lineal entre cada valor $QB_i,$ estima cada valor diario de $QB_1, \dots QB_n.$
- d. Si $QB_i > Q_i$ se establece $QB_i = Q_i.$
- e. Calcula el volumen (V_B) debajo de la línea del caudal base entre el primer y el último punto de inflexión del caudal base $QB_1, \dots QB_n.$
- f. Calcula (V_A) el volumen debajo del registro medio diario de los caudales Q_n para periodos $QB_1, \dots QB_n.$
- g. El índice de caudal base BFI es luego igual a $\frac{V_B}{V_A}.$

Dentro de las mayores ventajas de usar este método, es lograr que el caudal base no exceda al caudal, además de las implicancias de restringir los valores del caudal base pueden ser más pronunciadas en condiciones de flujo base. En el segundo caso (agrupación de datos), la incertidumbre asociada a la segmentación de los datos de caudal se resuelve mediante el cálculo del caudal base usando segmentaciones que se desplazan con respecto a un origen entre cero a cuatro días y el promedio de los cinco valores resultantes de caudal base para cada día (Piggott *et al.* 2005).

Tabla 2. Funcionamiento del método de separación UKIH

Fecha	Caudal Diario(m ³ /s)	Qmin	0.9*Qmin	Condición 0.9*val.cen<=val. Ext.	Baseflow (m ³ /s)
01-ene-10	0.109				-
02-ene-10	0.063				-
03-ene-10	0.043	0.039	0.0351	FALSE	-
04-ene-10	0.039			NEXT	-
05-ene-10	0.229				-

06-ene-10	0.186					-
07-ene-10	0.116					-
08-ene-10	0.111	0.095	0.0855	FALSO	NEXT	-
09-ene-10	0.095					-
10-ene-10	0.123					-
11-ene-10	0.178					-
12-ene-10	0.091					-
13-ene-10	0.076	0.062	0.0558	FALSO	NEXT	-
14-ene-10	0.073					-
15-ene-10	0.062					-
16-ene-10	0.054					0.054
17-ene-10	1.06					0.056
18-ene-10	0.856	0.054	0.0486	VERDADERO	OK	0.058
19-ene-10	1.05					0.06
20-ene-10	1.34					0.062
21-ene-10	1.64					0.064
22-ene-10	1.35					0.067
23-ene-10	0.559	0.255	0.2295	FALSO	NEXT	0.069
24-ene-10	0.255					0.071
25-ene-10	0.644					0.073
26-ene-10	0.793					0.075
27-ene-10	0.896					0.077
28-ene-10	0.631	0.492	0.4428	FALSO	NEXT	0.079
29-ene-10	1					0.082
30-ene-10	0.492					0.085
31-ene-10	0.377					0.088
01-feb-10	0.163					0.091
02-feb-10	0.123	0.1	0.09	VERDADERO	OK	0.095
03-feb-10	0.102					0.098
04-feb-10	0.1					0.1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Filtro de Lyne & Hollick

El algoritmo de Lyne & Hollick (1979), considera que el flujo base se mantiene constante cuando no se presenta escorrentía directa. Se conoce que el caudal total se expresa de forma válida desde el punto de vista hidrológico, siendo el caudal total la suma del caudal base más la escorrentía directa (Lyne y Hollick 1979).

Se puede obtener el caudal base, usando el algoritmo de recesión.

$$b_k = \alpha * b_{k-1} + \frac{(1 - \alpha)}{2} * (y_k + y_{k-1})$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

Donde:

- y : flujo total
- α : constante de recesión
- b : flujo base
- k : número de paso de tiempo

Filtro de Chapman and Maxwell

El caudal base total es el promedio medio ponderado de la escorrentía directa y el flujo base, en el intervalo de tiempo anterior (Chapman y Maxwell 1996). Lyne y Hollick (1979), proponen que el parámetro de filtrado sea la constante de recesión y además los resultados deben estar sujetos a $b_k \leq y_k$.

El algoritmo de Chapman and Maxwell (1996), es usado como uno de los filtros base para los algoritmos numéricos usados en la actualidad, está en función del parámetro del filtro α (constante de recesión).

$$b_k = \frac{(3\alpha - 1)}{3 - \alpha} * b_{k-1} + \frac{(1 - \alpha)}{3 - \alpha} * (y_k + y_{k-1})$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

Donde:

- y : flujo total
- α : constante de recesión
- b : flujo base
- k : número de paso de tiempo

Filtro de Eckhardt

Este filtro de dos parámetros fue deducido por (Eckhardt 2005), quien utilizó como base el algoritmo de (Chapman y Maxwell 1996) para desarrollar un filtro en función de dos parámetros de filtro a (constante de recesión) y el BFI_{MAX} (Índice de Flujo Base máximo). Entre los filtros digitales, el filtro de Eckhardt es uno de los que brinda mejor aproximaciones en sus resultados.

Desarrollo del filtro

El caudal puede ser expresado de forma válida desde el punto de vista hidrológico, mediante la siguiente ecuación:

$$y_k = f_k + b_k$$

Donde:

- **y**: flujo total
- **f**: escurrimiento directo (componente de respuesta rápida)
- **b**: flujo base (componente de respuesta lenta)
- **k**: número de paso de tiempo

Luego el componente de respuesta lenta o el flujo base puede ser escrito desde la forma general del filtro recursivo de un parámetro, como se muestra en la ecuación siguiente:

$$b_k = Ab_{k-1} + By_k$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

Asumiendo una relación lineal entre la descarga del acuífero y el almacenamiento, los parámetros A y B en la ecuación anterior pueden ser expresados como funciones de la constante de recesión y el BFI_{MAX} , las ecuaciones siguientes sostienen lo dicho:

$$B = \frac{BFI_{MAX}(1 - \alpha)}{1 - \alpha BFI_{MAX}}$$

$$A = \left[\frac{1 - BFI_{MAX}}{1 - \alpha BFI_{MAX}} \right] \alpha$$

Y luego el filtro puede ser expresado como:

$$b_k = \frac{(1 - BFI_{MAX})\alpha b_{k-1} + (1 - BFI_{MAX})y_k}{1 - \alpha BFI_{MAX}}$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

La ecuación anterior es visto como un filtro de dos parámetros, deducido a partir de un filtro de un parámetro (α), con la aparición del BFI_{MAX} , el cual funciona como dos parámetros siempre y cuando $BFI_{MAX} < 1$.

El filtro de Eckhardt, muestra dos parámetros: la constante de recesión " α " y el máximo valor del índice de flujo base " BFI_{MAX} ", el cual es un parámetro empírico que obtenido en función de las características de la litológicas de la cuenca. Eckhardt (2005), presenta una relación de valores tentativos para el " BFI_{MAX} ", en función de propiedades geológicas e hidrogeológicas: $BFI_{MAX} = 0.80$ para ríos perennes con acuíferos porosos; $BFI_{MAX} = 0.50$ para corrientes efímeras con acuíferos

porosos; $BFI_{max}=0.25$ para arroyos perennes con acuíferos de roca dura. Mientras que el parámetro de la constante de recesión “ α ” puede ser obtenida a partir de un análisis de la curva de recesión (Eckhardt 2005).

Curva de Recesión

La representación gráfica del flujo base (Figura 9), se denomina “curva de recesión” la cual muestra la variación del flujo base durante periodos de poca o ninguna precipitación sobre una cuenca determinada observada en un hidrograma (Chow *et al.* 1994).

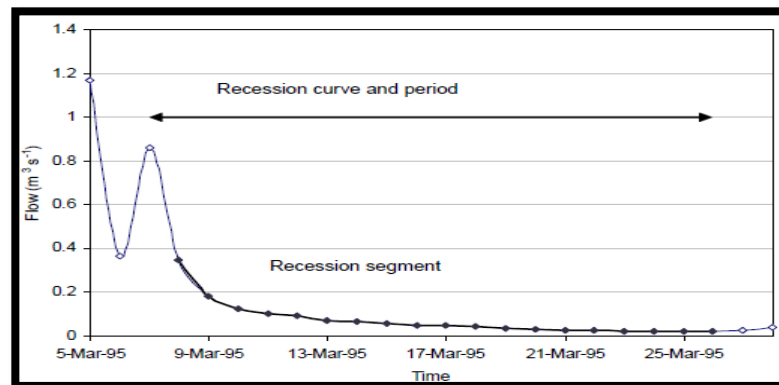


Figura 9 Curva de recesión, periodo y segmento de recesión

Fuente: Hisdal *et al.* (2004).

Constante de Recesión

La recesión es producida por el descenso o agotamiento del agua almacenada en el acuífero en épocas de estiaje. De acuerdo con el supuesto del reservorio lineal, la salida de agua subterránea se puede estimar mediante la Ecuación durante el proceso de recesión de agua subterránea(Shao *et al.* 2020).

$$\alpha = \frac{Q_i}{Q_{i-1}}$$

Idealmente, en una gráfica de $Q_{(i)}$ contra $Q_{(i-1)}$, todos los puntos deberían estar en una línea recta a través del origen, y la pendiente de la línea es la constante de recesión del agua subterránea.

2.7. CURVA DURACIÓN DE FLUJO Y UMBRAL DE TRUNCAMIENTO

La curva de duración del flujo es un gráfico que muestra el porcentaje de tiempo que es probable que el flujo en una corriente iguale o exceda algún

valor específico de interés (Figura 10). Por ejemplo, se puede usar para mostrar el porcentaje de tiempo que se puede esperar que el flujo del río exceda un flujo de diseño de algún valor especificado o para mostrar la descarga de la corriente que ocurre o se excede en un porcentaje del tiempo (OSU 2010). También puede ser usado como umbral o nivel de truncamiento para determinar un valor de caudal, bajo el cual se presentaría la sequía.

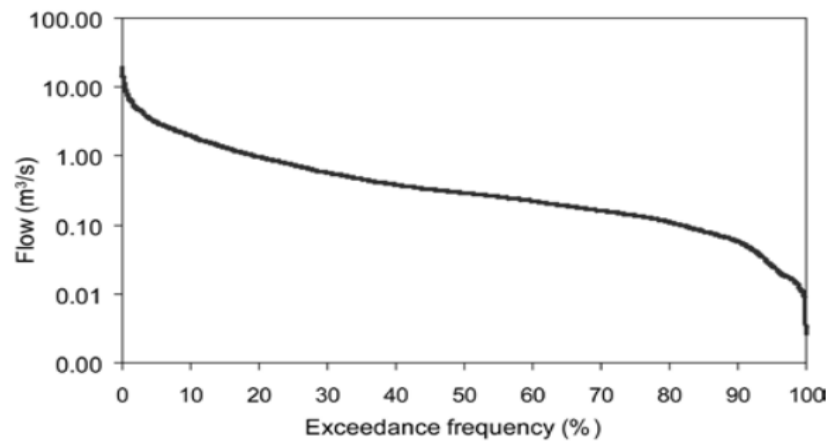


Figura 10. Curva de duración de flujo para el río Drammenselv en Noruega

Fuente: WMO (2008).

Uno de los métodos más comunes para la delimitación de un evento de sequía hidrológica es determinar el nivel del umbral. Se define como período de déficit de caudal un período durante el cual el caudal alcanza valores por debajo de un límite establecido. Sus dos parámetros básicos son la duración del flujo bajo y el volumen deficitario (Tomaszewski 2012).

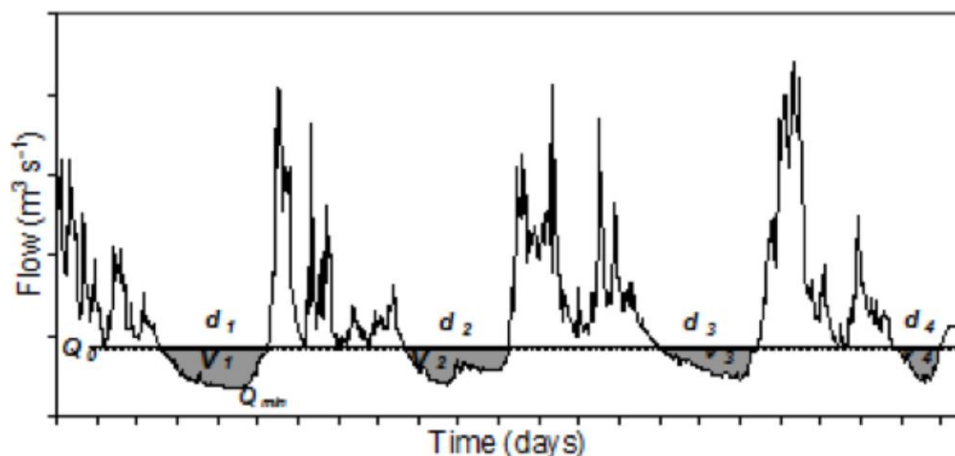


Figura 11. Parámetros básicos de una sequía hidrológica

Fuente: Hisdal et al., (2004).

Uno de los principales enfoques asume que el umbral se puede derivar de la curva de duración del flujo, como el porcentaje de excedencia del rango de entre 70 por ciento (Q70) y 95 por ciento (Q95) (Hisdal *et al.* 2004).

2.8. ANÁLISIS ESTOCÁSTICO DE SEQUÍAS

Las series de tiempo de variables hidrometeorológicas son de naturaleza estocástica, por ser sucesiones de visualizaciones aleatorias ordenadas en el tiempo y en el espacio. Las variables derivadas de estas series como periodos húmedos y secos, también se comportan de forma aleatoria. Es así que, la sequía, que se caracteriza basándose en su duración, severidad e intensidad, también es de naturaleza estocástica. Por lo tanto, la probabilidad de que ocurran es casi imposible de predecir con certeza, y debido a la naturaleza impredecible y temporal, las sequías deben caracterizarse por procesos estocásticos (Shiau y Shen 2001).

2.9. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS

Generalmente, al analizar las sequías se hace uso de series de tiempo de diferentes variables y escalas de tiempo que puede variar desde meses a años (Mishra y Singh 2011) en base a un enfoque de umbral, el cual permitirá caracterizar un evento de sequía, sin embargo, su valor puede variar dependiendo de las características de la cuenca a evaluar y de la resolución temporal a estudiar.

En la Figura 12, se observa un esquema de una variable de sequía hipotética denotada por X_t , la que se cruza en muchos lugares con el nivel de umbral X_0 , este es el elemento más básico para derivar los parámetros de la sequía, pudiendo ser constante o estar en función del tiempo, del mismo modo, para delimitar de forma temporal el evento de sequía se usa la teoría de corrida (Run), la cual representa parte de la serie de tiempo de la variable de sequía X_t , en la que todos los valores están por debajo o por encima del nivel de truncamiento seleccionado de X_0 ; en consecuencia, se denomina ejecución negativa o positiva, respectivamente (Mishra y Singh 2010).

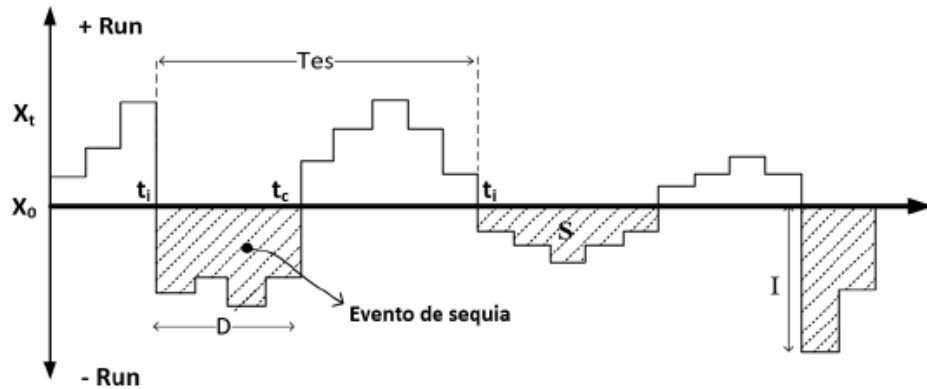


Figura 12. Características de la sequía utilizando la teoría de la corrida (RUN) para un nivel de umbral dado

Fuente: Mishra y Singh (2010).

Donde:

- t_i tiempo de inicio de la sequía,
- t_c tiempo de finalización de la sequía,
- Tes es tiempo entre sequías,
- D es duración de la sequía,
- I es intensidad de la sequía

La caracterización de sequías ayuda a establecer con precisión el desarrollo del evento ya que ha transcurrido completamente y es examinado desde una perspectiva histórica, en base a sus propiedades de duración, intensidad, severidad, extensión espacial y frecuencia (Figura 13) que son definidas a continuación:

- i. **Duración:** puede variar entre una semanas y años dependiendo de la región, se define como la etapa consecutiva e ininterrumpida de meses que dura un evento de sequía (Gálvez 2017).
- ii. **Intensidad:** evidencia el déficit de lluvia y el impacto de las secuelas asociadas a ese déficit.

- iii. **Severidad:** representa la escasez acumulada de precipitación, reflejado en el déficit hídrico, por debajo de cierto umbral durante un lapso de un evento de sequía.

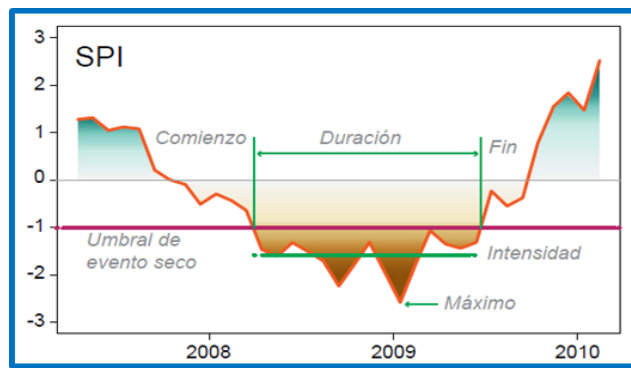


Figura 13. Esquema de un evento de sequía

- iv. **Frecuencia:** representa la probabilidad de ocurrencia de una sequía o de una determinada intensidad del evento.
- v. **Extensión espacial:** representa la evolución de la sequía en un espacio geográfico definido.

2.10. SERIE DE TIEMPO Y TÉCNICAS PARA SU COMPLETACIÓN

Representa el conjunto de observaciones ordenadas cronológicamente, el orden de aparición de las observaciones es importante en su análisis. Ejemplos de series de tiempo son, el registro diario de precipitaciones, el registro mensual de caudales de un río, etc. Una de las características intrínsecas de una serie temporal es la dependencia adyacente de las observaciones, la naturaleza de esta dependencia entre las observaciones es interés práctico en su análisis (Hipel y McLeod 1994).

2.10.1. TÉCNICAS DE DOWNSCALLING

El downscaling, introduce nueva información a partir de los datos observados para generar proyecciones climáticas de alta resolución. Generalmente, las técnicas de downscaling se basan en modelos que relacionan de forma empírica las variables de circulación a gran escala (predictores), dadas por los modelos de climáticos globales (GCMs), con las variables locales observadas en superficie (predictandos; típicamente temperatura y precipitación). Dichos modelos se ajustan utilizando datos del clima presente y son posteriormente aplicados para proyectar localmente las simulaciones futuras de los GCMs, lo que

supone su mayor limitación, puesto que se asume su estacionariedad (Wilby *et al.* 2014). Pese a ello, presentan otras muchas ventajas como la capacidad de calibrar los desajustes sistemáticos de los GCMs (debidos, por ejemplo, a la grosera representación de la orografía), permiten la selección manual de predictores (incluyendo sólo aquellos que sean reproducidos con mayor fiabilidad).

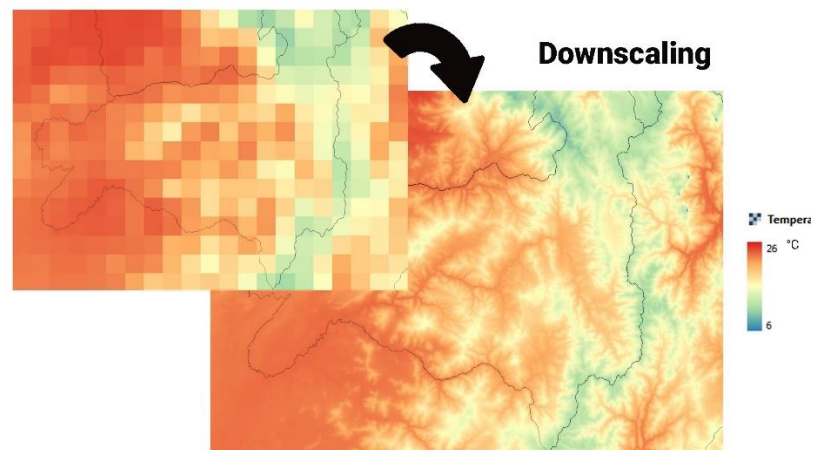


Figura 14. Downscaling de GCM

2.10.2. TRANSFORMACIONES ESTADÍSTICAS

Las transformaciones estadísticas intentan encontrar una función h que represente una variable modelada P_m de modo que su nueva distribución sea igual a la distribución de la variable observada P_o (Gudmundsson *et al.* 2012). En el contexto de este documento, P_o y P_m denotan precipitación observada y modelada, respectivamente. esta transformación en general se puede formular como:

$$P_o = h * (P_m)$$

Las transformaciones estadísticas son una aplicación de la transformada integral de probabilidad (Angus, 1994) y si se conoce la distribución de la variable de interés, la transformación se define como:

$$P_o = F_o^{-1}(F_m(P_m))$$

Donde F_m es la CDF de P_m y F_o^{-1} es el inverso de CDF (función de cuantil) que corresponde a P_o .

2.10.3. QUANTILE MAPPING (QM)

Las técnicas de mapeo cuantílico (QM) se encuentran entre los métodos de corrección de sesgos más importantes y populares, para el tratamiento y completación de variables hidroclimáticas (Enayati *et al.* 2021); utiliza la función de densidad de probabilidad completa, para garantizar que los valores extremos estén representados adecuadamente.

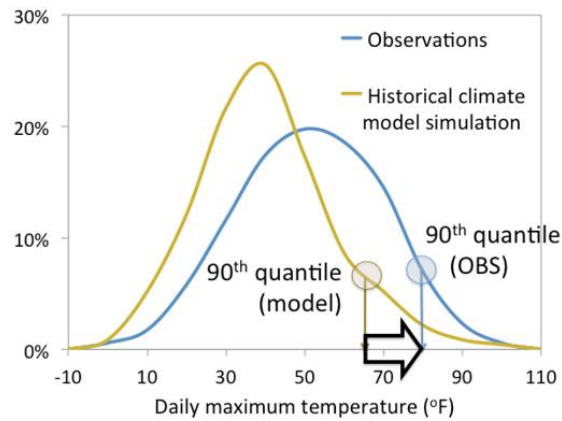


Figura 15. Ajuste en base al QMapping

2.10.4. APROXIMACIÓN ESTADÍSTICA

El método de aproximación, consiste en aproximar el problema de optimización estocástica por un problema determinístico. Cada día problema (x_i) tiene n días análogos (a_{ij}), cada uno con una cierta similitud ($sim(a_j, x_i)$) (donde $n=30$ para precipitación). Cada día análogo (a_{ij}) tiene una precipitación observada (ρ_{ij}) y una probabilidad estimada (π_{ij}),

$$\pi_{ij} = \frac{sim(a_j, x_i)}{\sum_{k=1}^n sim(a_k, x_i)}$$

Ya que se calcula como una media, esta estimación preliminar suaviza mucho los valores extremos de precipitación y sobreestima el número de días sin precipitación. Para resolver este problema se diseñó una estrategia que nos permitiera obtener, para un cierto periodo (por ejemplo, un mes), series de precipitación con una distribución de probabilidad similar a la obtenida para la precipitación de todos los análogos asociados a cada día problema de ese periodo.

2.10.5. ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS (AC)

Es un método estándar del análisis multivariado que puede reducir una compleja cantidad de información en pequeños grupos o clústers, donde los miembros de cada uno de ellos comparten características similares. Los procedimientos jerárquicos consisten en la construcción de una estructura en forma de árbol. Existen dos tipos de procedimientos de obtención de clústers jerárquicos: los de aglomeración y los divisivos. Dentro de los métodos jerárquicos aglomerativos se tienen: (i) método de encadenamiento simple, (ii) métodos de encadenamiento completo, (iii) método de encadenamiento medio, (iv) método de Ward y (v) método del centroide. En los últimos años el uso del AC en el campo de la hidrología ha sido exitoso; muestra de ello son las aplicaciones que ha tenido en la regionalización de cuencas para el análisis de frecuencia de caudales máximos y mínimos, la estimación de tormentas de corta duración, la determinación de zonas ciclónicas y la determinación de regiones homogéneas de precipitación, entre otras (Heredia 2012) .

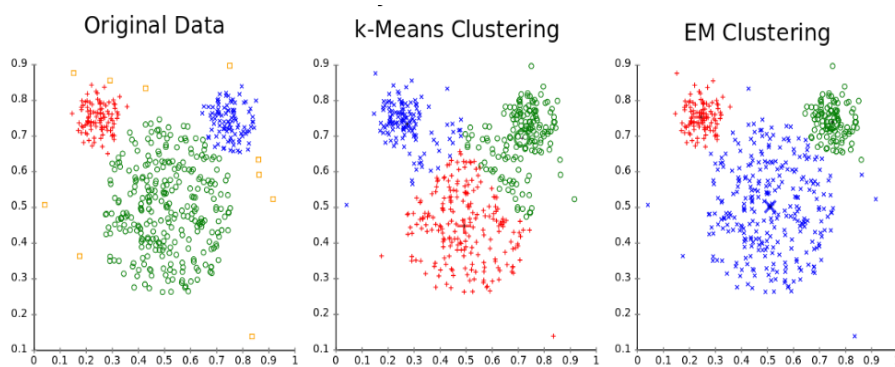


Figura 16. Diferentes análisis cluster

2.11.MÉTODO DE INTERPOLACIÓN DE DISTANCIA INVERSA (IDW)

La interpolación se usa ampliamente en muchas áreas de la geociencia. Ofrece la posibilidad de representar un fenómeno espacial continuo y describirlo utilizando datos de muestreo recopilados del espacio de datos del fenómeno. En ese sentido, el método ponderado de distancia inversa (IDW) es

ampliamente reconocido como el método básico en la mayoría de los sistemas que crean y administran DEM. La principal característica de este método es que todos los puntos de la superficie terrestre se consideran interdependientes, en función de la distancia. Por lo tanto, el cálculo de altitudes en un área depende de las altitudes de los puntos de datos cercanos. La altitud de un punto interpolado está relacionada con las altitudes de los puntos de referencia circundantes. Esta relación es una función inversamente proporcional a la distancia a cada punto de referencia, elevada a una potencia que suele ser cuadrada o cúbica (Achilleos 2011). Es importante mencionar que IDW proporciona resultados satisfactorios cuando el número de puntos de elevación en un área es grande y los puntos están distribuidos uniformemente (ESRI 1992).

2.12. MODELO DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza (CENEPRED 2014) . Es un reflejo de la interacción entre un sistema y su respuesta. Su capacidad predictiva depende de los factores de construcción y su aplicabilidad, además de la calidad de los datos muestreados. Para la presente investigación el modelo de vulnerabilidad estará enfocado en la interacción de los índices de sequías aplicados y la cuenca del río Chicama.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Área de estudio

La cuenca del río Chicama se localiza en la zona noroeste del territorio peruano, perteneciendo a la vertiente hidrográfica del Pacífico, colinda por el Norte, con la cuenca del río Jequetepeque; por el Sur, con la cuenca del río Moche; por el Sudeste, con la cuenca del río Santa; por el Oeste, con el Océano Pacífico y, por el Este, con la cuenca del río Crisnejas (Ver Figura 17).

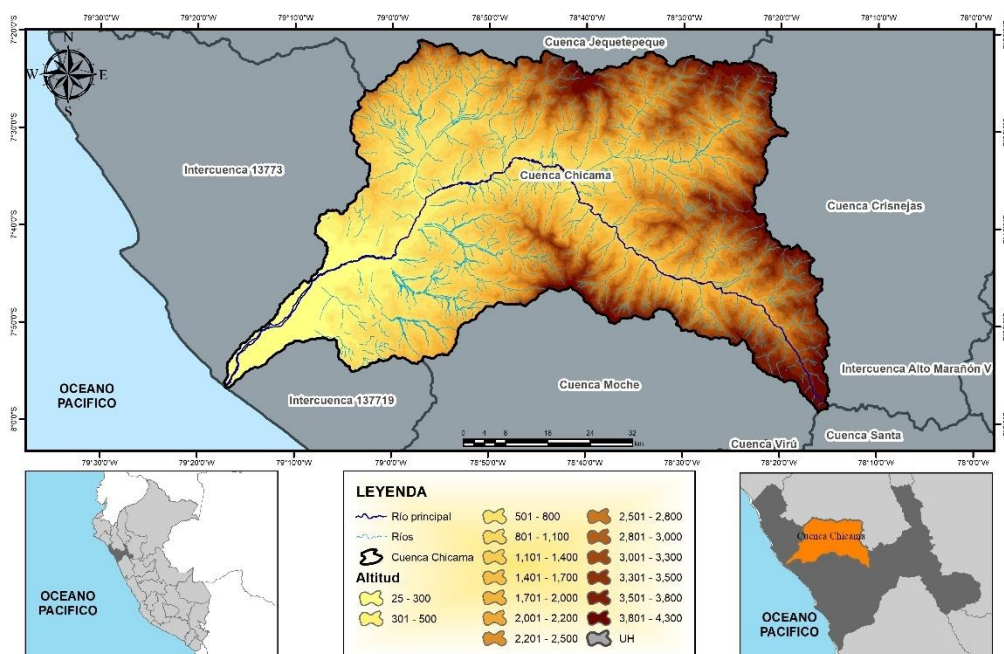


Figura 17. Ubicación geográfica de la cuenca Chicama

Hidrográficamente, la cuenca del río Chicama tiene un área alrededor de 4500 Km², una altitud media de 1800 msnm. La longitud del río principal (Chicama) es de 180 km y una pendiente media que va en el orden del 1 por ciento.

Altitudinalmente, el punto más alto representa al Cerro Tuanga (4280.00 msnm) y se extiende hasta el nivel del mar. El valle del río Chicama cuenta con aproximadamente con más de 40 000 hectáreas de área agrícola (MINAM 2016).

3.1.2. Climatología

Climatológicamente, la cuenca del río Chicama, presenta sus mayores precipitaciones durante los meses de enero hasta marzo, y las menores entre los meses de julio a agosto: alcanza sus temperaturas máximas entre julio y septiembre mientras que las temperaturas mínimas se registran entre enero y marzo.

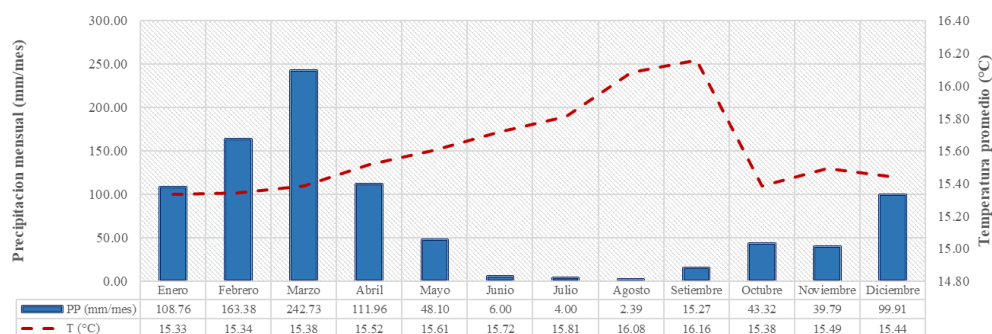


Figura 18. Climatología de la cuenca Chicama

De acuerdo a la distribución general de las lluvias, la cuenca Chicama se divide en dos sectores. La “Cuenca Seca” que va desde el litoral marino hasta la cota de los 1200 msnm (2700 km²) con precipitaciones menores de 200 mm anuales, no aportando significativamente al caudal del río. El otro sector denominado “Cuenca húmeda”, está ubicado entre el límite superior de la cuenca y la divisoria de aguas de la cuenca (2000 Km²). El promedio anual oscila entre 200 mm y los 1400 mm, constituyéndose de esta manera en el área de aporte de la escorrentía superficial y subterránea de la cuenca (SEDALIB 2018).



Figura 19. Estación Salinar. Cuenca Chicama. Agosto de 2021

3.2. MATERIALES

Para el presente trabajo se hizo uso de los registros de precipitación mensual de 21 estaciones observadas (Tabla 3), las cuales contaban con diferentes periodos de registro, para la caracterización de sequías meteorológicas. Adicionalmente, para estimar el índice de flujo base se hizo uso de 04 estaciones hidrológicas ubicadas en el cauce del río Chicama (Tabla 4).

Tabla 3. Estaciones terrestres con registros de precipitación usadas

<i>Item</i>	<i>Estación</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Elevación</i>
1	Asunción	-7.33	-78.52	2160
2	Cachachi	-7.45	-78.27	3140
3	Callancas	-7.77	-78.48	1425
4	Capachique	-7.86	-78.31	2750
5	Casagrande	-7.75	-79.19	150
6	Cascabamba	-7.38	-78.73	3150
7	Cascas	-7.48	-78.82	1222
8	Contumaza	-7.37	-78.82	2440
9	Cospan	-7.43	-78.54	2300
10	Guzmango	-7.38	-78.9	2485
11	Marmot	-7.76	-78.67	2925
12	Pte_Coina	-7.8	-78.38	1835
13	Pte_Palmira	-7.55	-78.81	648
14	Quiruvilca	-8	-78.31	3950
15	San_Benito	-7.43	-78.93	1330
16	San_Juan	-7.3	-78.49	2298
17	Sinsicap	-7.85	-78.76	2140
18	Usquil	-7.82	-78.41	3140
19	Cachicadan	-8.09	-78.15	2760
20	Cartavio	-7.88	-79.22	120
21	Trujillo	-8.11	-78.99	44

Tabla 4. Estaciones de campo con registros de caudales usadas

<i>Ítem</i>	<i>Estación</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Elevación</i>
1	Puente Coina	-7.8	-78.38	1835
2	Salinar	-7.66	-78.96	450
3	Puente El Tambo	-7.57	-78.71	700
4	Puente Palmira	-7.55	-78.81	648

3.2.1. PISCO

PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), representa la primera base de datos espacial de precipitación a paso de tiempo mensual, a una resolución de grilla de 0.05° para una serie que se inicia en enero de 1981 hasta el 2016 (versión estable) y hasta el 2021 (versión inestable) (Aybar *et al.* 2017).

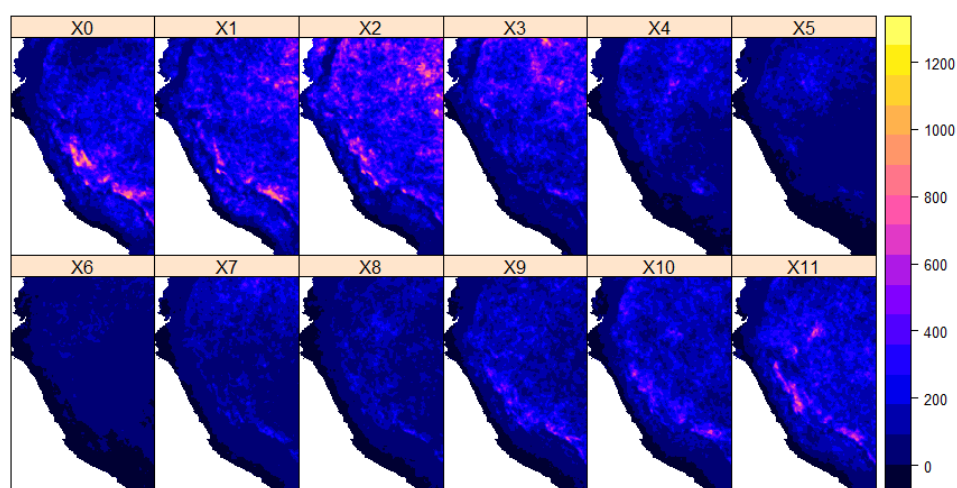


Figura 20. PISCO Distribución de precipitaciones durante el año 1981

3.2.2. IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales son la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen la información reflejada por la superficie de la Tierra que luego es enviada de regreso a ésta y procesada convenientemente.

LANDSAT

El Programa Landsat es una serie de misiones satelitales de observación de la Tierra administradas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de EE. UU. El 23 de julio de 1972, en cooperación con la NASA, se lanzó el Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (ERTS-1). Más tarde pasó a llamarse Landsat 1. Le siguieron satélites Landsat adicionales en las décadas de 1970 y 1980. Landsat 7 se lanzó en 1999 seguido de Landsat 8, lanzado el 11 de febrero de 2013. Tanto

Landsat 7 como Landsat 8 están actualmente en órbita y recopilando datos. Landsat 9 está en desarrollo y tiene una fecha de preparación para el lanzamiento a mediados de 2021.

La misión Landsat ofrece diferentes imágenes satélite acotadas a momentos temporales y bajo resoluciones de pixel diferente. Desde la misión Landsat 1, hasta la actual Landsat 8, existe un repertorio histórico de lo más variado. Los satélites Landsat tienen la resolución terrestre y las bandas espectrales óptimas para rastrear de manera eficiente el uso de la tierra y documentar el cambio de la tierra debido al cambio climático, la urbanización, la sequía, los incendios forestales, los cambios en la biomasa (evaluaciones de carbono) y una serie de otros cambios naturales y causados por el hombre (USGS 2021).

Tabla 5. Longitudes de onda de banda y usos sugeridos para cada banda

Banda	Longitud de onda	Utilidad para la cartografía
Banda 1 - Blue	0.45 - 0.52	Mapeo batimétrico, distinguiendo el suelo de la vegetación y la vegetación caducifolia de la conífera
Banda 2 - Green	0.52 - 0.60	Enfatiza la vegetación máxima, lo cual es útil para evaluar el vigor de la planta
Banda 3 - Red	0.63 - 0.69	Discrimina pendientes de vegetación
Banda 4 - Near Infrared	0.77 - 0.90	Enfatiza el contenido de biomasa y las costas
Banda 5 - Short wave infrared	1.55 - 1.75	Discrimina el contenido de humedad del suelo y la vegetación; penetra nubes delgadas
Banda 6 - Thermal infrared	10.40 - 12.50	Cartografía termal y estimación de humedad del suelo
Banda 7 - Short wave infrared	2.09 - 2.35	Rocas alteradas hidrotermalmente asociadas a depósitos minerales
Banda 8 - Panchromatic	0.52 - 90	Resolución de 15 metros, definición de imagen más nítida

La misión Landsat ofrece diferentes imágenes satélite acotadas a momentos temporales y bajo resoluciones de pixel diferente. Desde la misión Landsat 1, hasta la actual Landsat 8, existe un repertorio histórico de lo más variado. En función de la franja temporal de análisis, dispones de las siguientes misiones Landsat:

Tabla 6. Resolución temporal de las misiones Landsat

Misión	Desde	Hasta
Landsat 1	Julio-1972	Enero-1978
Landsat 2	Enero-1975	Febrero-1982
Landsat 3	Marzo-1978	Marzo-1983
Landsat 4	Julio-1982	Diciembre-1993
Landsat 5	Enero-1984	Enero-2013
Landsat 7	Enero-1999	Actualidad
Landsat 8	Abril-2013	Actualidad

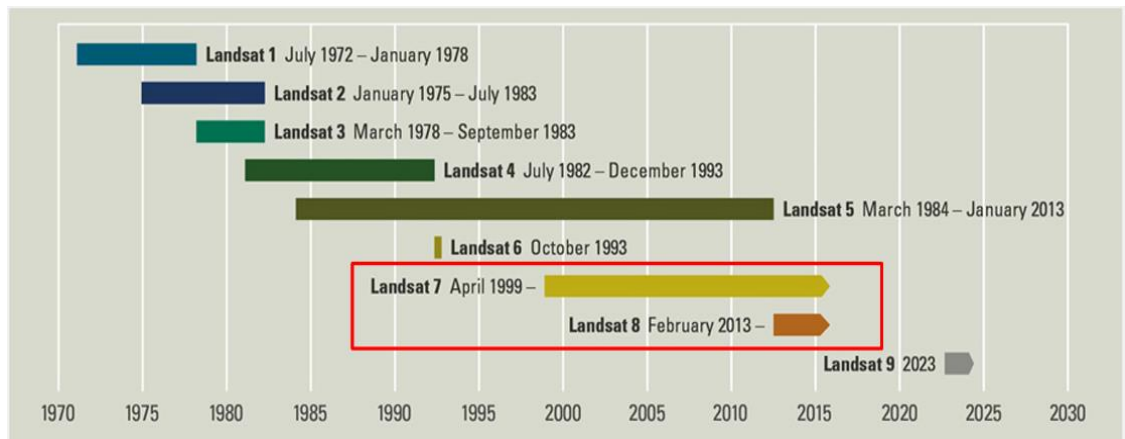


Figura 21. Satélites y sensores Landsat

Fuente: landsat.gsfc.nasa.gov

MODIS

Acrónimo de espectro radiómetro de imágenes de resolución moderada. Paquete de equipamiento de teledetección que se aloja en dos satélites de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio), Terra y Aqua, en órbita alrededor de la Tierra. Estos dos satélites equipados con MODIS registran constantemente varias imágenes del globo en distintas longitudes de onda y resoluciones, obteniendo imágenes de toda la superficie de la Tierra en menos de dos días. La aplicación de los datos MODIS varían desde la detección y monitoreo de incendios, estado actual y cambios en la cobertura terrestre, albedo, monitoreo del clima, hasta prevención de desastres. Todos los productos y datos son distribuidos gratuitamente a través de internet, así como los programas para su procesamiento (Mas 2011).

3.2.3. Lenguajes de programación

Los programas y base de datos a usar en la investigación serán:

- *QGIS/ArcGIS*
- *Pisco – precipitación*
- *Ofimática: Microsoft Word, Excel, Power Point.*
- *R*
- *Java*

3.2.4. Google Earth Engine (GEE)

Google Earth Engine es una plataforma basada en la nube para el análisis geoespacial a escala planetaria que aprovecha las capacidades informáticas masivas de Google para abordar una variedad de problemas sociales de alto impacto, como la deforestación, la sequía, los desastres, las enfermedades, la seguridad alimentaria, la gestión del agua, el control del clima y la protección del medio ambiente (Gorelick *et al.*, 2017). Del mismo modo, el catálogo de datos públicos de Earth Engine es una colección curada de varios petabytes de conjuntos de datos geoespaciales ampliamente utilizados. La mayor parte del catálogo se compone de imágenes de teledetección de observación de la Tierra, incluido el archivo completo de Landsat, así como archivos completos de datos de Sentinel-1 y Sentinel-2, pero también incluye pronósticos climáticos, datos de cobertura terrestre y muchos otros. El catálogo se actualiza continuamente a un ritmo de casi 6000 escenas por día de misiones activas, con una latencia típica de unas 24 h desde el momento de adquisición de la escena (Gorelick *et al.* 2017).

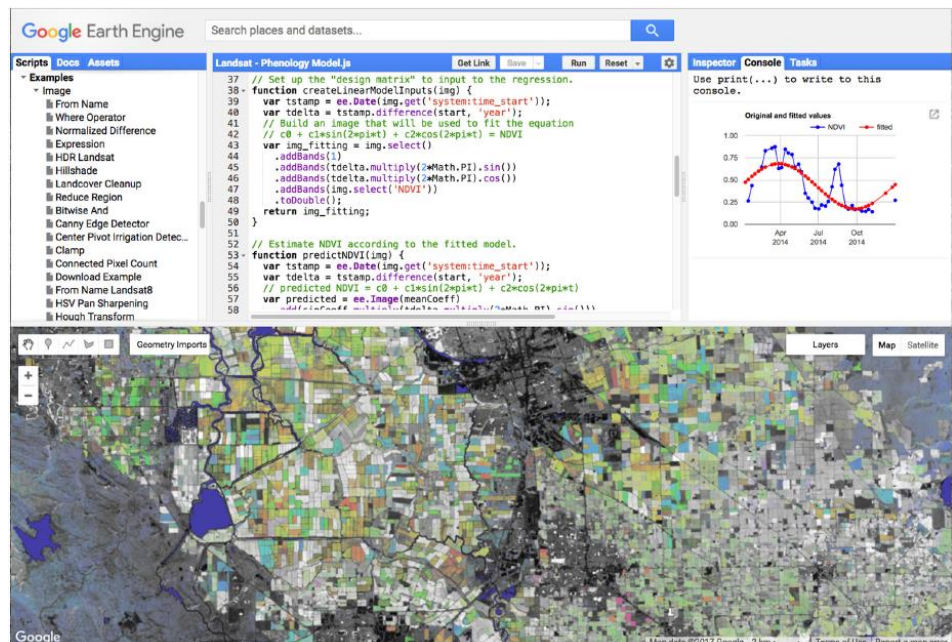
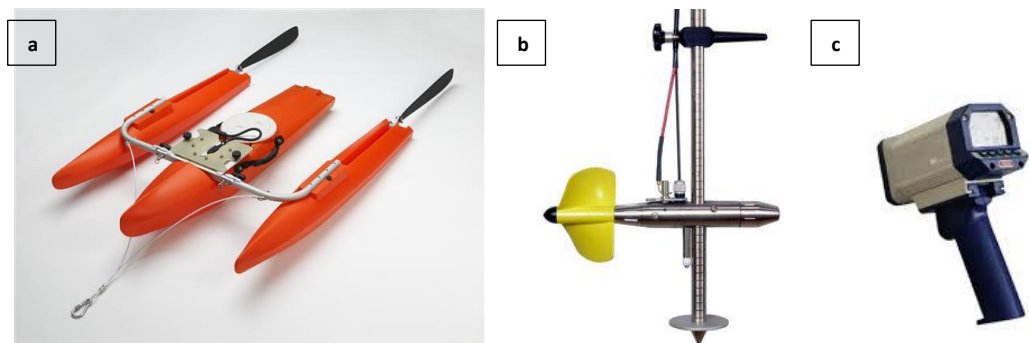


Figura 22. El entorno de Google Earth Engine
Fuente: Gorelick *et al.* (2017).

3.2.5. Equipos usados

Equipos de campo. - Los equipos de campo usados en la investigación fueron:

- *Pistola radar SVR II*
- *Correntómetro OTT*
- *Carro Huaro*
- *Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP)*
- *Nivel de ingeniero*
- *GPS (Sistema de Posicionamiento Global)*
- *Wincha topográfica con precisión al milímetro (30 metros)*
- *EPP (Botas, sombrero, lentes, guantes)*
- *Cámara fotográfica*



**Figura 23. Equipos de campo a utilizar en la investigación. a) ADCP
b) Correntómetro c) Pistola Radar**

Equipos de gabinete. - Los equipos usados en la investigación serán:

- *Laptop LENOVO LEGION Core i7*
- *Impresora EPSON L4160 Ecotank*

Materiales. - Los materiales a utilizar para la realización de la investigación serán papel bond A4, memoria USB, disco duro, lapiceros, marcadores, plumón de pizarra, pizarra acrílica, archivadores.

3.3. METODOLOGÍA

La presente investigación sigue una secuencia de seis fases, las que se muestran en el diagrama de flujo presentado en la Figura 23, detalladas a continuación.

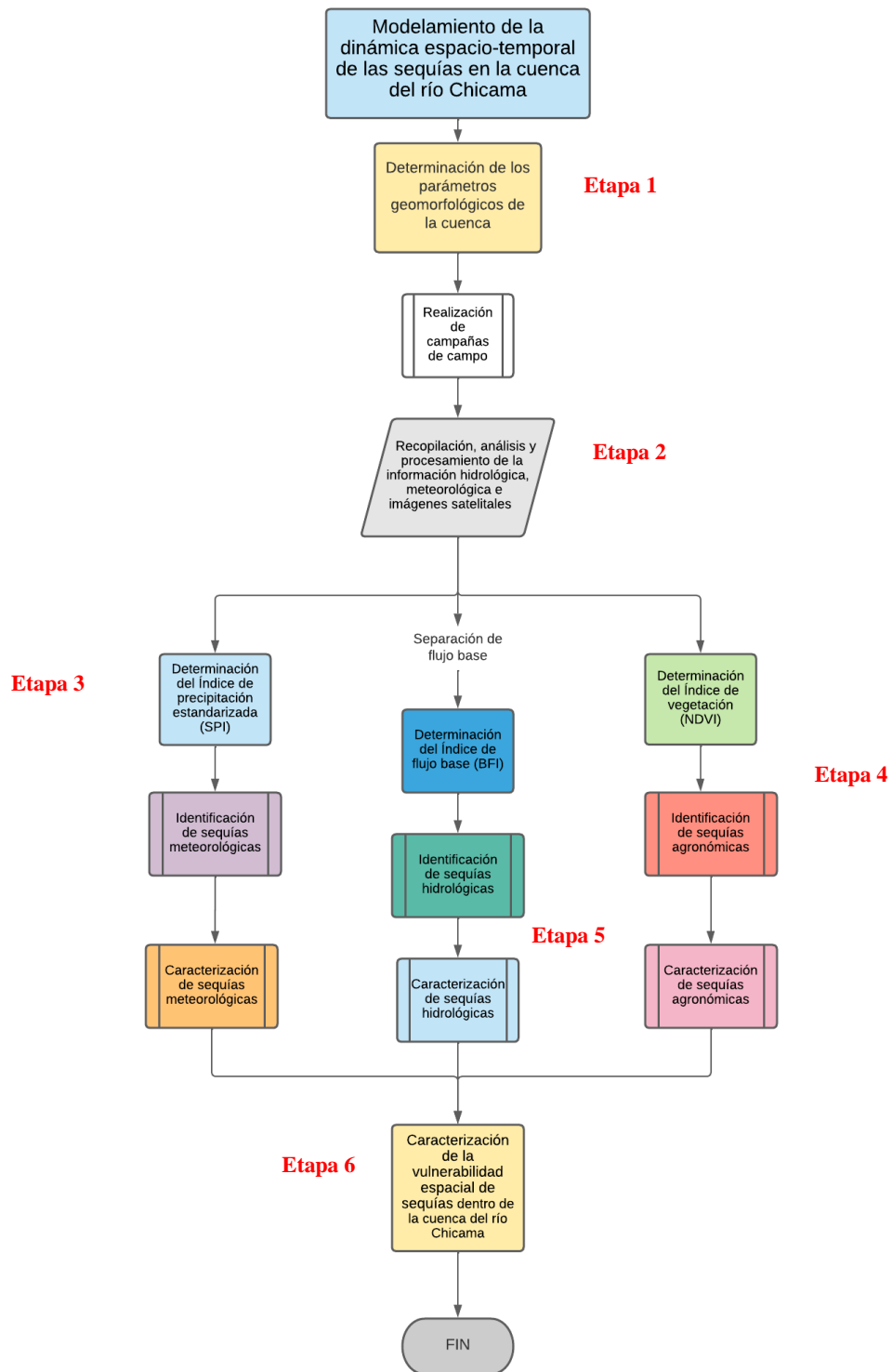


Figura 24. Diagrama de flujo

Primera etapa; en esta etapa se realizará la determinación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca, así como de la identificación de sus características morfológicas de la misma, las cuales están relacionadas con la persistencia de los eventos de sequías (suelos, pendiente, red hidrográfica, etc.)

Segunda etapa; en esta etapa se realiza la inspección visual de los datos mediante el gráfico de las series, con la finalidad de detectar datos atípicos, tendencias y datos faltantes.

En relación a la información meteorológica, como primer paso, se realizó la comparación entre el registro de precipitación de las estaciones observadas y la serie generada por el producto PISCO, ya que el proceso de downscaling requiere que las variables con las que vamos a trabajar tengan una alta correlación ($R^2 > 0.80$), en este caso los registros de las estaciones terrestres con la serie de precipitación generada a partir del del producto PISCO. Las series se evaluaron en base al coeficiente de correlación, RMSE y coeficiente de Nash. Para luego en base al producto PISCO, realizar la completación de datos en base a técnicas de regionalización y downscaling (aproximación estadística), así mismo, se hizo uso del quantile mapping para corregir las desviaciones o sesgos generados en la completación y la aproximación estadística para la completación de los registros.

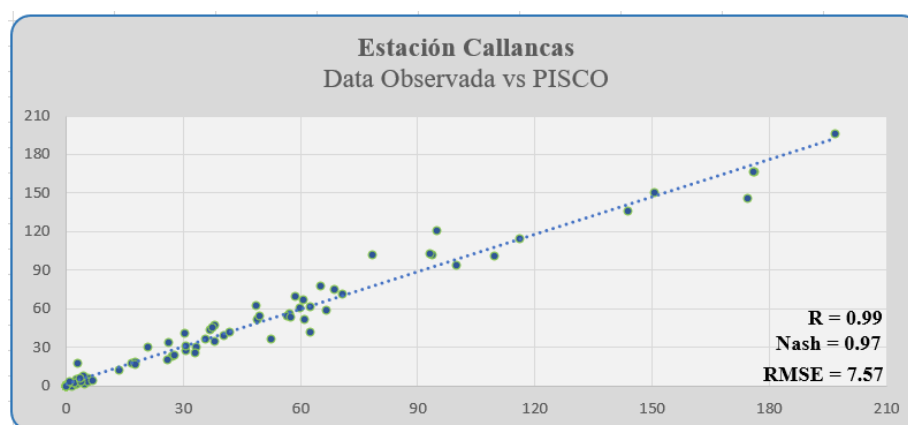


Figura 25. Correlación entre la data observada vs serie generada por PISCO, en la estación Callancas

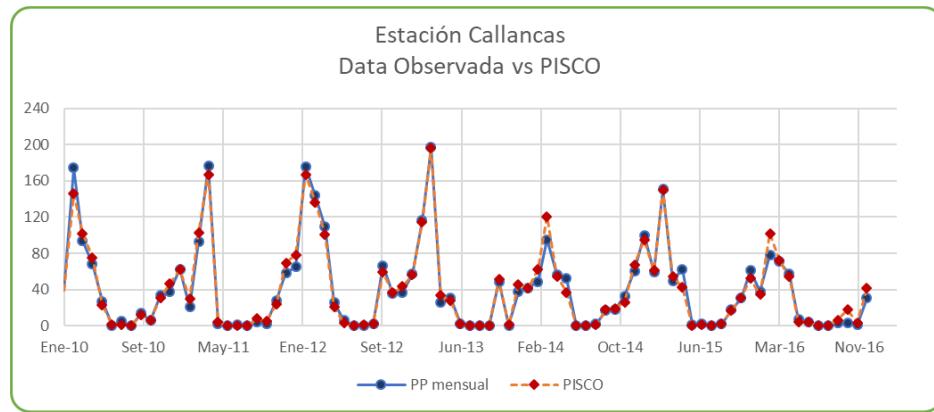


Figura 26. Serie de precipitación evaluada data observada vs PISCO. Estación Callancas

Del mismo modo, para mejorar la resolución espacial de nuestro análisis se optó por “crear” 16 estaciones ficticias (Tabla 7), las cuales fueron distribuidas a lo largo de la cuenca del río Chicama, en zonas donde no se tenía información de algún registro y mejorar la representatividad del análisis a realizar. En cada una de ellas se pudo generar su serie de precipitación mensual en base al producto PISCO (Aybar *et al.* 2017).

Tabla 7. Estaciones ficticias creadas

<u>Item</u>	<u>Estación</u>	<u>Latitud</u>	<u>Longitud</u>
1	Ficticia01	-7.93	-79.23
2	Ficticia02	-7.84	-79.13
3	Ficticia03	-7.87	-78.96
4	Ficticia04	-7.74	-78.83
5	Ficticia05	-7.71	-79.1
6	Ficticia06	-7.56	-79.02
7	Ficticia07	-7.57	-78.91
8	Ficticia08	-7.65	-78.91
9	Ficticia09	-7.85	-79.26
10	Ficticia10	-7.74	-78.98
11	Ficticia11	-7.49	-78.92
12	Ficticia12	-7.63	-78.74
13	Ficticia13	-7.57	-78.5
14	Ficticia14	-7.46	-79.08
15	Ficticia15	-7.89	-78.49
16	Ficticia16	-7.63	-78.3

En la Figura 27, se puede observar a detalle tanto las estaciones observadas y las estaciones ficticias usadas para el presente trabajo.

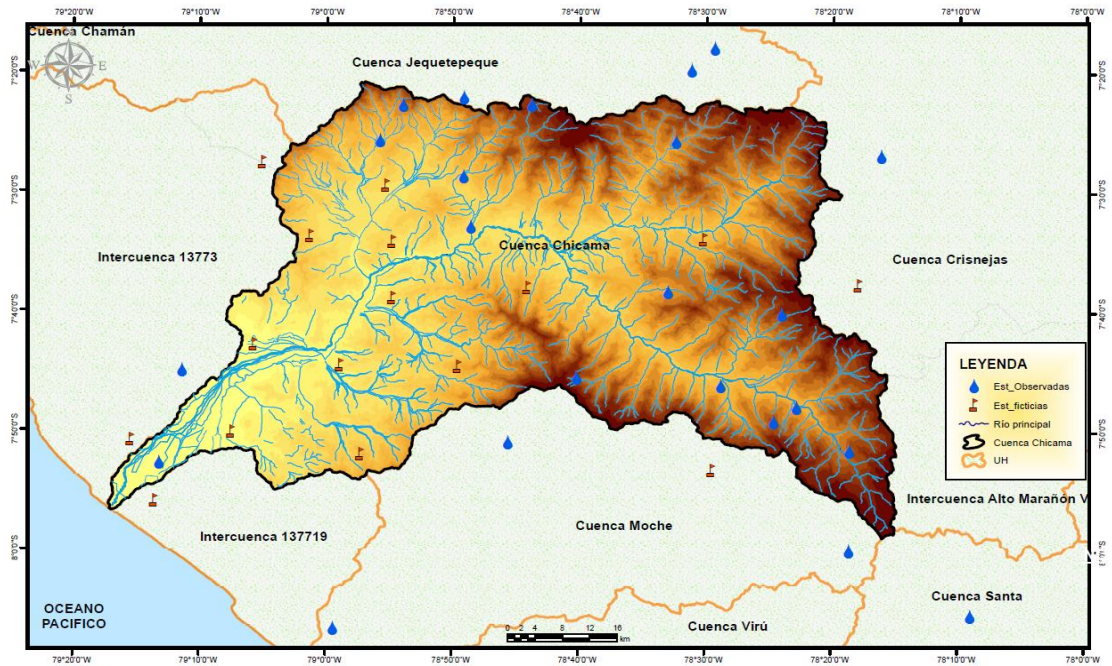


Figura 27. Estaciones observadas y ficticias usadas para la investigación

Ante la ausencia de uniformidad en los registros de las precipitaciones registradas, se tuvo que completar dichos registros, de tal manera que se buscó las regiones homogéneas de precipitaciones entre las estaciones, en base al agrupamiento de Ward y K – means (Heredia 2012) y su posterior dendrograma (Figura 28), para lo cual se considera como criterio de agrupamiento la latitud y longitud de cada estación meteorológica, así como también su altura sobre el nivel del mar y el promedio mensual de precipitación.

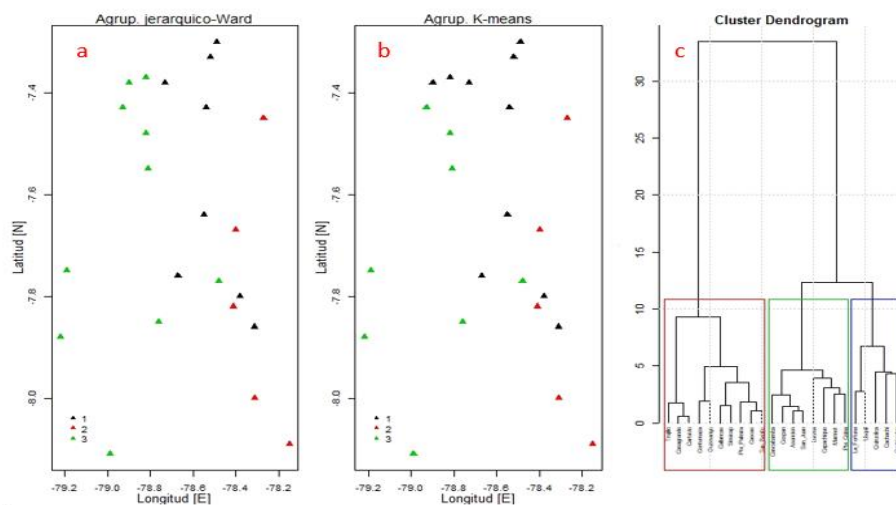
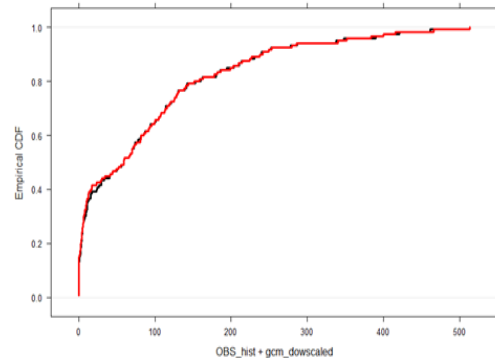
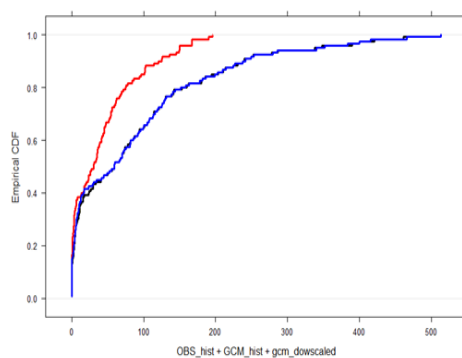
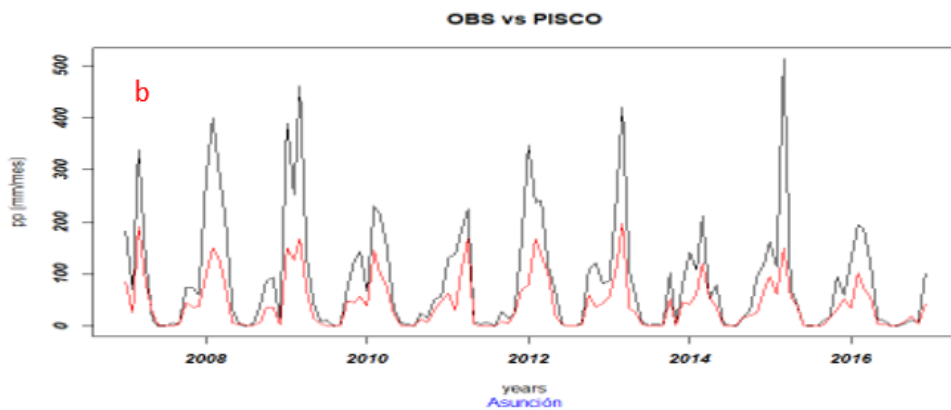
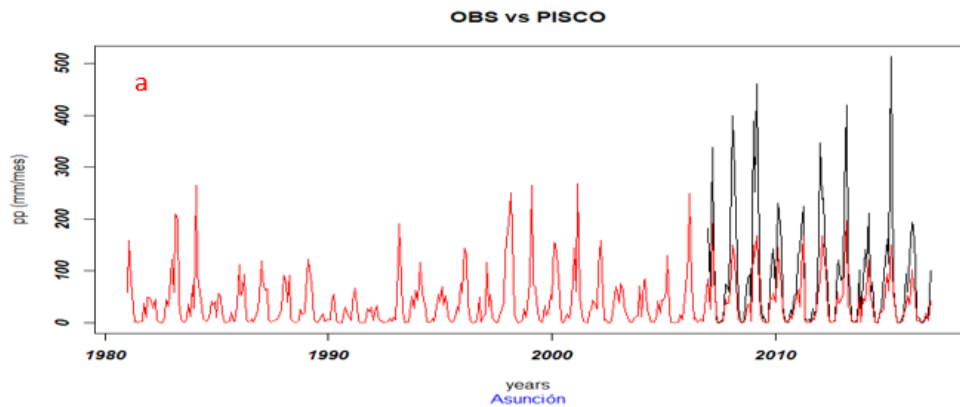


Figura 28. a) Análisis jerárquico Ward b) Agrupamiento por K-means c) Dendrograma

Para luego realizar el procesamiento de completación de datos meteorológicos, a continuación, se verá reflejado gráficamente el procedimiento de completación de datos seguido en cada una de las estaciones meteorológicas tomando como base al producto PISCO (resolución temporal 1981 -2016). Como ejemplo, se puede observar la estación Asunción, cuyo periodo de registro es de 2007 hasta el 2016.



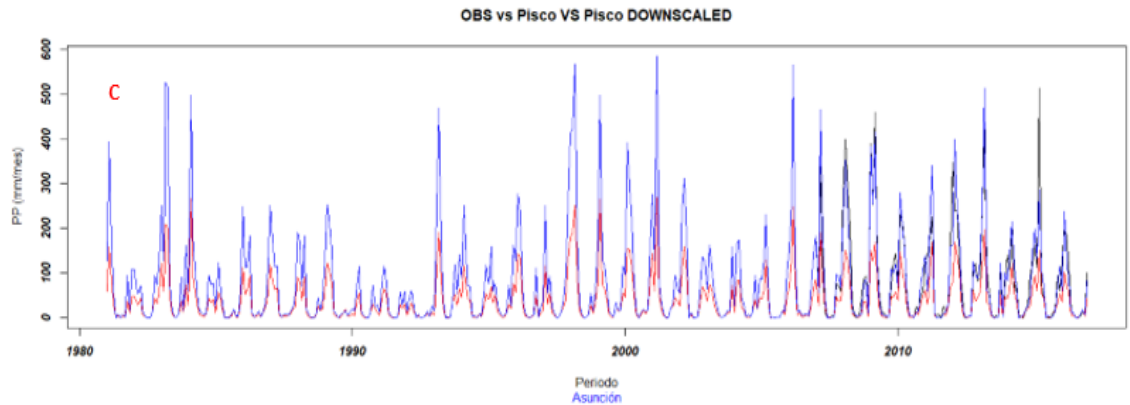


Figura 29. a) Registro de la estación Asunción (línea negra) (2007 – 2016) y la serie generada por el producto PISCO (línea roja) (1981 -2016) b) Comparación entre la serie de la estación Asunción vs la serie de PISCO para el mismo periodo, obteniendo una correlación entre sí c) Serie de PISCO ajustada en base al registro observado de la estación Asunción

Este procedimiento se ha repetido en cada de las 23 estaciones de tal manera que se pudo contar con el registro desde 1981 – 2021, para analizar y caracterizar las sequías meteorológicas, tanto temporalmente como espacialmente.

En relación a la información satelital, el libre acceso y el desarrollo temporal de las imágenes Landsat 8 y MODIS, brindan el soporte necesario para nuestro análisis (2000 - 2020).

En relación a la información hidrológica, esta fue recopilada gracias a la colaboración del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú (SENAMHI) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA), logrando tener registros de caudales diarios de hasta 20 años seguidos en 02 estaciones, mientras que en las restantes solamente se cuentan con 04 y 03 años.

Tercera etapa; en esta etapa se realiza la caracterización de sequías meteorológicas se hizo uso de la clasificación de (McKee *et al.* 1993), detallado en la Tabla 01, haciendo uso de las precipitaciones mensuales de cada una de las estaciones evaluadas en la presente tesis.

Cuarta etapa; en esta etapa se realiza la caracterización de sequías agronómicas, para lo cual se hará uso de las imágenes de la misión del LANDSAT 5 y LANDSAT 8, (Land=tierra y Sat=satélite) está formada por 7 satélites que provenían, tanto conceptual como estructuralmente, de los satélites para fines meteorológicos. La filosofía de su uso fue el de captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales (Chuvieco 2002). Asimismo, para completar la data existente se hizo uso de las imágenes del MODIS.

De tal manera que, se puede contar con un registro de 20 años de imágenes satelitales, las cuales fueron analizadas mediante los índices de vegetación, detallados anteriormente, mediante el uso del “cloud computing” (Sheth *et al.* 2021), usando el entorno del Google Earth Engine y libros de cálculo para evaluar el comportamiento de los índices en cada uno de los productos satelitales

Quinta etapa; en esta etapa realiza el análisis de las series hidrológicas de caudales diarios de las estaciones hidrológicas ubicadas en la cuenca del río Chicama, para luego aplicar los 05 algoritmos de separación de flujo base, (mínimos locales, intervalos ajustados, filtro de Chapman, filtro de Lyne & Hollick, filtro de Eckhardt). Se toma como escala temporal los caudales diarios, sin embargo, se pueden tomar los caudales semanales o mensuales, no obstante a mayor escala temporal se va “perdiendo” la información, porque el flujo no será constante a lo largo del periodo en el cual se hace el promedio y el aumento en la unidad de tiempo producirá un aumento en los caudales bajos y una disminución en los caudales altos (Mejia *et al.* 2000). Una vez teniendo los valores respectivos, se procede a estimar el Índice de flujo base (BFI), en cada una de las estaciones distribuidas en la cuenca.

Sexta etapa; en esta etapa se realiza la comparación, interpretación y caracterización de la vulnerabilidad espacial de las sequías en base a la dinámica existente entre las sequías meteorológicas, agronómicas e hidrológicas, ubicando las zonas donde el evento se presenta con mayor intensidad dentro de la cuenca del río Chicama, en base al método de interpolación de Ponderación de distancia inversa (IDW).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se plasmaron los resultados y discusiones a los que se llegó mediante el desarrollo de nuestra investigación.

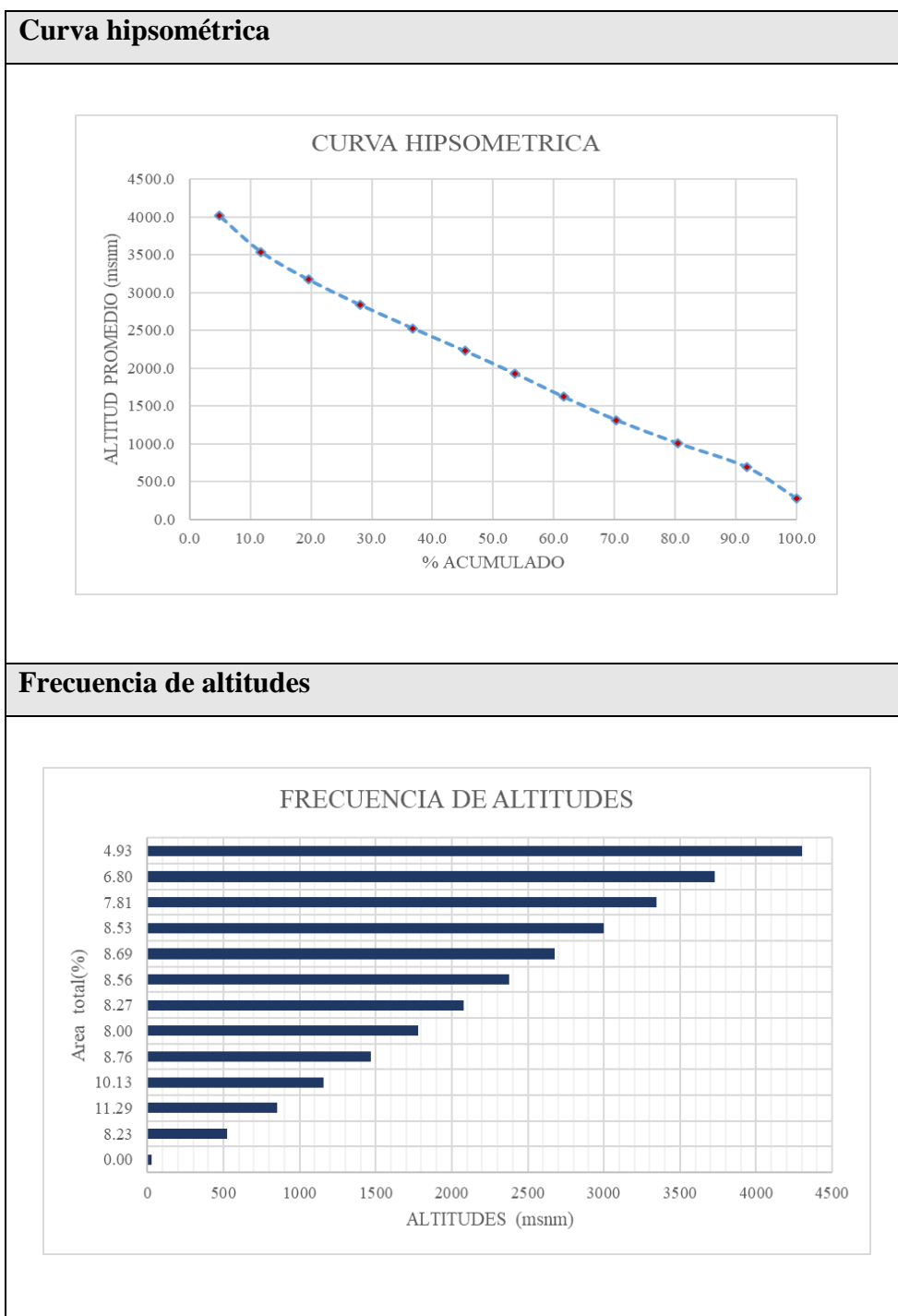
4.1.DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA

Los parámetros morfológicos pretenden cuantificar determinados rasgos de la superficie de la cuenca a través de índices y terminologías para analizar las características físicas de la cuenca, ya que estas particularidades juegan un papel condicionante en el régimen hidrológico permitiendo la definición de estrategias para su manejo y gestión (Cardona 2012). En ese sentido, en las Tabla 8 y 9 muestran los principales parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Chicama, así como sus principales curvas representativas.

Tabla 8. Parámetros geomorfológicos de la cuenca Chicama

Parámetro	Medida
Área	4377.0 km ²
Perímetro	376.0 km
Long. Curso principal	67.8 km
Ancho medio	64.5 km
Factor de forma (Kf)	0.95
Un valor de Kf menor a la unidad proporciona el grado de achatamiento y la baja tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia (Cardona 2012).	
Índice de compacidad (Kc)	1.61
Indica que pertenece a la Clase 03, es decir, de forma oval - oblonga a rectangular. Una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas superiores dadas su simetría (Cardona 2012)	
Elevación media	1945.0
Pendiente de la cuenca	6.41%
Indica que la pendiente de la cuenca es ligeramente inclinada (FAO 2009)	
Pendiente del cauce principal	2.63%

Tabla 9. Curvas característica de la cuenca Chicama



4.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA

Las interacciones entre las características morfológicas y climatológicas en una cuenca, juegan también un rol importante en la persistencia de eventos de sequías (Ravelo *et al.* 1999). Es por ello que a continuación se presentan las principales características morfológicas de la cuenca del río Chicama.

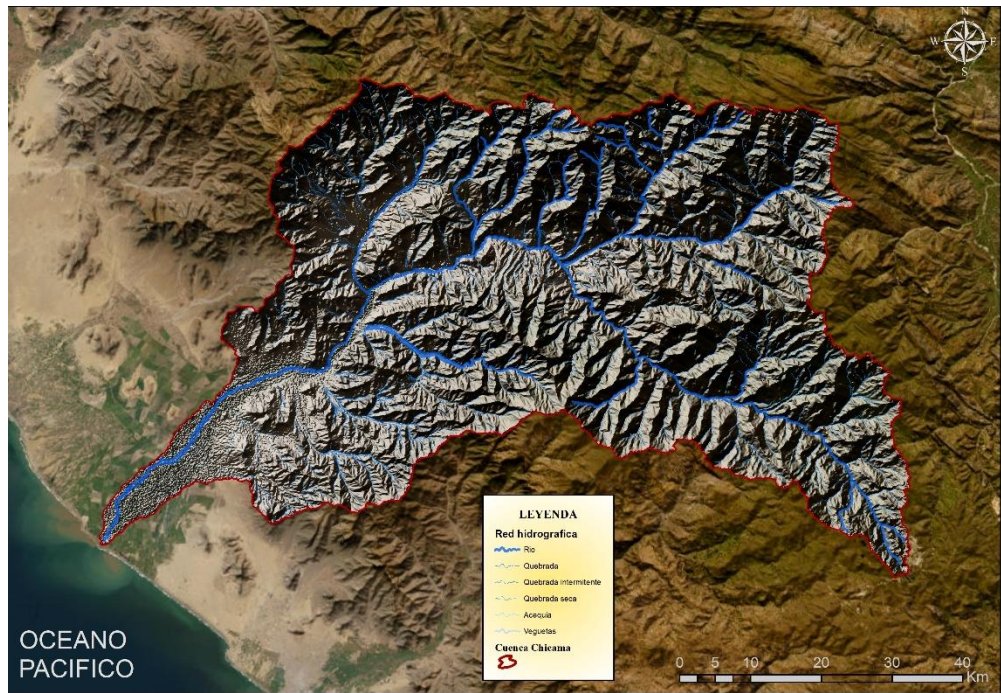


Figura 30. Red hídrica de la cuenca Chicama

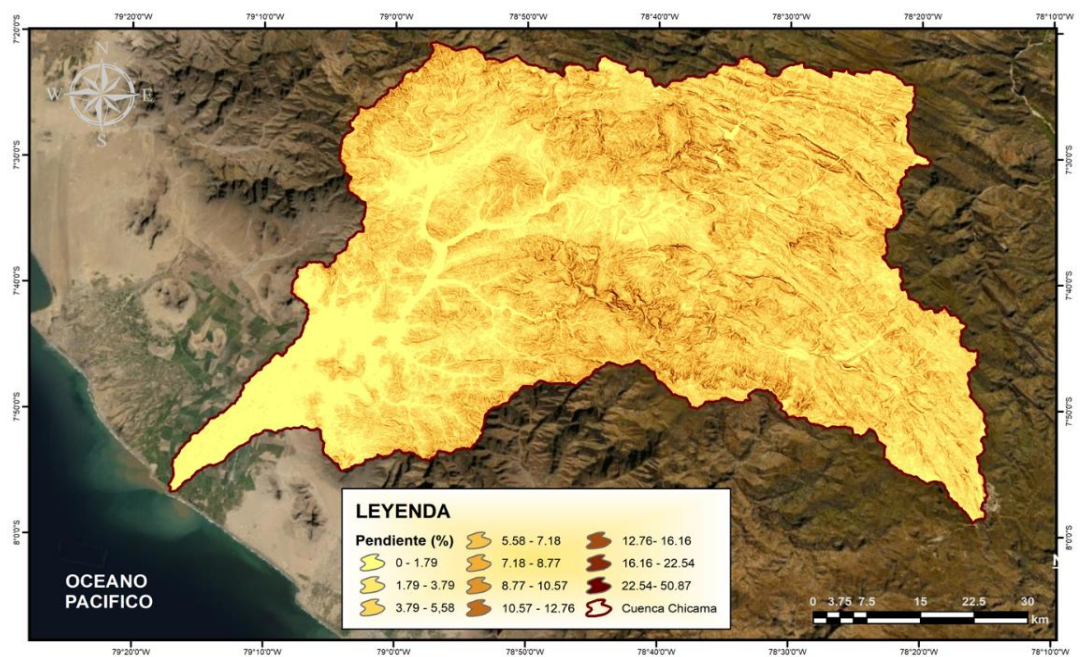


Figura 31. Mapa de pendientes de la cuenca del río Chicama

En la Figura 30, se puede observar la red hídrica de la cuenca mientras que en la Figura 31, se observa el mapa de pendientes, concluyendo que la mayor parte del territorio de la unidad hidrográfica es ligeramente inclinado, según la Guía para la descripción de perfiles de suelo (FAO 2009).

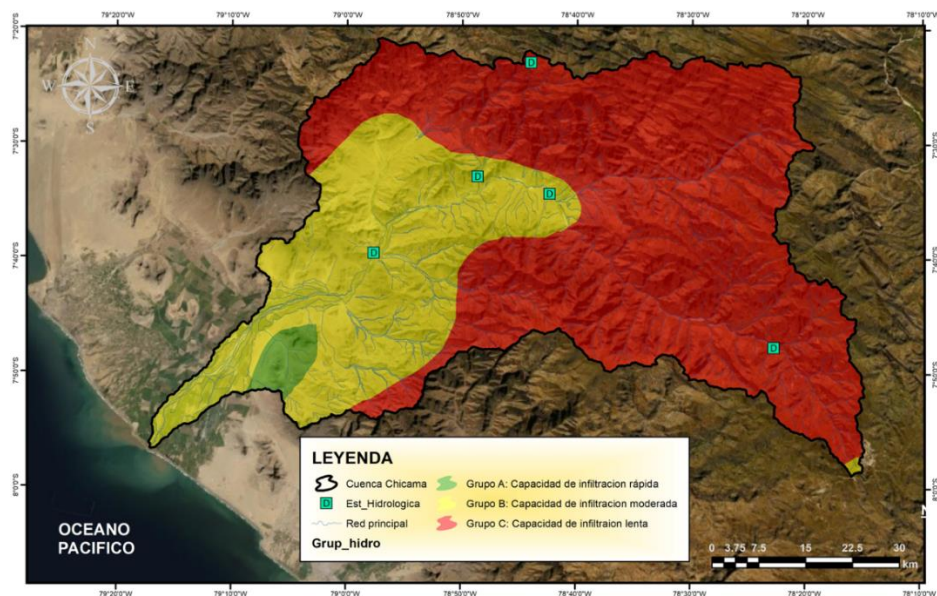


Figura 32. Grupo hidrológico de suelos de la cuenca del río Chicama

En la Figura 32, se puede observar las características de cada uno de los grupos hidrológicos de suelos ubicados en la cuenca del río Chicama, siendo principalmente de infiltración lenta a moderada, es decir, presenta valores que oscilan entre 57 y 25 mm/hr, el detalle de la clasificación puede ser observada en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10. Grupos hidrológicos del suelos

Grupo hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de infiltración > 76 mm/h	Arenosa / Arenosa - limosa / Franca
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76 - 38 mm/h	Franco - Arcillosa - Arenosa/ Franco - limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36 - 13 mm/h	Franco - Arcillosa / Franco - arcillo - limosa / Arcillo - arenosa
D	Muy lenta	Alta capacidad de infiltración < 13 mm/h	Arcillosa

Fuente:Bradbury (2000)

Teniendo en consideración el grupo de suelos, la red hídrica y las características hidrogeológicas de la cuenca del río Chicama (Figura 33), además de los valores presentados en el filtro de Eckhardt (Eckhardt 2005), para el BFI_{MAX} , se obtuvo un valor de 0.62 en toda la cuenca, tal y como se detalla en la Tabla 11, este valor se verá reflejado en la separación de caudal base por filtros digitales

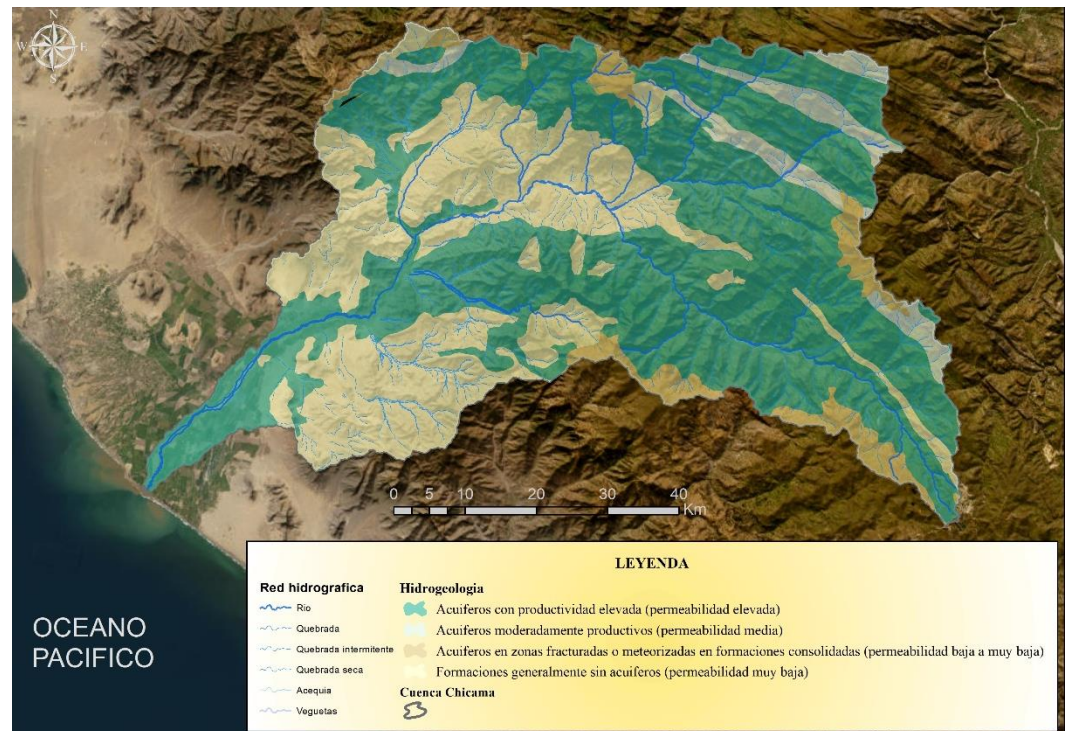


Figura 33. Hidrogeología de la cuenca Chicama

Tabla 11. Valores del BFI_{MAX} para la cuenca Chicama

Tipología del acuífero	RGB	Área (km ²)	BFI_{MAX}	Área * BFI_{MAX}	BFI_{MAX} (PONDERADO)
Acuíferos generalmente extensos, con productividad elevada (permeabilidad elevada)		2611.77	0.80	2089.42	0.62
Acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos pero solo moderadamente productivos (permeabilidad media).		229.60	0.55	126.28	
Acuíferos locales, en zonas fracturadas o meteorizadas en formaciones consolidadas, sin excluir acuíferos cautivos mas productivos(permeabilidad baja a muy baja)		231.88	0.40	92.75	
Formaciones generalmente sin acuíferos (permeabilidad muy baja)		1442.32	0.35	504.81	
Total		4515.57		2813.26	

4.3.DETERMINACIÓN DE LAS REGIONES HOMOGÉNEAS

Las características físicas y climáticas de la cuenca del río Chicama son variadas, encontramos 23 estaciones dentro de su ámbito y en un radio de 50 km, las cuales fueron agrupadas de acuerdo a la uniformidad climáticamente. Para lo cual, se aplicó primero el método clúster, basado en las variables de precipitación media anual, altura sobre el nivel del mar, longitud y latitud, obteniéndose una agrupación preliminar de las estaciones, el resultado de este análisis es el dendrograma que se muestra en la Figura 34, donde se muestra los tres conglomerados.

El primer conglomerado; de izquierda a derecha, se compone de 10 estaciones las cuales se ubican en la parte baja de la cuenca, tal como se muestra en la Figura 35; el segundo conglomerado, se compone de 08 estaciones, las cuales pueden ser ubicadas en la parte media de la cuenca (Figura 36); el tercer y último conglomerado corresponde a las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca, compuesta por 05 estaciones.

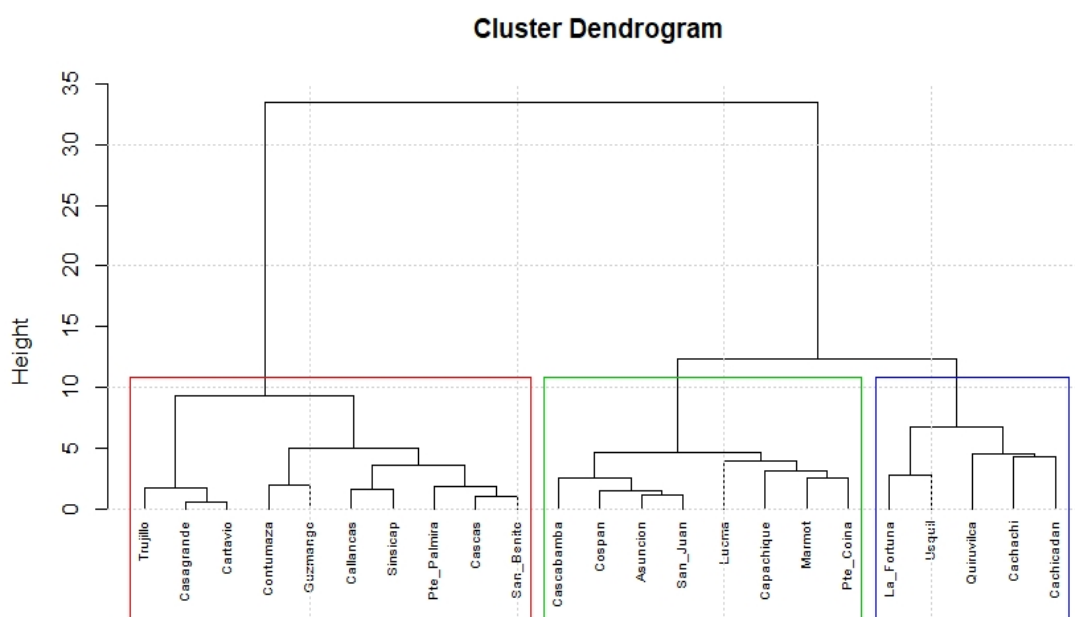


Figura 34. Dendrograma de las estaciones de la cuenca del río Chicama

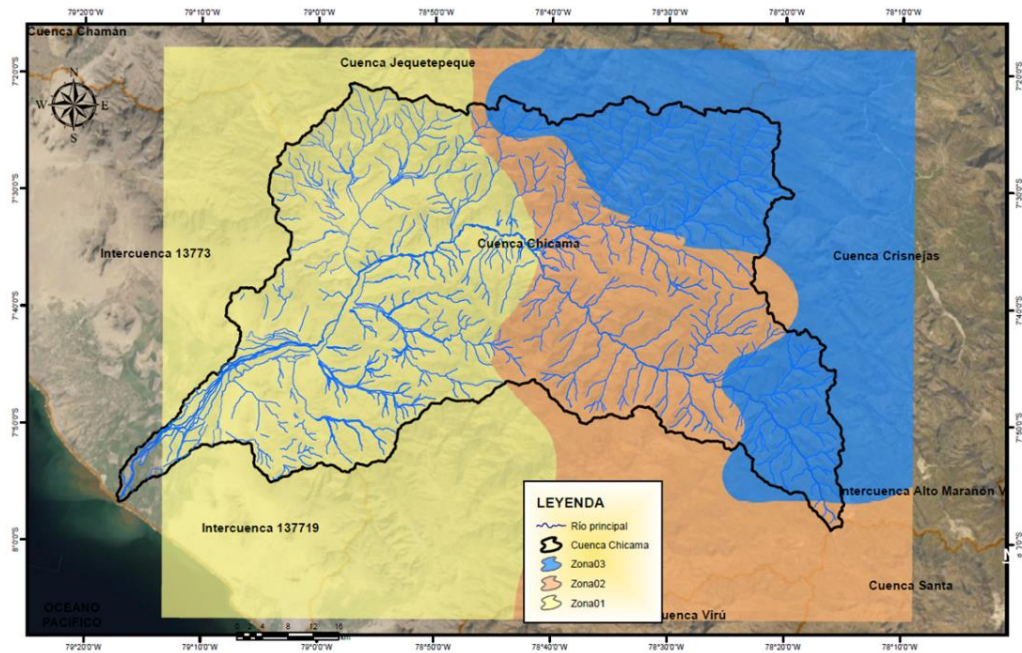


Figura 35. Regiones homogéneas en la cuenca del río Chicama

Para mejorar la resolución espacial y la representatividad del evento de sequía, se agregaron estaciones ficticias (16), cuyos registros de precipitación fueron generados a partir del producto PISCO, es así que, se completó un total de 39 estaciones meteorológicas, que siguiendo la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), cuyo reglamento técnico indica que para regiones montañosas en zonas tropicales, mediterráneas o templadas, como es el caso de ésta investigación, se debe tener 1 estación cada 100 a 200 km².

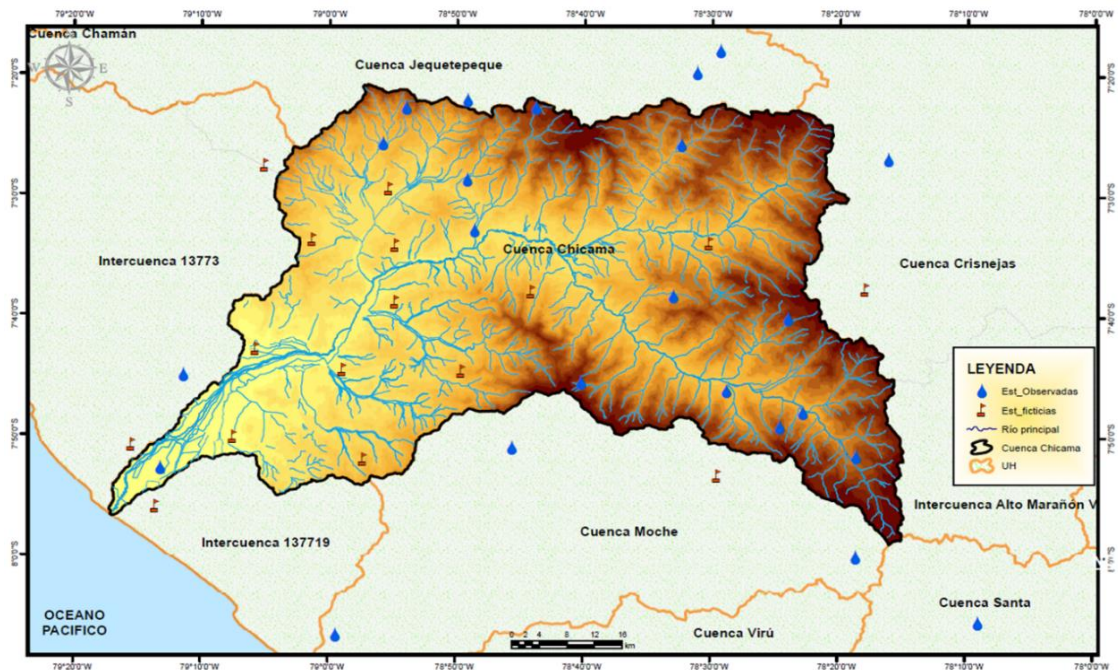


Figura 36. Total de estaciones usadas en el estudio. (💧) representa una estación física mientras que (🏠) representa una estación ficticia

4.4. CORRELACIÓN CON EL PRODUCTO PISCO

En cada una de las estaciones se usó el producto PISCO para su completación, es por ello que previamente se realizó la correlación entre la data registrada y el producto satelital, en base al factor de correlación, el error medio cuadrático (RSME) y el coeficiente de Nash, obteniendo los resultados detallados en la Tabla 12, ya que como se detalló, el proceso de downscaling requiere que las variables con las que vamos a trabajar tengan una alta correlación ($R^2 > 0.80$), en este caso los registros de las estaciones terrestres con la serie de precipitación generada a partir del producto PISCO.

Las series de precipitaciones de cada una de las estaciones fueron sujetas al proceso de downscaling, al quantile mapping y a la aproximación estadística para contar con el registro completo desde 1981 hasta el 2020, teniendo en cuenta la información de las estaciones terrestres existentes.

Tabla 12. Resultados de la comparación de los registros de precipitaciones las estaciones en campo vs PISCOm

<i>Estación</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Elevación</i>	<i>Factor de Correlación</i>	<i>RSME</i>	<i>Coefficiente de Nash</i>
Asunción	-7.33	-78.52	2160	0.94	68	0.64
Cachachi	-7.45	-78.27	3140	0.85	34.93	0.69
Callancas	-7.77	-78.48	1425	0.99	7.57	0.97
Capachique	-7.86	-78.31	2750	0.98	48.72	0.74
Casagrande	-7.75	-79.19	150	0.52	2.51	-0.12
Cascabamba	-7.38	-78.73	3150	0.85	59.51	0.6
Cascas	-7.48	-78.82	1222	0.9	49.56	-0.39
Contumazá	-7.37	-78.82	2440	0.99	10.5	0.98
Cospán	-7.43	-78.54	2300	0.94	37.85	0.86
Guzmango	-7.38	-78.9	2485	0.98	73.08	0.45
Marmot	-7.76	-78.67	2925	0.95	67.87	0.38
Pte_Coina	-7.8	-78.38	1835	0.95	28.67	0.84
Pte_Palmira	-7.55	-78.81	648	0.9	43.42	-0.79
Quiruvilca	-8	-78.31	3950	0.84	104.93	-0.69
San Benito	-7.43	-78.93	1330	0.98	12.18	0.95
San Juan	-7.3	-78.49	2298	0.92	62.21	0.5
Sinsicap	-7.85	-78.76	2140	0.99	6.67	0.99
Usquil	-7.82	-78.41	3140	0.86	38.05	0.64
Cachicadan	-8.09	-78.15	2760	0.96	52.46	0.59
Cartavio	-7.88	-79.22	120	0.65	5.16	-0.01
Trujillo	-8.11	-78.99	44	0.5	1.69	0.02

De la Tabla anterior, se observó que el producto PISCO mensual, brinda muy buenas correlaciones con los registros de las estaciones terrestres a partir de los 2000 metros sobre el nivel del mar, sin embargo, en zonas costeras, la correlación que muestra es de calidad regular. Esto también puede ser observado gráficamente mediante la Figura 37.

Estaciones: Correlación

23 observadas

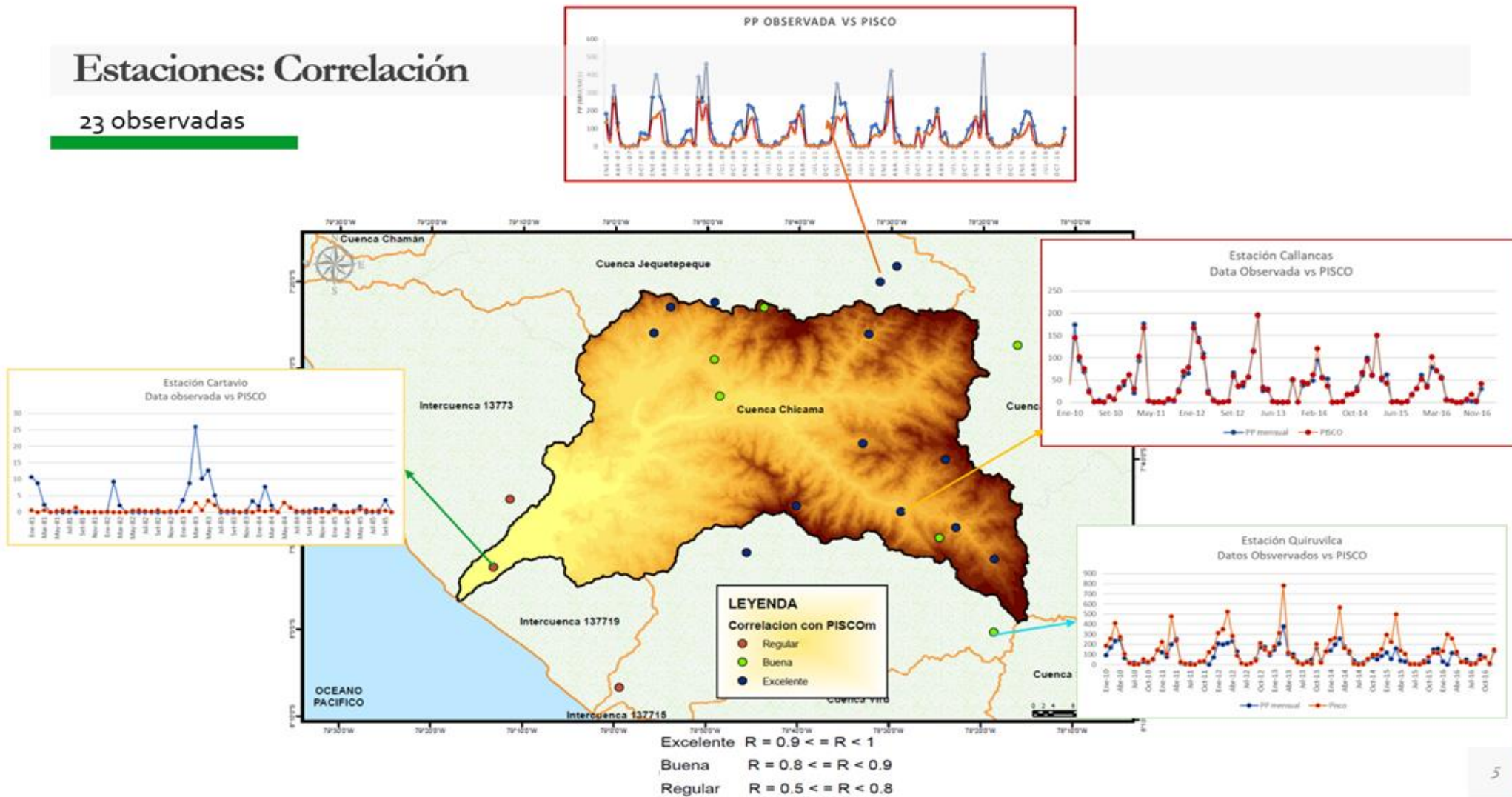


Figura 37. Correlación precipitación registrada en campo vs PISCOp

4.5. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS: SPI 03 MESES

En la Tabla 13, se muestra los resultados obtenidos para el SPI a 03 meses en las 39 estaciones empleadas, a partir del cual haciendo un análisis espacial se puede visualizar que el número de eventos, así como la duración y la intensidad son más susceptibles en la zona baja y media de la cuenca.

Tabla 13. SPI A 03 Meses. Resumen de los eventos de sequías y sus características

<i>Estación</i>	N° eventos	Duración	Intensidad	Severidad
Asunción	33	4	-1.75	4.23
Cachachi	32	4	-1.74	4.53
Callancas	23	5	-1.86	6.07
Capachique	24	5	-1.82	6.44
Casagrande	20	5	-1.50	4.73
Cascabamba	31	4	-1.73	4.63
Cascas	34	3	-1.69	3.72
Contumazá	37	3	-1.59	3.62
Cospán	33	4	-1.66	4.17
Guzmango	33	4	-1.64	4.25
La Fortuna	27	4	-1.86	4.96
Lucma	27	4	-1.75	5.08
Marmot	28	4	-1.82	4.70
Pte_Coina	25	5	-2.05	5.91
Pte_Palmira	30	4	-1.61	3.91
Quiruvilca	20	6	-1.92	7.15
San Benito	28	4	-1.53	3.79
San Juan	29	4	-1.88	4.95
Sinsicap	32	3	-1.54	3.81
Cachicadan	26	4	-1.77	5.39
Usquil	23	5	-1.68	5.58
Cartavio	22	5	-1.71	4.73
Trujillo	24	5	-1.43	4.37
Fic01	27	6	-1.45	5.13
Fic02	23	5	-1.51	4.73
Fic03	30	4	-1.66	4.67
Fic04	30	4	-1.55	4.34
Fic05	28	4	-1.61	4.81
Fic06	31	4	-1.55	4.24
Fic07	31	4	-1.59	4.09
Fic08	33	4	-1.53	4.08
Fic09	22	6	-1.46	5.40
Fic10	30	4	-1.58	4.47
Fic11	32	4	-1.57	3.91
Fic12	31	3	-1.56	3.76

<<Continuación>>

Fic13	31	4	-1.70	4.60
Fic14	32	3	-1.44	3.59
Fic15	26	4	-1.68	5.39
Fic16	23	6	-1.74	6.54

Esto también es reflejado en la Figura 38.

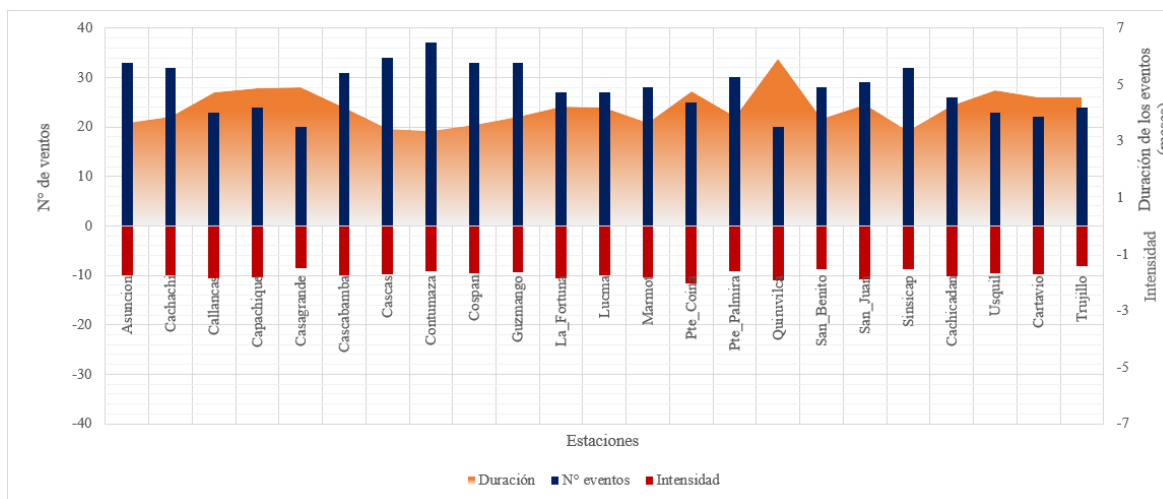
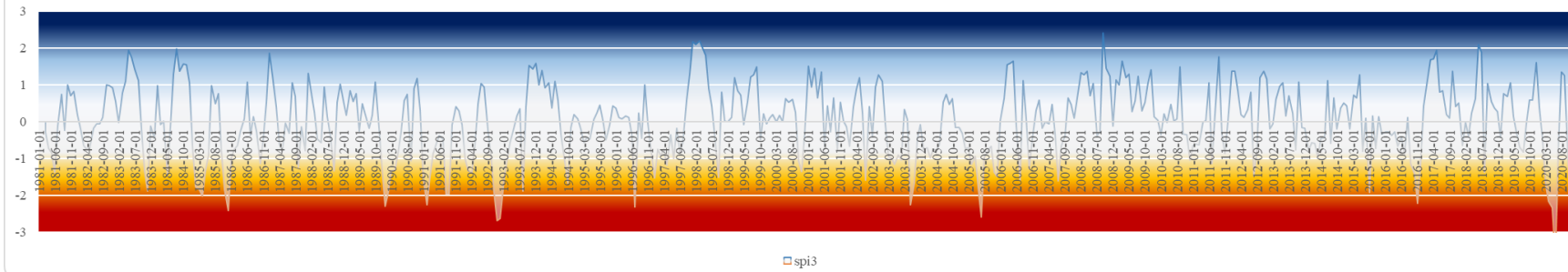


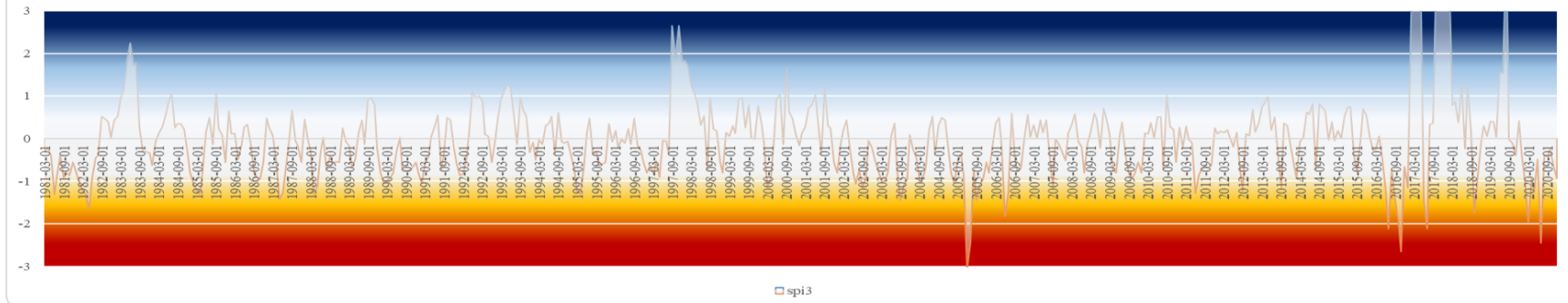
Figura 38. Resultados gráficos de los parámetros del SPI a 03 meses

Tabla 14. Resultados gráficos SPI a 03 meses

Estación Asunción



Estación Casagrande



Estación Cascas

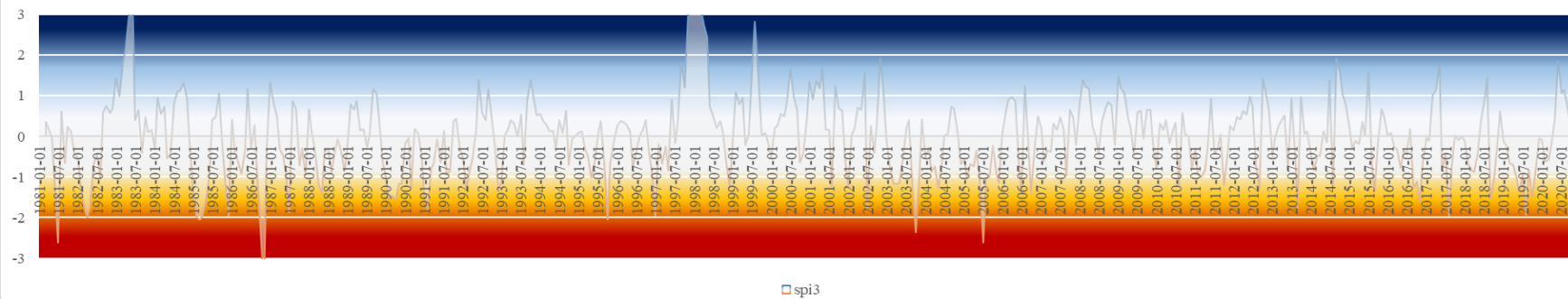


Tabla 15. Resultados tabulares SPI 03 meses

Fecha	Asuncion	Cachaachi	Callanca	Capachique	Casagrande	Cascabamba	Cascas	Contumaza	Cospan	Guzmango	La_Fortuna	Luoma	Marmot	Pte_Coina	Pte_Palmira	Quiruvilca	San_Benito	San_Juan	Sinsoaj	Cachicadan	Usquil	Cartavio	Trujillo	Fic01	Fic02	Fic03	Fic04	Fic05	Fic06	Fic07	Fic08	Fic09
Ene-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Feb-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mar-81	-0.27	0.41	0.38	0.14	-0.26	0.19	0.37	0.11	0.35	0.40	0.14	0.41	0.52	0.12	0.04	0.16	0.24	-0.04	0.11	0.72	0.21	-0.11	0.29	-0.61	-0.47	-0.19	0.05	-0.07	0.35	0.27	0.09	-0.41
Abr-81	-0.69	-0.17	0.10	-0.24	-0.08	-0.41	0.22	-0.30	-0.19	0.05	-0.70	-0.02	0.10	-0.22	-0.10	-0.34	0.13	-0.30	-0.14	0.47	-0.16	0.17	-0.45	-0.52	-0.25	-0.53	-0.34	-0.30	0.28	0.12	-0.15	0.00
May-81	-0.79	-1.67	-1.07	-1.44	-0.31	-0.91	-0.01	-0.77	-0.70	-0.16	-1.25	-0.38	-0.41	-1.28	-0.22	-1.31	0.02	-0.79	-0.46	-0.91	-0.70	-0.54	-0.73	-0.51	-1.42	-0.75	-0.52	-0.42	0.39	0.18	-0.16	-0.74
Jun-81	-1.55	-2.12	-1.73	-1.68	-1.47	-1.95	-1.25	-1.79	-1.71	-1.24	-1.95	-0.86	-1.39	-1.96	-1.33	-1.52	-0.85	-1.28	-1.69	-1.73	-1.63	-1.90	-0.53	-1.06	-1.26	-1.73	-1.45	-1.54	-1.21	-1.24	-1.44	-1.30
Jul-81	-0.17	-0.65	-1.45	-1.92	-1.26	-1.01	-3.02	-1.64	-1.10	-1.15	-0.17	-0.08	-1.42	-1.48	-2.51	-0.14	-1.44	-0.46	-1.39	-0.45	-0.64	-1.77	-0.13	-1.22	-1.24	-1.50	-1.44	-1.23	-1.25	-1.69	-1.29	-1.22
Ago-81	0.77	0.53	0.70	0.56	0.06	0.46	0.63	0.17	1.09	0.51	0.48	0.77	0.88	0.77	1.34	0.65	0.52	0.65	-0.18	0.34	0.55	0.52	0.93	0.68	0.65	0.85	1.09	0.47	0.74	0.95	0.48	0.52
Set-81	-0.22	-0.81	-0.40	-0.74	-0.89	0.28	-0.61	0.04	0.35	0.09	-0.12	0.36	0.50	-0.42	-0.02	-1.24	-0.07	-0.27	-0.17	-1.18	-0.20	0.71	0.77	0.89	0.85	0.74	0.36	0.70	0.76	0.67	0.67	0.71
Oct-81	0.99	0.16	0.56	0.65	-0.73	0.92	0.23	0.66	0.51	0.50	0.38	0.84	0.95	0.92	0.35	0.77	0.53	1.05	0.91	0.27	0.59	0.81	1.01	0.88	0.94	1.01	0.83	0.97	0.65	0.56	0.71	0.81
Nov-81	0.72	0.14	-0.25	0.23	-0.84	0.30	0.08	0.14	0.00	0.18	-0.15	0.46	-0.30	0.08	-0.07	0.32	0.30	0.42	0.09	0.21	-0.14	-0.60	0.15	0.00	-0.10	0.10	0.12	-0.61	-0.34	0.02	-0.04	-0.60
Dic-81	0.86	0.93	0.04	0.71	-0.42	-0.05	-0.30	-0.02	0.23	0.20	0.41	0.21	-1.15	0.49	-0.41	0.78	0.12	0.64	-0.62	0.82	0.12	0.07	0.07	-0.14	-0.39	-0.54	-0.47	-0.64	-0.34	-0.29	-0.45	0.17
Ene-82	0.17	0.48	-0.28	0.36	-0.70	0.00	-0.34	-0.39	-0.01	-0.18	0.18	-0.07	-0.31	-0.09	-0.33	0.22	-0.25	-0.21	-0.29	0.47	-0.13	-0.41	0.72	-0.59	-0.62	-0.79	-0.45	-0.68	-0.37	-0.41	-0.40	-0.73
Feb-82	-0.19	0.07	-0.79	-0.15	-0.96	-0.69	-1.10	-1.06	-0.33	-0.92	-0.37	-0.55	-1.06	-0.47	-0.83	-0.16	-0.84	-0.22	-1.00	0.21	-0.84	-0.86	0.34	-0.87	-0.90	-1.38	-0.98	-1.29	-0.79	-0.91	-0.89	-0.96
Mar-82	-0.59	-1.30	-1.42	-0.96	-1.12	-1.46	-1.57	-1.89	-0.92	-1.72	-1.16	-1.07	-1.18	-1.47	-1.02	-0.63	-1.19	-0.74	-0.94	-0.50	-1.63	-0.84	0.11	-0.89	-1.04	-1.40	-1.22	-1.47	-1.20	-1.40	-1.30	-1.40
Abr-82	-0.72	-1.34	-1.59	-1.41	-1.02	-1.95	-1.87	-1.89	-1.28	-1.62	-1.50	-1.51	-2.20	-1.82	-1.23	-0.98	-1.26	-0.80	-1.52	-0.89	-2.40	-0.13	-0.18	-0.60	-0.25	-1.46	-1.60	-1.36	-1.29	-1.44	-1.32	-0.93
May-82	-0.67	-1.33	-1.33	-1.46	-1.43	-1.61	-1.70	-1.26	-1.36	-1.12	-1.24	-1.82	-1.56	-1.07	-0.80	-1.07	-0.66	-1.05	-1.16	-1.58	-1.05	-0.43	-0.72	-0.98	-1.33	-1.34	-1.39	-1.22	-1.32	-1.18	-1.34	
Jun-82	-0.22	-0.56	-0.60	-0.68	-1.01	-0.20	-0.58	-0.53	-1.26	-0.17	-0.54	-0.74	-1.36	-0.85	-0.70	-0.54	-0.35	-0.25	-1.02	-0.76	-0.88	-0.79	-0.23	-0.81	-0.93	-1.06	-0.81	-1.02	-0.69	-0.41	-0.42	-0.94
Jul-82	-0.11	-0.15	-0.81	-0.29	-0.72	-0.59	-0.56	-1.02	-0.88	-0.70	-0.37	-0.77	-3.22	-0.29	-0.41	-0.62	-0.85	-0.13	-1.64	-0.65	-0.37	-0.69	0.26	-0.62	-0.79	-1.35	-1.44	-1.00	-1.07	-1.51	-1.19	-0.72
Ago-82	-0.11	-0.37	-1.61	-0.85	0.06	-1.48	-1.09	-1.04	-1.00	-0.55	-1.18	-1.42	-2.82	-0.55	-0.44	-1.10	-0.93	-0.25	-1.04	-0.66	-0.86	-0.54	0.71	-0.38	-0.63	-0.95	-1.07	-0.94	-1.03	-1.34	-1.00	-0.54
Set-82	0.13	0.30	0.47	0.20	0.53	-0.19	0.59	0.39	0.16	0.69	-0.47	-0.33	-0.73	-0.25	0.27	-0.16	0.02	0.52	-1.34	-0.07	0.07	-0.03	0.79	0.08	0.00	-0.41	-0.47	-0.15	0.28	0.16	-0.13	-0.03
Oct-82	0.99	1.52	1.10	1.09	0.47	0.69	0.80	0.29	0.42	0.55	0.44	0.68	0.66	1.20	0.57	1.08	0.77	1.32	0.57	2.18	0.79	-0.06	0.36	0.30	-0.10	0.54	0.71	0.32	0.89	0.98	0.92	-0.06
Nov-82	1.01	1.51	1.18	1.20	0.39	0.77	0.58	0.21	0.88	0.38	0.70	0.97	1.16	1.40	0.63	1.51	0.75	1.43	1.19	1.70	0.92	0.51	-0.25	0.81	0.30	0.98	1.07	0.82	0.95	0.88	1.01	0.51
Dic-82	0.95	1.44	0.98	0.98	0.09	1.04	0.68	0.58	0.49	1.54	0.64	0.67	0.63	1.25	0.55	1.52	0.90	1.19	0.66	1.49	0.66	0.99	-0.43	0.89	0.29	0.57	0.55	0.50	0.68	0.70	0.57	0.62
Ene-83	0.56	0.82	1.26	1.25	0.44	1.43	1.32	1.29	0.85	1.67	1.01	1.30	1.30	1.22	1.21	1.30	1.22	0.92	2.50	0.55	0.88	0.33	0.69	-0.33	-0.02	1.26	1.88	0.71	0.67	0.95	1.10	-0.28
Feb-83	-0.02	-0.02	0.51	0.64	0.51	1.06	0.96	0.74	0.21	1.17	0.63	0.68	1.01	0.29	1.21	-0.20	0.91	0.21	1.79	-0.50	0.34	0.41	0.30	-0.27	0.00	0.89	1.48	0.53	0.45	0.63	0.83	-0.43
Mar-83	0.76	-0.17	0.89	0.81	0.95	1.63	1.74	1.39	0.79	1.44	0.92	1.21	1.37	0.59	2.14	0.07	1.63	0.19	2.04	-0.22	0.55	0.77	0.19	0.15	0.56	1.63	2.09	1.71	2.07	1.97	2.00	0.52
Abr-83	1.06	0.51	1.33	1.27	1.06	2.27	2.08	2.11	1.41	2.01	1.77	2.07	1.69	1.13	2.41	0.15	2.19	0.28	2.02	0.18	0.74	1.03	0.22	0.66	1.11	1.89	2.53	2.14	2.66	2.56	2.72	1.25
May-83	1.86	1.92	2.07	1.98	1.69	2.56	2.82	2.60	2.17	2.39	2.15	2.58	2.09	1.88	3.11	1.56	2.62	0.95	2.59	1.41	1.06	2.12	0.81	1.06	2.47	2.51	3.14	2.81	2.98	2.86	3.13	2.04
Jun-83	1.92	2.28	2.80	2.70	2.41	2.54	3.26	3.22	3.55	3.03	2.77	3.13	2.34	2.69	3.29	2.25	4.30	1.89	3.42	1.76	1.41	2.38	2.63	2.69	3.01	3.86	3.83	3.61	4.18	4.02	4.18	2.22
Jul-83	1.51	1.76	1.53	1.68	2.08	0.12	0.39	-0.94	1.60	0.60	2.27	2.13	1.26	1.49	1.75	2.21	0.62	1.09	2.91	0.47	0.65	2.34	3.29	2.74	2.97	3.05	2.79	2.81	2.37	2.02	2.99	2.21
Ago-83	1.19	0.81	0.79	1.12	1.51	0.63	0.67	0.39	1.18	0.67	0.94	0.88	1.02	0.43	2.06	1.88	1.07	0.69	2.46	0.04	0.78	1.16	1.72	1.67	2.00	3.03	2.61	2.93	2.58	2.28	3.51	1.16
Set-83	-0.16	-0.51	-0.10	-0.72	0.27	-0.88	-0.36	-1.36	0.28	0.07	-0.17	0.40	-0.49	-0.72	-0.35	-0.99	0.10	-0.42	-1.64	-1.22	-0.46	0.22	1.00	0.49	0.21	-0.41	-0.78	-0.15	-0.14	-0.40	-0.40	0.22
Oct-83	-1.30	-0.33	0.61	0.12	-0.25	0.60	0.48	1.01	-0.32	1.32	0.34	0.59	0.74	0.51	0.28	-0.56	0.88	-0.91	0.42	-0.59	0.13	0.01	0.42	0.26	-0.10	0.35	0.60	0.05	0.52	0.65	0.50	0.01
Nov-83	-2.04	-1.13	-0.04	-0.07	-0.23	-0.03	0.06	0.40	-0.53	0.81	-0.27	0.54	0.13	-0.15	-0.37	-0.88	0.38	-1.73	-0.19	-0.77	-0.38	0.61	-0.25	0.85	0.08	0.25	0.14	0.09	0.39	0.28	0.29	0.61
Dic-83	-0.15	0.45	0.45	0.56	-0.23	0.94	0.22	0.76	0.91	0.72	0.48	1.04	1.13	0.67	0.37	-0.06	0.40	0.59	0.44	1.06	0.24	0.77	-0.24	0.87	0.05	0.44	0.39	0.33	0.28	0.28	0.35	0.60
Ene-84	-0.47	-0.14	-0.68	-0.54	-0.54	0.24	-0.16	0.10	0.35	-0.08	-0.66	0.34	0.17	-0.30	-0.07	-0.98	-0.19	-0.48	-0.38	-0.06	-0.70	0.43	0.69	0.17	-0.19	-0.25	-0.36	-0.04	-0.30	-0.31	-0.24	-0.09
Feb-84	0.96	1.31	1.26	1.19	-0.05	1.17	0.93	1.24	1.65	0.66	0.80	1.20	0.77	1.59	0.95	1.60	0.53	0.83	0.83	1.87	0.44	1.07	0.29	0.14	0.00	0.56	0.43	0.45	0.30	0.51	0.34	-0.28
Mar-84	-0.07	0.87	0.68	0.76	0.16	0.41	0.56	0.41	0.75	0.35	0.01	0.25	0.32	0.91	0.51	1.27	0.26	-0.46	0.42	1.40	0.16	0.60	0.11	-0.06	-0.08	0.16	0.13	0.20	0.07	0.13	0.02	-0.32
Abr-84	0.03	1.45	1.07	1.16	0.34	0.58	0.71	0.37	1.05	0.29	0.30	0.19	0.34	1.31	0.58	1.86	0.30	0.17	0.50	2.17	0.55	0.55	-0.10									

En cada una de las estaciones utilizadas se identificó los eventos de sequías, y se caracterizó dichos eventos, tomando como ejemplo la estación Asunción (Tabla 16).

Tabla 16. Caracterización de sequías. Estación Asunción

Resultados Est. Asunción: SPI 03 meses						
Eventos	Inicio	Termino	Duración	Intensidad	Magnitud	Clasificación
1	1981-06-01	1981-08-01	2	-1.37	-1.49	Moderadamente Seco
2	1983-10-01	1984-02-01	4	-1.89	-3.79	Severamente Seco
3	1984-05-01	1984-07-01	2	-1.45	-1.59	Moderadamente Seco
4	1985-02-01	1985-07-01	5	-2.02	-7.87	Extremadamente Seco
5	1985-11-01	1986-05-01	6	-2.41	-6.85	Extremadamente Seco
6	1986-10-01	1986-12-01	2	-1.13	-1.59	Moderadamente Seco
7	1987-10-01	1988-01-01	3	-1.23	-2.16	Moderadamente Seco
8	1988-09-01	1988-10-01	1	-1.33	-1.33	Moderadamente Seco
9	1989-12-01	1990-07-01	7	-2.3	-9.3	Extremadamente Seco
10	1990-09-01	1990-10-01	1	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
11	1991-01-01	1991-11-01	10	-2.25	-11.55	Extremadamente Seco
12	1992-03-01	1992-06-01	3	-1.37	-3.32	Moderadamente Seco
13	1992-11-01	1993-06-01	7	-2.69	-10.72	Extremadamente Seco
14	1993-08-01	1993-09-01	1	-1.89	-1.89	Severamente Seco
15	1994-09-01	1994-12-01	3	-1.67	-2.9	Severamente Seco
16	1996-07-01	1996-08-01	1	-2.31	-2.31	Extremadamente Seco
17	1997-01-01	1997-11-01	10	-1.54	-8.03	Severamente Seco
18	1998-09-01	1998-10-01	1	-1.52	-1.52	Severamente Seco
19	2000-10-01	2001-01-01	3	-1.36	-2.76	Moderadamente Seco
20	2002-07-01	2002-08-01	1	-1.59	-1.59	Severamente Seco
21	2003-04-01	2003-07-01	3	-1.16	-3.11	Moderadamente Seco
22	2003-09-01	2004-07-01	10	-2.25	-9.06	Extremadamente Seco
23	2005-04-01	2006-01-01	9	-2.58	-11.73	Extremadamente Seco
24	2006-07-01	2006-08-01	1	-1.59	-1.59	Severamente Seco
25	2006-10-01	2006-12-01	2	-1.27	-1.74	Moderadamente Seco
26	2007-07-01	2007-10-01	3	-1.6	-2.64	Severamente Seco
27	2010-12-01	2011-05-01	5	-1.04	-2.95	Moderadamente Seco
28	2011-07-01	2011-08-01	1	-1.13	-1.13	Moderadamente Seco
29	2012-08-01	2012-10-01	2	-1.47	-2.26	Moderadamente Seco
30	2015-08-01	2015-09-01	1	-1.92	-1.92	Severamente Seco
31	2016-09-01	2017-01-01	4	-2.21	-5.88	Extremadamente Seco
32	2018-08-01	2018-09-01	1	-1.37	-1.37	Moderadamente Seco
33	2020-03-01	2020-08-01	5	-3.83	-10.68	Extremadamente Seco

Como se puede observar en la Tabla adjunta en la estación Asunción, el 30.3por ciento de los eventos fue caracterizados como “extremadamente secos”, 42.4por ciento como “moderadamente secos” y 27.3 por ciento como “severamente secos”.

En la Tabla 17, se presenta el resumen de la caracterización de las sequías meteorológicas, de la cual el SPI mostró que, los distritos que registraron las sequías más extremas fueron los distritos de Cachicadán, Coina, Quiruvilca, La Fortuna y Capachique; los eventos severamente secos se registraron con mayor frecuencia en Callancas y Cascabamba; mientras que, los eventos moderadamente secos, se registraron con mayor frecuencia en Casagrande, Guzmango, San Benito y Sinsicap, donde sus alturas son inferiores a los 2500 msnm.

Tabla 17. Caracterización de sequías meteorológicas en base al SPI

Resumen de caracterización de sequías meteorológicas - SPI			
Estación	Extremadamente Seco	Moderadamente Seco	Severamente Seco
Asunción	30.30	42.42	27.27
Cachachi	31.25	46.88	21.88
Cachicadán	42.31	46.15	11.54
Callancas	30.43	26.09	43.48
Capachique	33.33	37.50	29.17
Cartavio	13.64	45.45	40.91
Casagrande	15.00	70.00	15.00
Cascabamba	22.58	35.48	41.94
Cascas	20.59	47.06	32.35
Contumazá	13.51	48.65	37.84
Cospán	30.30	45.45	24.24
Guzmango	18.18	63.64	18.18
La Fortuna	37.04	37.04	25.93
Lucma	25.93	44.44	29.63
Marmot	32.14	42.86	25.00
Pte_Coina	44.00	24.00	32.00
Pte_Palmira	20.00	43.33	36.67
Quiruvilca	40.00	30.00	30.00
San Benito	10.71	64.29	25.00
San Juan	24.14	44.83	31.03
Sinsicap	17.24	55.17	27.59
Trujillo	0.00	58.33	41.67
Usquil	17.39	43.48	39.13
Fic01	11.11	70.37	18.52
Fic02	4.35	47.83	47.83
Fic03	16.67	36.67	46.67
Fic04	10.00	50.00	40.00
Fic05	14.29	46.43	39.29
Fic06	16.13	54.84	29.03
Fic07	12.90	45.16	41.94

<<Continuación>>

Fic08	21.21	54.55	24.24
Fic09	4.55	54.55	40.91
Fic10	13.33	40.00	46.67
Fic11	12.50	46.88	40.63
Fic12	12.90	45.16	41.94
Fic13	25.81	32.26	41.94
Fic14	6.25	78.13	15.63
Fic15	30.77	38.46	30.77
Fic16	39.13	43.48	17.39

Esto también puede ser representado en la Figura 39.

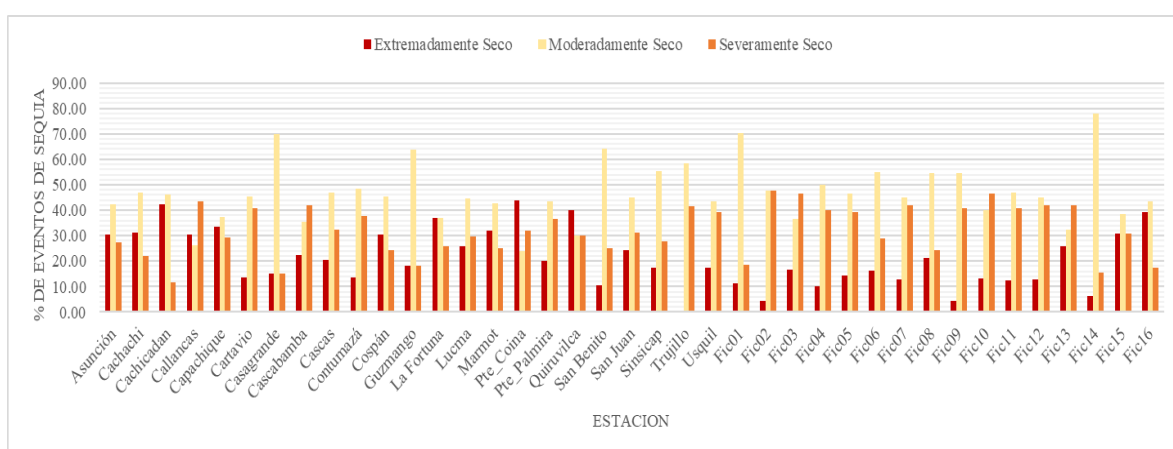


Figura 39. Caracterización gráfica de los diferentes eventos de sequía en la cuenca

A continuación, se presenta la caracterización de los años más secos para el periodo de 1981 -2020, tomando como ejemplo los resultados del SPI a 03 meses.

Tabla 18. Caracterización de los años más secos en la cuenca del río Chicama. SPI a 03 meses. Periodo 1981 – 2020

Año	SPI _{val_min}
1992	-2.83
2005	-2.55
1985	-2.54
2016	-2.3
2020	-2.28
1991	-2.02
1990	-1.88
2018	-1.87
2004	-1.69
2011	-1.67

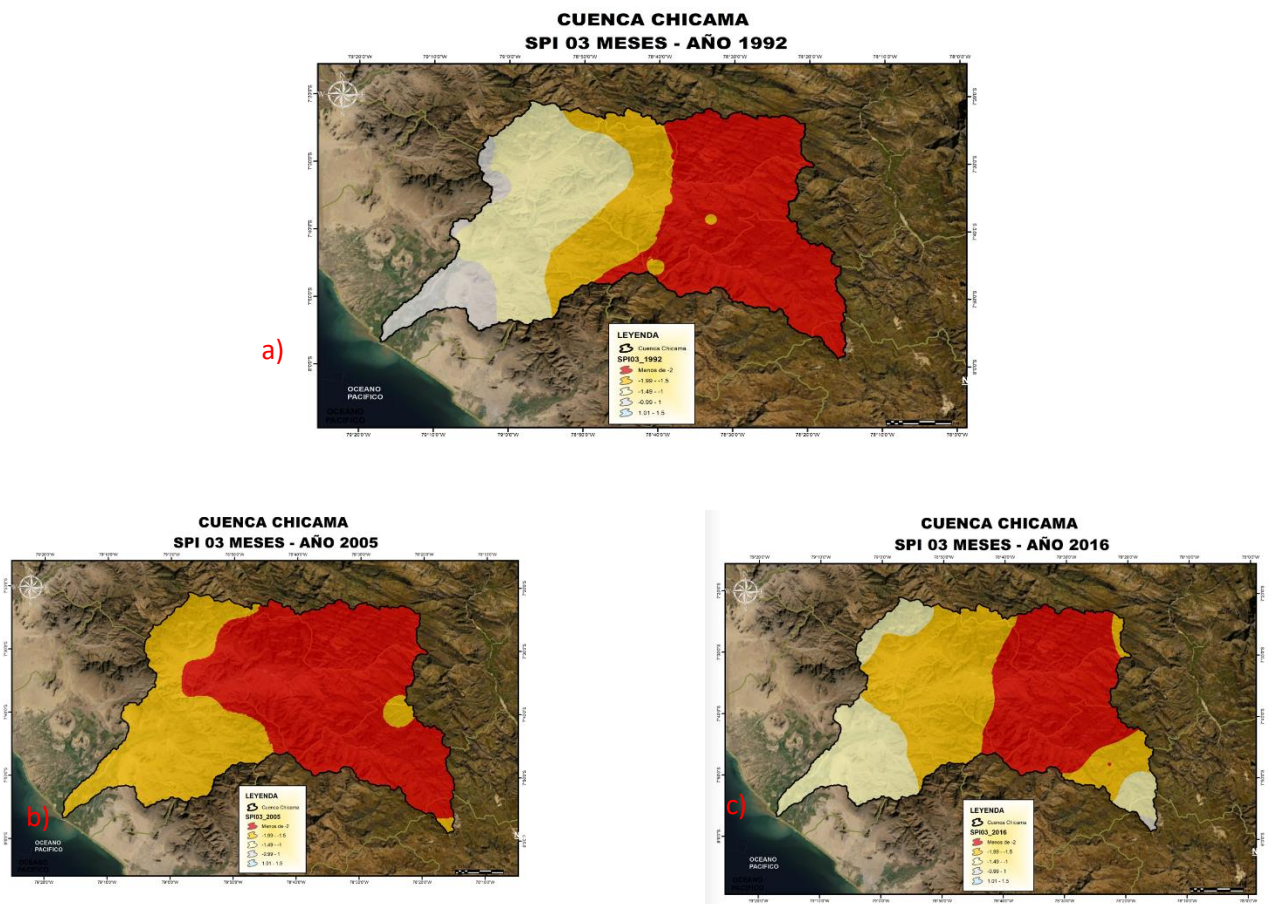


Figura 40. Resultados de la caracterización espacial con el SPI a 03 meses para: a) Año 1992 b) Año 2005 c) Año 2016

Adicionalmente, se presenta el análisis espacial realizado en base a los resultados obtenidos en base a la Tabla N°13 (SPI a 03 meses), los demás estarán agregados como Anexos.

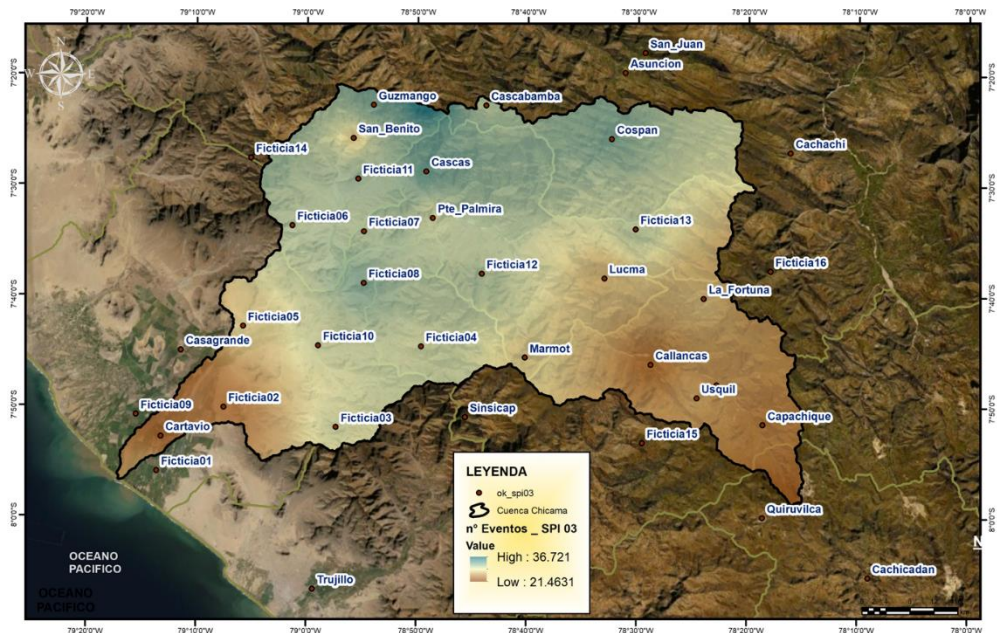


Figura 41. Número de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama (SPI a 03 meses)

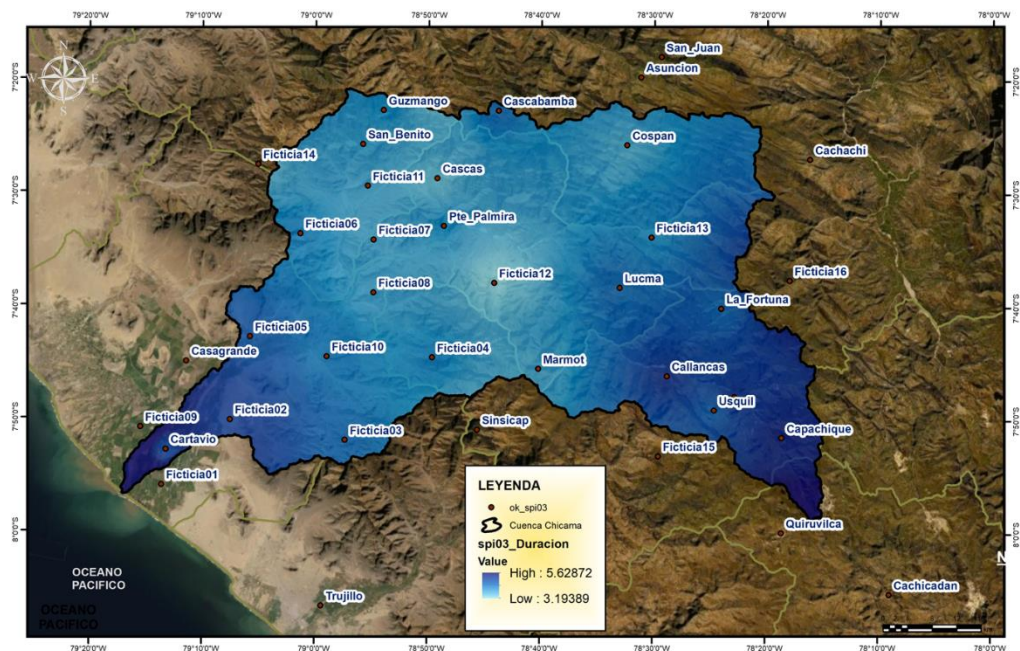


Figura 42. Duración de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama (SPI a 03 meses)

De las Figuras 41 y 42, se puede observar que tanto el número de eventos, para el SPI 03, se presentaron con mayor periodicidad en la parte media alta

de la cuenca, y en cuanto a la duración de dichos eventos, para el SPI 03, son mucho más recurrentes en la parte baja y alta de la cuenca.

En cuanto a la intensidad de los eventos, en la Figura 43, se representa el análisis espacial realizado mostrando que las intensidades de las sequías, para el SPI a 03 meses, son más severas en la parte alta de la cuenca, moderada en la parte media y leve en la parte baja.

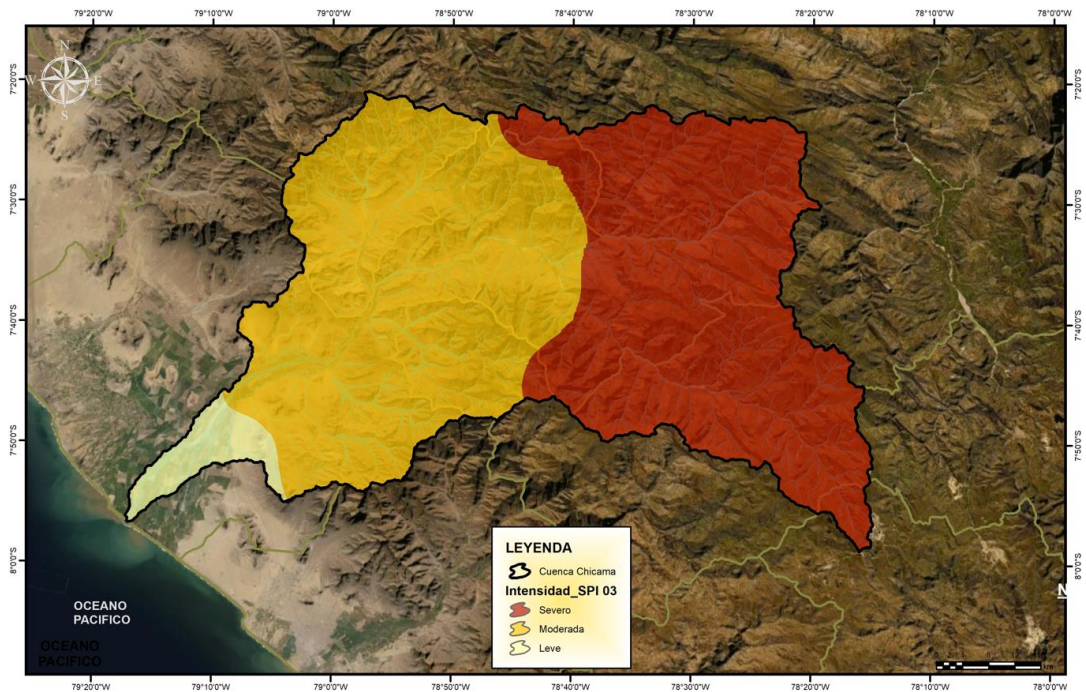


Figura 43. Mapa de intensidad de sequías en la cuenca del río Chicama (SPI a 03 meses)

4.6. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS: SPI 06 MESES

En la Tabla 19, mostramos los resultados obtenidos para el SPI a 06 meses en las 39 estaciones empleadas, en donde se puede visualizar el número de eventos, así como la duración y la intensidad son más susceptibles en la zonas baja y media de la cuenca.

Tabla 19. SPI A 06 Meses. Resumen de los eventos de sequías y sus características

<i>Estación</i>	<i>Nº eventos</i>	<i>Duración</i>	<i>Intensidad</i>	<i>Severidad</i>
Asunción	20	5.95	-1.12	6.68
Cachachi	15	8.53	-1.14	10.36
Callancas	14	8.5	-1.11	10.32
Capachique	14	8.57	-1.19	11.67
Casagrande	13	7.53	-0.98	6.94
Cascabamba	17	7.53	-1.09	7.55
Cascas	22	5.63	-0.99	5.61
Contumazá	20	7.25	-1.06	7.35
Cospán	19	6.26	-1.12	6.95
Guzmango	22	5.91	-1.05	6.27
La Fortuna	14	6.64	-1.26	9.46
Lucma	15	6.53	-1.21	8.95
Marmot	17	6.41	-1.15	7.87
Pte_Coina	16	7.5	-1.24	9.79
Pte_Palmira	21	5.67	-0.96	5.30
Quiruvilca	16	7.19	-1.16	9.68
San Benito	22	5.32	-1.029	5.22
San Juan	17	7.35	-1.2	8.81
Sinsicap	20	5.7	-1.14	6.04
Cachicadan	15	7.8	-1.18	10.11
Usquil	15	7.4	-1.07	8.79
Cartavio	15	6.33	-1.24	7.47
Trujillo	19	6.78	-1.12	7.45
Fic01	15	7.93	-1.037	7.97
Fic02	12	12.08	-0.96	11.44
Fic03	18	7.22	-1.129	7.13
Fic04	21	5.09	-1.15	5.78
Fic05	12	11.5	-1.06	10.69
Fic06	15	7.8	-1.046	7.36
Fic07	20	4.95	-1.095	5.39
Fic08	19	6	-1.036	5.84
Fic09	12	12.68	-1.06	11.77
Fic10	19	6.37	-1.06	6.45
Fic11	17	5.53	-1.14	5.98
Fic12	20	5.4	-1.104	6.02
Fic13	19	7	-1.08	7.70
Fic14	19	5.16	-1.13	5.34

<<Continuación>>

Fic15	16	7	-1.12	9.03
Fic16	16	7.88	-1.09	9.50

Esto también es reflejado en la Figura 44.

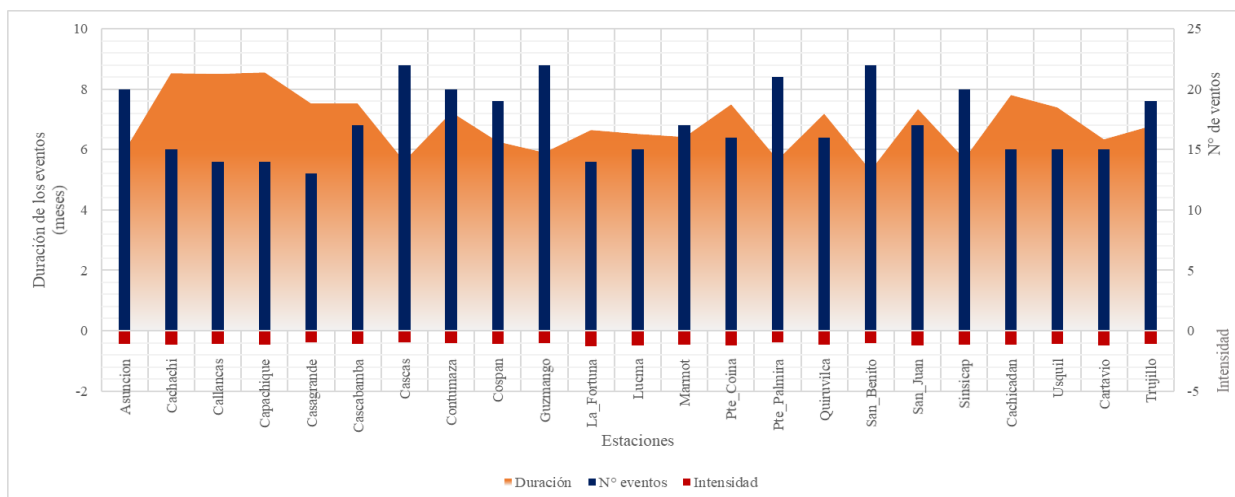


Figura 44. Resultados gráficos de los parámetros del SPI a 06 meses

Tabla 20. Resultados gráficos SPI a 06 meses

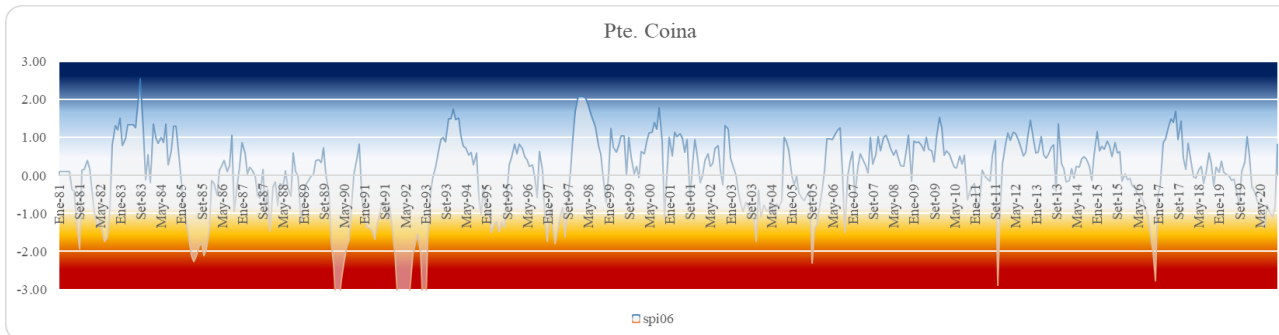
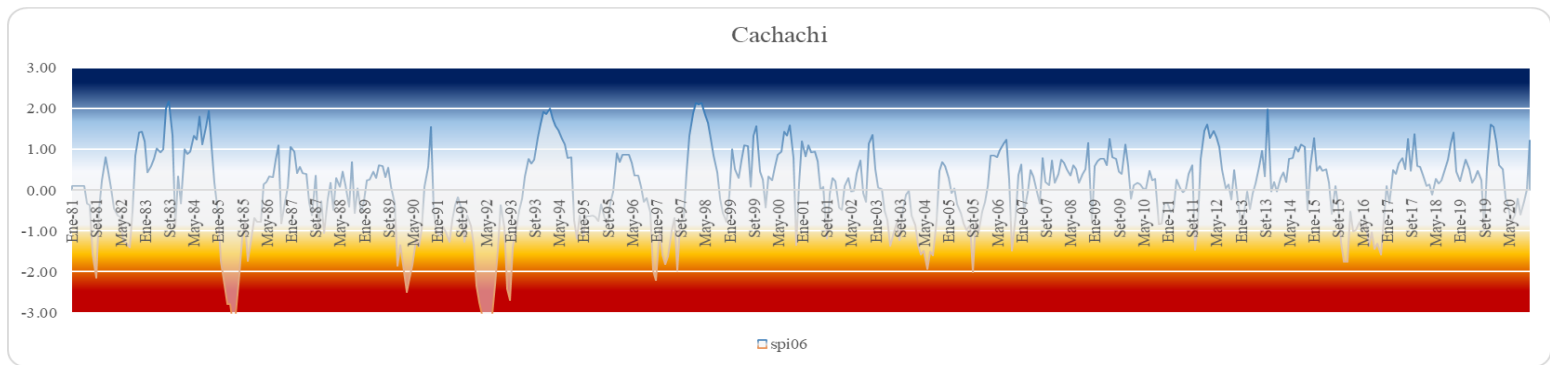
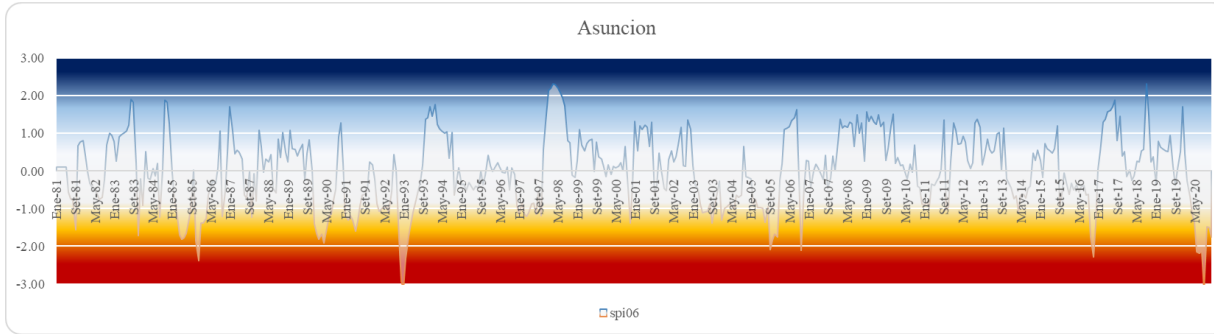


Tabla 21. Resultados tabulares SPI a 06 meses

Fecha	Asuncion	Cachachi	Callanacas	Capachique	Casagrande	Cascabamba	Cascas	Contumaza	Cospan	Guzmango	La_Fortuna	Luoma	Marmot	Pte_Coina	Pte_Palmira	Quiruvilca	San_Benito	San_Juan	Sinsicap	Cachicadan	Usquil	Cartavio	Tujillo	Fic01	Fic02	Fic03	Fic04	Fic05	Fic06	Fic07
Ene-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Feb-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mar-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Abr-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
May-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Jun-81	-0.55	-0.32	-0.02	-0.32	-0.64	-0.26	0.23	-0.27	0.02	0.12	-0.53	0.05	0.11	-0.37	-0.10	-0.31	0.11	-0.34	-0.15	0.34	-0.14	-0.71	0.24	-0.89	-1.35	-0.50	-0.22	-0.57	0.15	0.09
Jul-81	-0.74	-0.36	-0.06	-0.43	-0.49	-0.52	0.18	-0.41	-0.35	0.00	-0.72	-0.07	-0.02	-0.40	-0.16	-0.36	0.10	-0.38	-0.20	0.39	-0.22	-0.72	-0.62	-0.82	-1.40	-0.69	-0.38	-0.61	0.22	0.10
Ago-81	-0.77	-1.56	-1.03	-1.39	-0.34	-0.88	-0.01	-0.77	-0.61	-0.16	-1.21	-0.34	-0.37	-1.19	-0.21	-1.13	0.02	-0.76	-0.47	-0.90	-0.66	-0.42	-0.43	-0.37	-0.48	-0.62	-0.49	-0.33	0.39	0.19
Set-81	-1.55	-2.16	-1.77	-1.75	-1.54	-1.80	-1.32	-1.76	-1.57	-1.21	-2.57	-0.77	-1.26	-1.94	-1.26	-1.78	-0.87	-1.44	-1.65	-2.09	-1.50	-1.19	0.06	-0.32	-0.44	-1.08	-1.35	-0.99	-0.97	-1.11
Oct-81	0.67	-0.46	-0.32	-0.58	-1.50	0.10	-0.84	-0.31	-0.43	-0.25	-0.03	0.28	-0.08	0.14	-0.66	0.50	-0.22	0.73	0.12	-0.04	0.05	-1.13	0.51	-0.14	-0.43	0.00	0.26	-0.51	-0.40	-0.12
Nov-81	0.77	0.24	-0.18	0.29	-0.80	0.32	0.10	0.10	0.25	0.18	-0.05	0.63	-0.12	0.17	0.10	0.39	0.35	0.47	-0.02	0.22	-0.09	0.10	0.75	0.32	0.14	0.41	0.25	-0.05	0.02	0.18
Dic-81	0.82	0.80	-0.08	0.57	-0.54	-0.06	-0.44	-0.07	0.24	0.16	0.36	0.26	-1.04	0.40	-0.47	0.49	0.07	0.57	-0.78	0.59	0.07	0.00	0.21	0.29	0.49	-0.34	-0.46	-0.32	-0.26	-0.26
Ene-82	0.43	0.44	-0.19	0.41	-0.79	0.12	-0.39	-0.30	0.03	-0.16	0.32	0.23	-0.19	0.19	-0.37	0.45	-0.25	0.14	-0.17	0.45	0.04	-0.26	0.76	-0.28	0.03	-0.47	-0.39	-0.34	-0.34	-0.40
Feb-82	-0.02	0.03	-0.78	-0.03	-1.05	-0.62	-1.07	-1.05	-0.42	-0.93	-0.33	-0.38	-1.08	-0.43	-0.87	-0.02	-0.82	-0.16	-1.05	0.20	-0.73	-0.81	0.40	-0.86	-1.30	-1.34	-0.99	-1.37	-0.85	-0.93
Mar-82	-0.33	-0.43	-1.19	-0.53	-1.08	-1.23	-1.47	-1.63	-0.78	-1.44	-0.81	-0.84	-1.35	-0.97	-1.04	-0.16	-1.06	-0.41	-1.05	-0.12	-1.08	-0.93	0.14	-0.96	-1.30	-1.38	-1.21	-1.46	-1.13	-1.29
Abr-82	-0.47	-0.62	-1.27	-0.78	-1.11	-1.26	-1.52	-1.63	-0.86	-1.36	-0.93	-0.96	-1.54	-1.37	-1.09	-0.56	-1.07	-0.64	-1.26	-0.31	-1.32	-0.91	0.08	-0.98	-1.29	-1.52	-1.33	-1.47	-1.14	-1.26
May-82	-0.52	-0.65	-1.18	-0.78	-1.29	-1.26	-1.55	-1.67	-0.89	-1.37	-0.90	-0.97	-1.55	-1.18	-1.10	-0.49	-1.10	-0.54	-1.18	-0.33	-1.22	-1.14	0.06	-1.13	-1.44	-1.58	-1.32	-1.61	-1.17	-1.29
Jun-82	-0.60	-1.28	-1.36	-1.02	-1.37	-1.33	-1.57	-1.74	-1.10	-1.53	-1.14	-1.45	-1.46	-1.06	-0.72	-1.10	-1.53	-1.08	-0.62	-1.53	-1.08	0.08	-1.08	-1.44	-1.50	-1.29	-1.59	-1.24	-1.34	-1.34
Jul-82	-0.75	-1.28	-1.63	-1.35	-1.22	-1.96	-1.86	-1.96	-1.36	-1.64	-1.50	-1.51	-2.40	-1.73	-1.22	-1.03	-1.28	-0.82	-1.55	-0.92	-2.19	-1.22	-0.39	-0.79	-1.03	-1.59	-1.63	-1.52	-1.33	-1.47
Ago-82	-0.69	-1.40	-1.41	-1.37	-1.42	-1.50	-1.62	-1.76	-1.36	-1.36	-1.21	-1.35	-1.91	-1.61	-1.07	-0.97	-1.11	-0.71	-1.07	-1.24	-1.60	-1.11	-0.40	-0.79	-1.06	-1.42	-1.36	-1.47	-1.27	-1.35
Set-82	-0.23	-0.50	-0.51	-0.63	-0.83	-0.24	-0.51	-0.52	-1.21	-0.15	-0.57	-0.75	-1.42	-0.89	-0.63	-0.58	-0.38	-0.18	-1.11	-0.68	-0.82	-0.73	0.23	-0.61	-0.69	-1.07	-0.85	-0.94	-0.65	-0.42
Oct-82	0.69	0.84	0.35	0.44	-0.52	0.04	0.24	-0.40	-0.40	-0.05	-0.08	-0.07	-0.54	0.82	0.16	0.60	0.20	1.11	-0.15	1.60	0.27	-0.67	0.32	-0.27	-0.68	-0.34	0.15	-0.69	-0.17	0.33
Nov-82	1.00	1.41	1.04	1.07	0.13	0.58	0.51	0.00	0.66	0.26	0.36	0.55	0.90	1.31	0.57	1.39	0.58	1.37	1.10	1.58	0.80	-0.19	0.43	0.32	-0.43	0.55	0.99	-0.16	0.38	0.70
Dic-82	0.95	1.44	0.99	0.96	0.10	0.98	0.69	0.58	0.47	1.59	0.55	0.61	0.55	1.20	0.51	1.43	0.87	1.23	0.52	1.43	0.62	0.72	-0.06	0.65	-0.09	0.39	0.47	0.30	0.65	0.68
Ene-83	0.80	1.21	1.44	1.37	0.44	1.47	1.36	1.29	0.90	1.73	0.98	1.25	1.38	1.51	1.24	1.51	1.26	1.32	2.77	1.03	0.93	0.28	0.66	-0.28	-0.23	1.44	2.02	0.68	0.70	1.02
Feb-83	0.26	0.43	0.77	0.84	0.50	1.11	0.96	0.71	0.36	1.17	0.72	0.83	1.13	0.79	0.71	0.69	0.93	0.70	1.99	0.05	0.54	0.44	0.35	-0.09	-0.02	1.04	1.60	0.60	0.49	0.67
Mar-83	0.92	0.59	1.04	0.98	0.74	1.64	1.70	1.39	0.82	1.54	0.98	1.24	1.33	0.97	2.08	0.75	1.61	0.54	2.08	0.38	0.62	0.85	0.18	0.23	0.47	1.61	2.07	1.60	1.98	1.92
Abr-83	0.97	0.78	1.45	1.45	0.93	2.12	1.96	2.10	1.31	2.10	1.67	1.90	1.69	1.35	2.21	0.77	2.08	0.62	2.33	0.37	0.83	1.01	0.21	0.33	0.63	1.91	2.54	2.02	2.43	2.37
May-83	1.01	1.03	1.48	1.49	1.20	2.06	1.96	2.05	1.34	2.10	1.81	1.99	1.69	1.33	2.22	0.72	2.08	0.60	2.41	0.37	0.78	1.82	0.52	0.64	1.69	2.04	2.56	2.23	2.45	2.37
Jun-83	1.06	0.93	1.52	1.52	1.50	2.16	2.04	2.08	1.49	2.07	1.87	2.11	1.87	1.34	2.34	0.86	2.15	0.64	2.53	0.24	0.84	1.91	0.62	0.82	2.23	2.33	2.71	2.64	2.63	2.49
Jul-83	1.22	1.00	1.44	1.41	1.41	2.16	2.09	2.06	1.57	2.01	1.98	2.23	1.75	1.26	2.44	0.72	2.19	0.41	2.24	0.21	0.73	1.90	0.59	1.19	2.56	2.21	2.62	2.57	2.72	2.58
Ago-83	1.91	2.00	2.08	2.02	1.73	2.56	2.83	2.61	2.24	2.40	2.19	2.61	2.11	1.90	3.14	1.77	2.64	0.99	2.62	1.41	1.07	2.08	0.93	1.23	2.75	2.71	3.17	3.09	3.06	2.89
Set-83	1.82	2.17	2.71	2.53	2.33	2.47	3.23	3.22	3.48	3.07	2.66	2.99	2.29	2.55	3.14	1.87	4.37	1.87	3.29	1.27	1.29	2.34	2.98	2.24	2.50	3.51	3.78	3.32	4.21	4.07
Oct-83	0.22	1.34	1.35	1.34	1.89	0.32	0.46	0.31	1.17	1.16	2.14	2.12	1.26	1.23	1.11	0.98	0.90	2.89	-0.30	0.38	2.26	2.34	2.12	2.44	2.81	2.44	2.56	2.14	1.71	1.71
Nov-83	-1.72	-0.87	0.04	0.11	0.82	0.02	0.08	0.41	-0.19	0.82	0.02	0.75	0.31	-0.12	-0.03	-0.34	0.50	-1.47	0.57	-0.79	-0.27	1.04	1.26	1.52	1.63	2.08	0.70	2.54	1.80	0.93
Dic-83	-0.21	0.35	0.37	0.41	-0.23	0.85	0.13	0.67	0.91	0.70	0.43	0.95	1.06	0.56	0.27	-0.34	0.37	0.50	0.28	0.83	0.17	0.46	0.19	0.80	0.00	0.24	0.28	0.12	0.19	0.22
Ene-84	-0.92	-0.33	-0.51	-0.55	-0.56	0.27	-0.19	0.27	0.23	0.13	-0.40	0.50	0.22	-0.18	-0.12	-1.18	-0.14	-0.91	-0.41	-0.27	-0.57	0.39	0.67	0.16	-0.36	-0.28	-0.35	-0.13	-0.29	-0.29
Feb-84	0.51	1.01	1.12	1.05	-0.11	1.09	0.91	1.27	1.61	0.71	0.69	1.20	0.74	1.35	0.91	1.07	0.52	0.35	0.76	1.72	0.34	1.04	0.34	0.28	-0.09	0.55	0.40	0.39	0.30	0.49
Mar-84	-0.20	0.88	0.70	0.79	0.00	0.56	0.53	0.50	0.91	0.41	0.14	0.50	0.55	1.01	0.48	1.02	0.26	-0.21	0.41	1.55	0.18	0.60	0.11	0.03	-0.19	0.18	0.14	0.20	0.08	0.14
Abr-84	-0.22	0.95	0.57	0.59	-0.03	0.44	0.45	0.28	0.84	0.17	0.00	0.29	0.27	0.86	0.41	0.97	0.15	-0.16	0.28	1.50	0.16	0.53	0.07	-0.04	-0.20	0.02	-0.04	0.06	-0.05	-0.01
May-84	0.06	1.34	0.67	0.69	0.20	0.50	0.47	0.32	0.96	0.20	0.02	0.24	0.35	1.01	0.45	1.04	0.16	0.10	0.41	1.50	0.21	0.83	0.13	0.16	0.58	0.08	0.01	0.17	-0.03	0.01
Jun-84	-0.13	1.24	0.64	0.63	0.33	0.33	0.48	0.27	0.78	0.16	-0.08	0.10	0.14	0.86	0.45	1.02	0.15	-0.41	0.39	1.35	0.14	0.89	0.18	0.21	0.77	0.11	-0.01	0.23	-0.05	0.00
Jul-84	0.21	1.80	1.10	1.23	0.51	0.60	0.72																							

En cada una de las estaciones utilizadas se identificó los eventos de sequías, y se caracterizó dichos eventos, tomando como ejemplo la estación Asunción (Tabla 22).

Tabla 22. Caracterización de sequías. Estación Asunción

Resultados Est. Asunción: SPI 06 meses						
Eventos	Inicio	Termino	Duración	Intensidad	Magnitud	Clasificación
1	09/01/1981	10/01/1981	1	-1.5	-1.5	Severamente Seco
2	11/01/1983	02/01/1984	3	-1.67	-2.75	Severamente Seco
3	08/01/1984	09/01/1984	1	-1.29	-1.29	Moderadamente Seco
4	03/01/1985	10/01/1985	7	-1.89	-10.51	Severamente Seco
5	11/01/1985	08/01/1986	9	-2.25	-9.93	Extremadamente Seco
6	10/01/1986	12/01/1986	2	-1.23	-1.76	Moderadamente Seco
7	10/01/1987	01/01/1988	3	-1.25	-2.06	Moderadamente Seco
8	12/01/1989	10/01/1990	10	-1.99	-13.99	Extremadamente Seco
9	01/01/1991	11/01/1991	10	-1.67	-10.92	Severamente Seco
10	03/01/1992	09/01/1992	6	-1.14	-5.91	Moderadamente Seco
11	11/01/1992	09/01/1993	10	-3.07	-16.18	Extremadamente Seco
12	01/01/1997	11/01/1997	10	-1.26	-10.37	Moderadamente Seco
13	11/01/2000	01/01/2001	2	-1.35	-1.7	Moderadamente Seco
14	05/01/2003	10/01/2004	17	-1.34	-15.63	Moderadamente Seco
15	04/01/2005	02/01/2006	10	-2.01	-12.93	Extremadamente Seco
16	10/01/2006	12/01/2006	2	-2.14	-2.53	Extremadamente Seco
17	03/01/2011	08/01/2011	5	-1.01	-2.25	Moderadamente Seco
18	10/01/2011	12/01/2011	2	-1.05	-1.98	Moderadamente Seco
19	04/01/2014	10/01/2014	6	-1.11	-4.08	Moderadamente Seco
20	10/01/2016	01/01/2017	3	-2.23	-5.32	Extremadamente Seco

Como se puede observar en la Tabla adjunta en la estación Asunción, el 30 por ciento de los eventos fue caracterizados como “extremadamente secos”, 50 por ciento como “moderadamente secos” y 20 por ciento como “severamente secos”.

En la tabla presentada a continuación, se presenta la caracterización de los años más secos para el periodo de 1981 - 2020, tomando los resultados del SPI a 06 meses.

Tabla 23. Caracterización de los años más secos en la cuenca del río Chicama. SPI a 06 meses. Periodo 1981 – 2020

Año	SPI _{val_min}
1992	-3.52
1985	-2.66
2004	-2.64
2005	-2.5
1990	-2.44
1991	-2.18
2020	-2.13
2018	-1.74
2016	-1.64
1995	-1.59

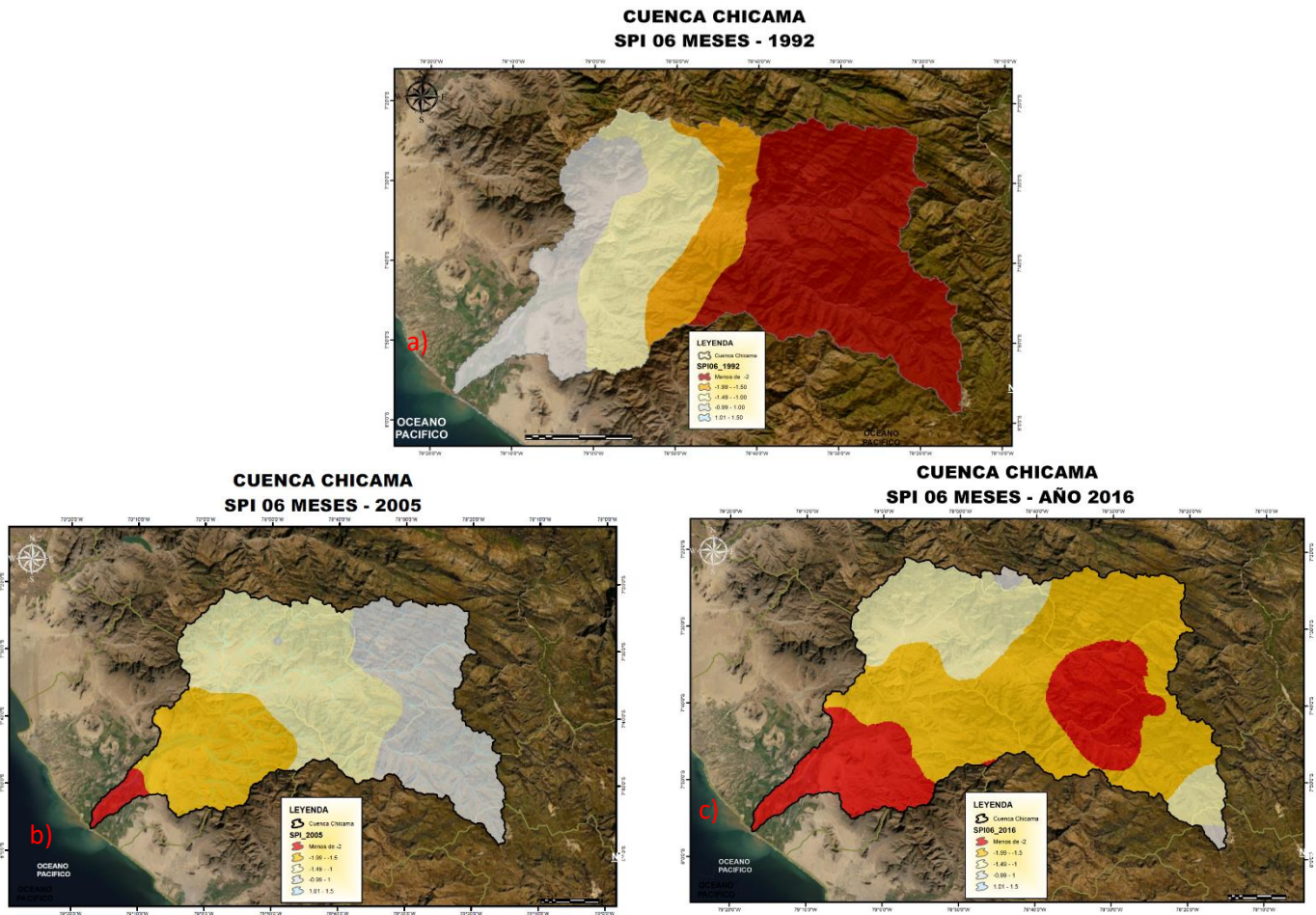


Figura 45. Resultados de la caracterización espacial con el SPI a 06 meses para: a) Año 1992 b) Año 2005 c) Año 2016

Adicionalmente, se presenta el análisis espacial realizado en base a los resultados obtenidos en base a la Tabla N°19 (SPI a 06 meses), los demás estarán agregados como Anexos.

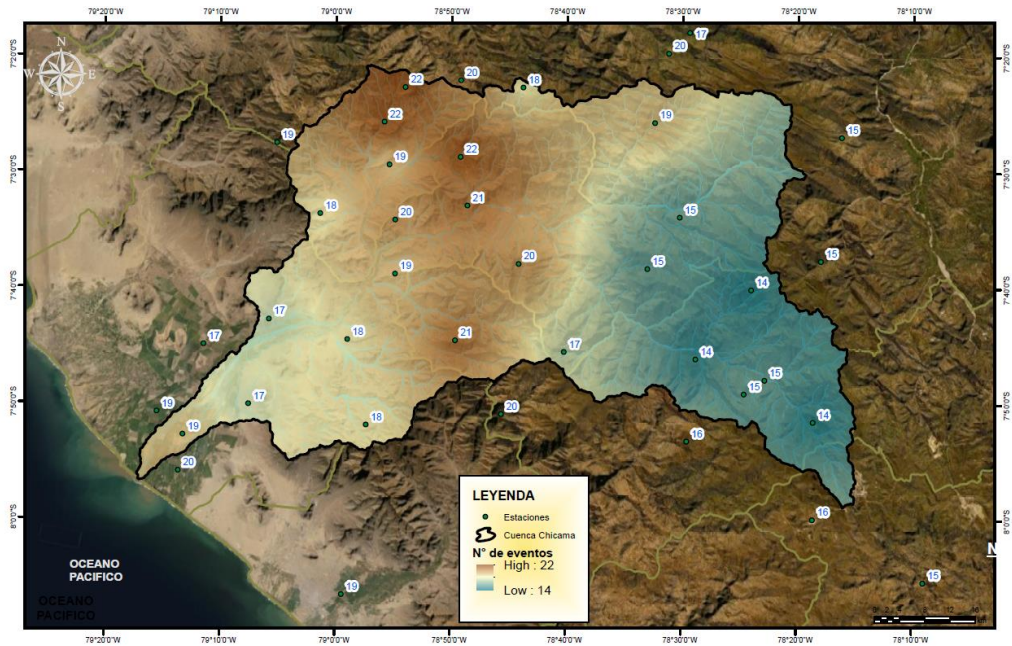


Figura 46. Número de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 06 meses

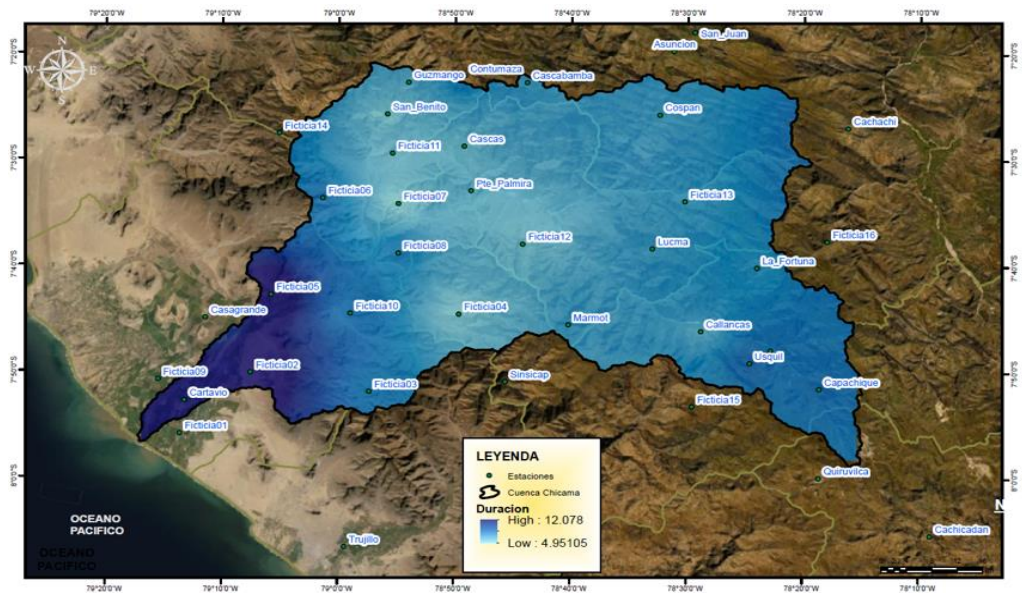


Figura 47. Duración de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 06 meses

De las Figuras 46 y 47, se puede observar que tanto el número de eventos, así como la duración de los mismos, son muchos recurrentes en la parte media y baja de la cuenca.

En cuanto a la intensidad de los eventos, en la Figura 48, se representa el análisis realizado mostrando que las intensidades de las sequías son más severas en la parte baja de la cuenca, moderada en la parte media y leve en la parte alta.

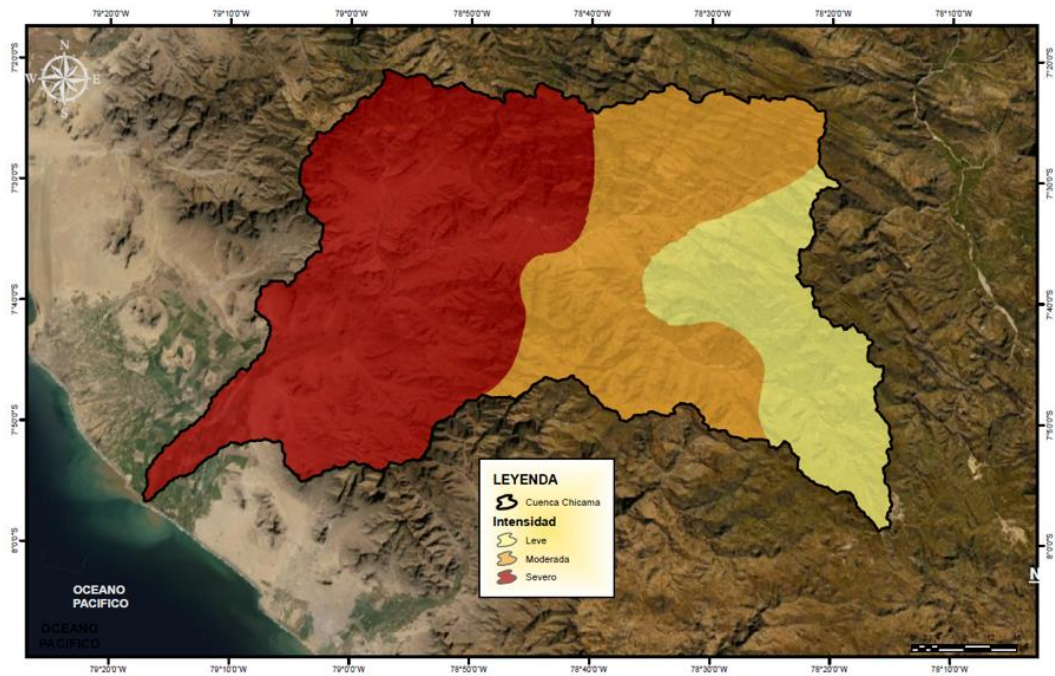


Figura 48. Mapa de intensidad de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 06 meses

4.7.CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS: SPI 12 MESES

En la Tabla 24, mostramos los resultados obtenidos para el SPI a 12 meses en las 39 estaciones empleadas, en donde se puede visualizar el número de eventos, así como la duración y la intensidad son más susceptibles en la zonas baja y media de la cuenca.

Tabla 24. SPI a 12 Meses. Resumen de los eventos de sequías y sus características

<i>Estación</i>	Nº eventos	Duración	Intensidad	Severidad
Asuncion	4	27.25	-1.99	34.35
Cachachi	6	21.00	-2.06	26.05
Callancas	5	22.8	-1.9	27.86
Capachique	6	18.83	-1.95	26.59
Casagrande	3	29.00	-1.44	22.54
Cascabamba	6	26.17	-1.67	25.32
Cascas	5	19.80	-1.76	21.73
Contumaza	6	19.67	-1.66	20.83
Cospan	6	20.33	-1.62	22.71
Guzmango	7	16.71	-1.64	18.24
La_Fortuna	4	22.25	-2.32	33.44
Lucma	4	26.00	-2.01	34.16
Marmot	4	22.00	-2.07	30.15
Pte_Coina	7	18.14	-1.78	22.11
Pte_Palmira	7	17.14	-1.36	16.77
Quiruvilca	6	15.83	-2.08	22.68
San_Benito	5	20.60	-1.58	20.10
San_Juan	5	22.20	-2.27	28.17
Sinsicap	6	19.67	-1.49	18.58
Cachicadan	6	16.17	-2.06	22.80
Usquil	5	20.00	-1.79	24.67
Cartavio	6	17.17	-1.65	18.80
Trujillo	7	15.29	-1.68	21.33
Fic01	9	14.78	-1.45	14.31
Fic02	7	17.71	-1.55	20.35
Fic03	5	29.40	-1.66	28.17
Fic04	6	18.67	-1.61	19.82
Fic05	5	28.40	-1.66	28.49
Fic06	5	29.00	-1.51	23.11
Fic07	6	19.67	-1.54	17.89
Fic08	5	29.00	-1.63	24.29
Fic09	7	17.14	-1.45	19.23
Fic10	5	27.00	-1.68	26.27
Fic11	6	18.67	-1.50	17.55
Fic12	6	18.83	-1.60	20.78
Fic13	5	23.20	-1.75	27.74
Fic14	6	22.00	-1.38	17.68

<<Continuación>>

Fic15	6	20.00	-1.74	24.64
Fic16	6	19.50	-1.94	24.33

Esto también es reflejado en la Figura 49.

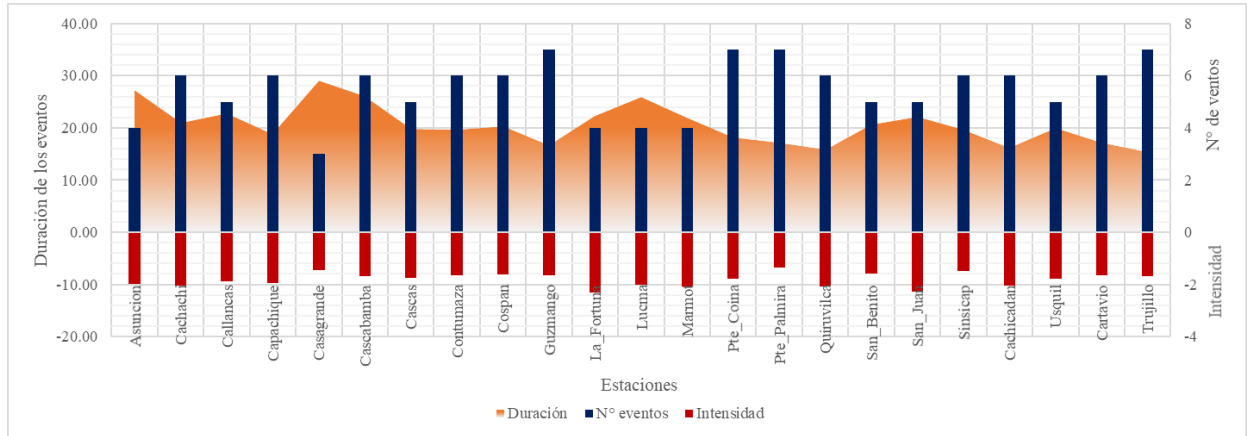
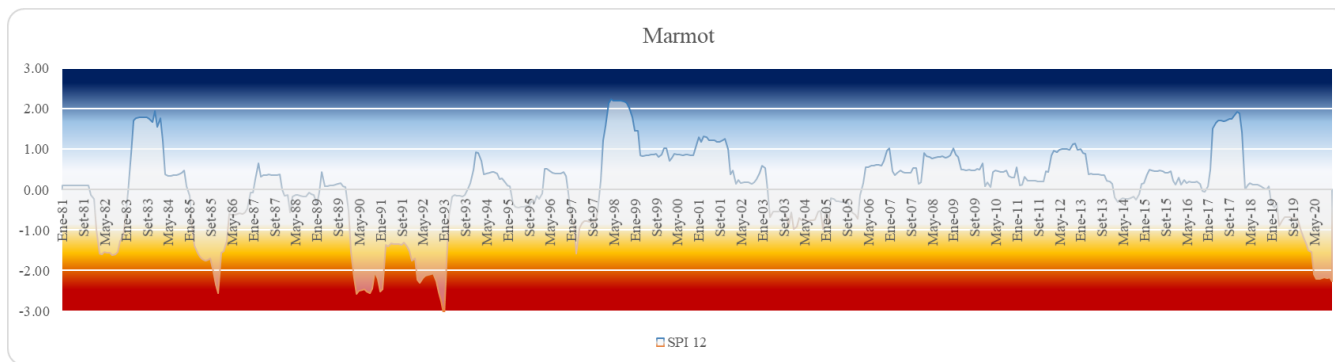
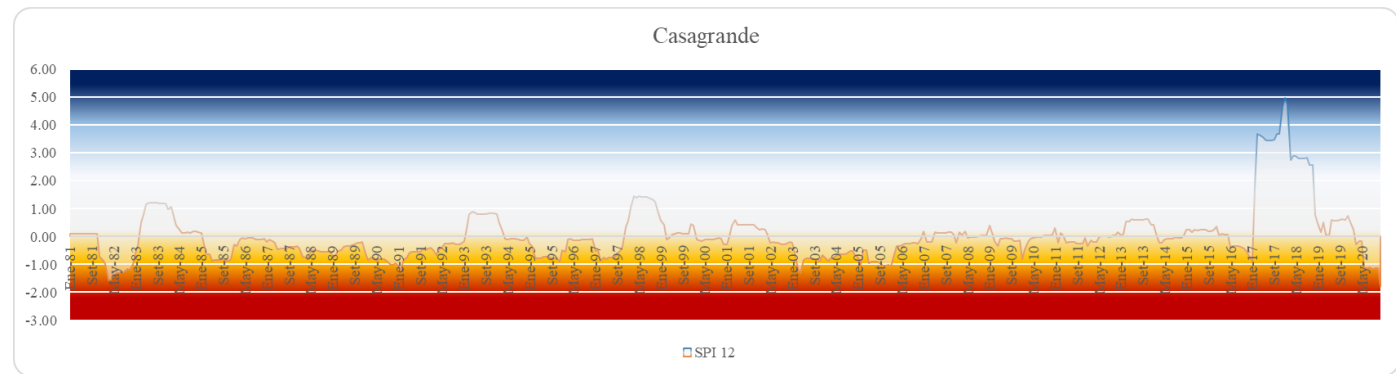
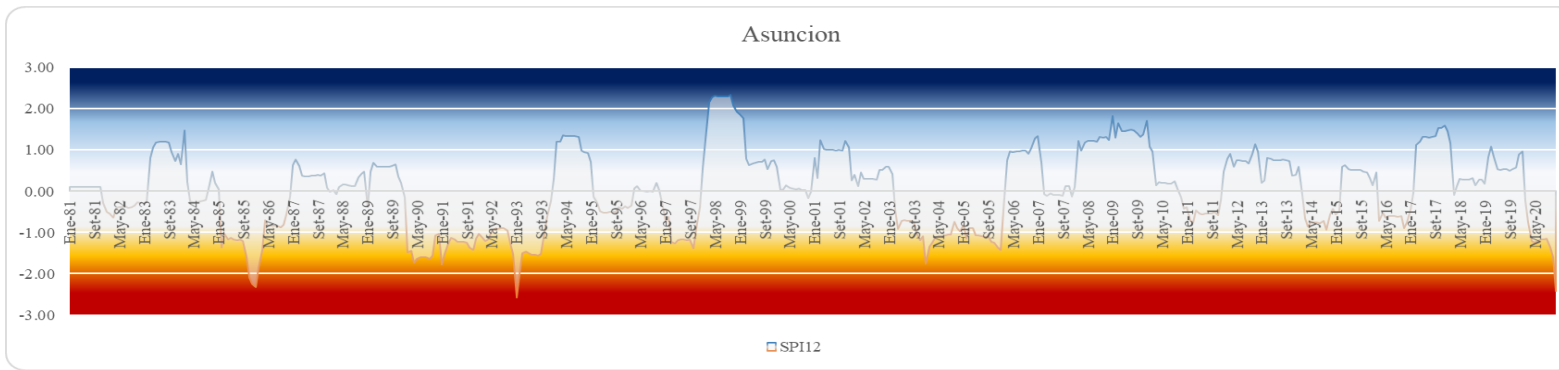


Figura 49. Resultados gráficos de los parámetros del SPI a 12 meses

Tabla 26. Resultados gráficos SPI a 12 meses



En cada una de las estaciones utilizadas se identificó los eventos de sequías, y se caracterizó dichos eventos, tomando como ejemplo la estación Asunción (Tabla 27).

Tabla 27. Caracterización de sequías. Estación Asunción

Resultados Est. Asunción: SPI 12 meses						
Eventos	Inicio	Termino	Duración	Intensidad	Magnitud	Clasificación
1	1985-02-01	1987-01-01	23	-2.28	-28.46	Extremadamente Seco
2	1990-02-01	1994-01-01	47	-2.52	-64.56	Extremadamente Seco
3	1997-03-01	1998-01-01	10	-1.45	-11.62	Moderadamente Seco
4	2003-10-01	2006-03-01	29	-1.72	-32.76	Severamente Seco

Como se puede observar en la Tabla adjunta en la estación Asunción, el 50 por ciento de los eventos fue caracterizados como “extremadamente secos”, 25 por ciento como “moderadamente secos” y 25 por ciento como “severamente secos”.

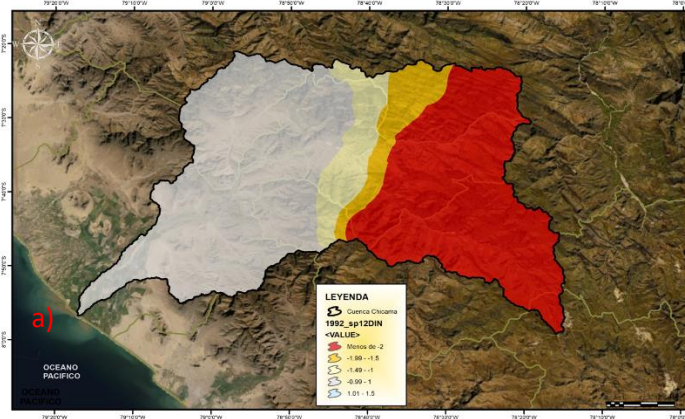
A continuación, se presenta la caracterización de los años más secos para el periodo de 1981 -2020, tomando como ejemplo los resultados del SPI a 12 meses.

Tabla 28. Caracterización de los años más secos en la cuenca del río Chicama. SPI a 12 meses. Periodo 1981 – 2005

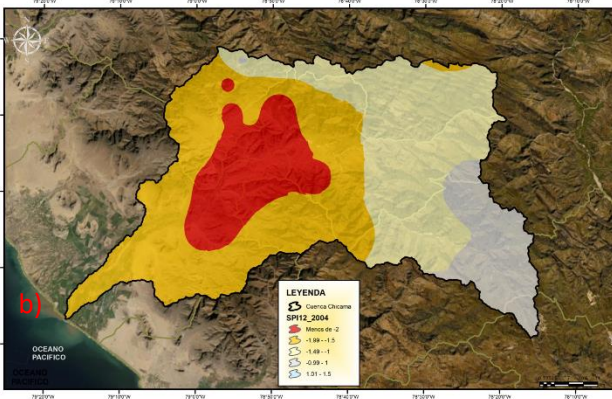
Año	SPI _{val_min}
1992	-3.7
1990	-2.52
1985	-2.29
1991	-2.12
2004	-2.02
2020	-1.95
1995	-1.8
1997	-1.77
1993	-1.75
2018	-1.68

En la Figura 50, se muestran los años más, en base a la caracterización espacial del SPI a 12 meses.

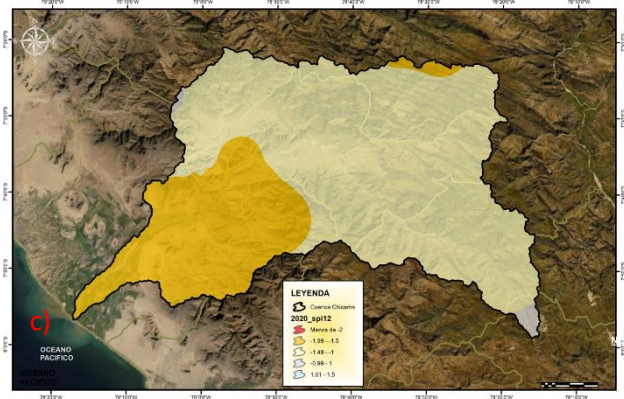
**CUENCA CHICAMA
SPI 12 MESES - AÑO 1992**



**CUENCA CHICAMA
SPI 12 MESES - AÑO 2004**



**CUENCA CHICAMA
SPI 12 MESES - AÑO 2020**



**Figura 50. Resultados de la caracterización espacial con el SPI a 12 meses para:
a) Año 1992 b) Año 2004 c) Año 2020**

Adicionalmente, se presenta el análisis espacial realizado en base a los resultados obtenidos en base a la Tabla N°24 (SPI a 12 meses), los demás estarán agregados como Anexos.

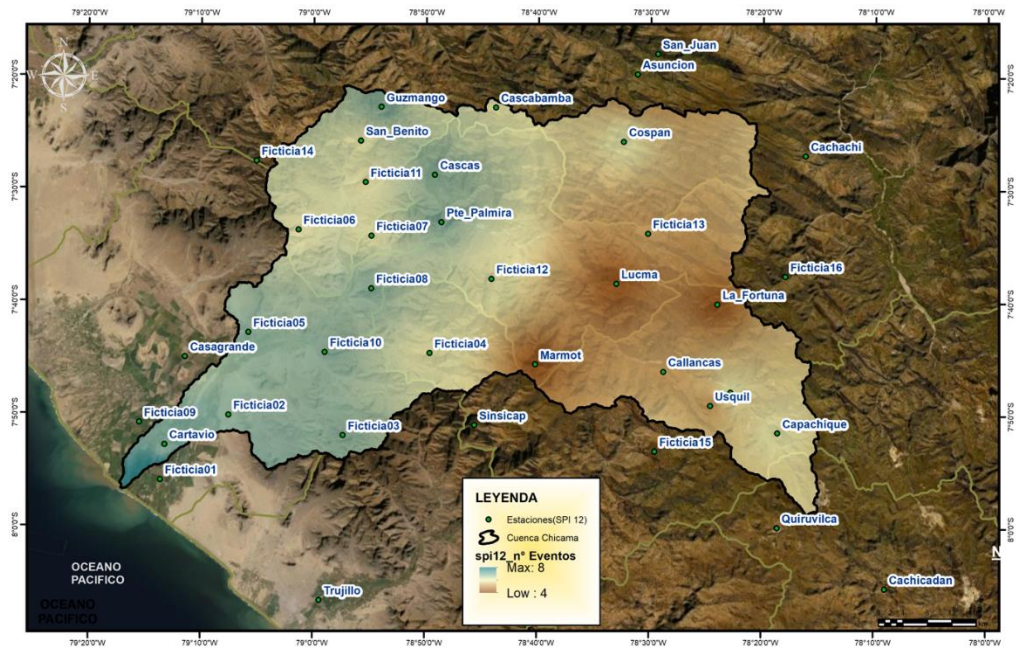


Figura 51. Número de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 12 meses

De las Figura 51, se puede observar que el número de eventos, registrados por el SPI a 12 meses, son mucho más recurrentes en la parte baja de la cuenca que en la parte media y alta de la cuenca

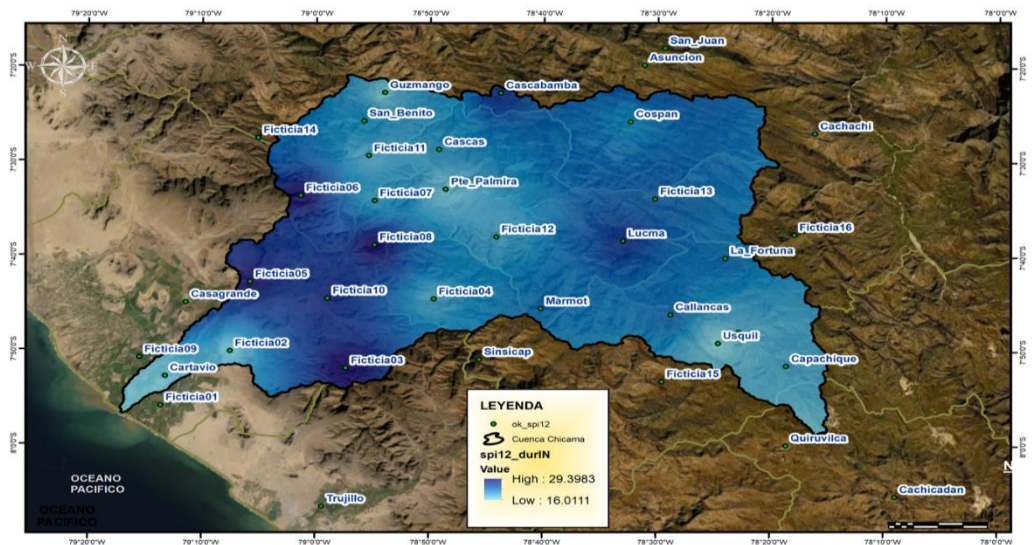


Figura 52. Duración de eventos de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 12 meses

De las Figuras 52, se puede observar que la duración de los eventos de sequías, para el SPI a 12 meses es mucho mayor en la zona baja que en la zona media y alta de la cuenca.

En la Figura 53, se muestra el análisis espacial de la intensidad de los eventos, respecto al SPI a 12 meses, mostrando que las intensidades de las sequías son más severas en la parte baja de la cuenca y moderada en la parte media y alta.

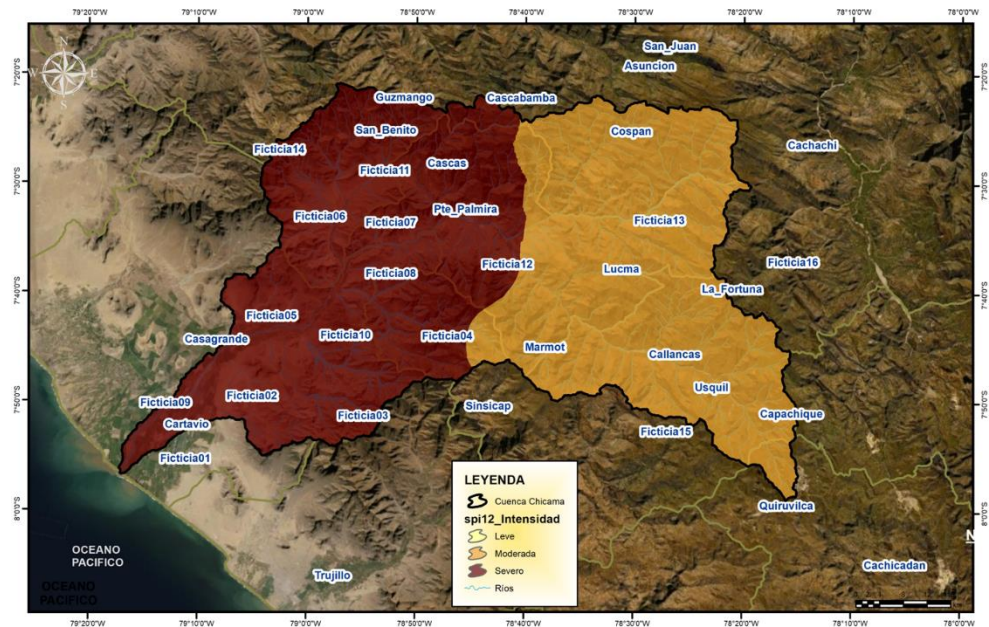
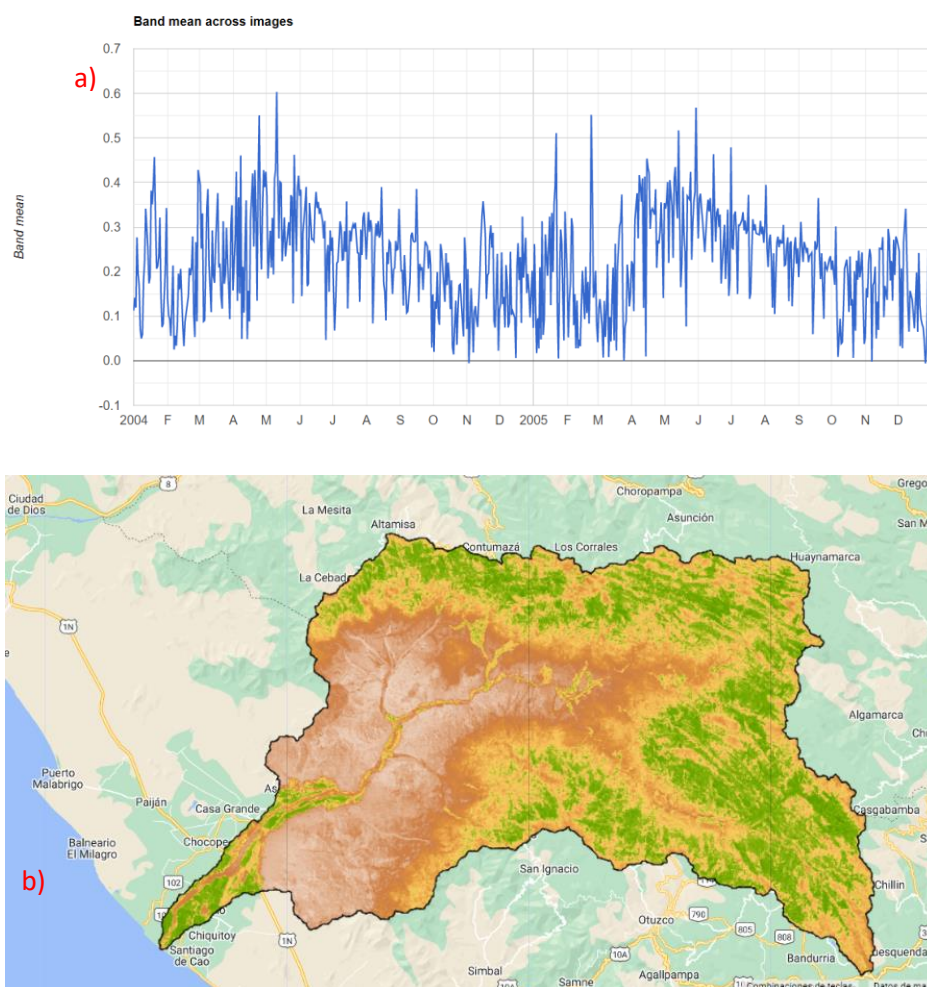


Figura 53. Mapa de intensidad de sequías en la cuenca del río Chicama, para el SPI a 12 meses

4.8. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS AGRONÓMICAS: POR EL NDVI

Los SIG y la teledetección ahora son ampliamente reconocidos como una herramienta valiosa para administrar, analizar y mostrar grandes volúmenes de datos diversos pertinentes a muchas planificaciones locales y regionales (Ozyavuz et al., 2015), es por ello que, en este apartado se observará los resultados obtenidos de la caracterización de las sequías agronómicas por el índice normalizado de vegetación (NDVI), a partir del uso de las imágenes LANDSAT 8, además del MODIS, estos pueden ser observados en la Tabla 28, mostrando que los años más secos, es decir, en los que se detectó estrés hídrico en la vegetación son, en orden cronológico: 2001, 2003, 2004 - 2005, 2010 - 2011 y 2020.



**Figura 54. Resultados MODIS 2004 – 2005. a) Resultados gráficos
b) Resultados espaciales**

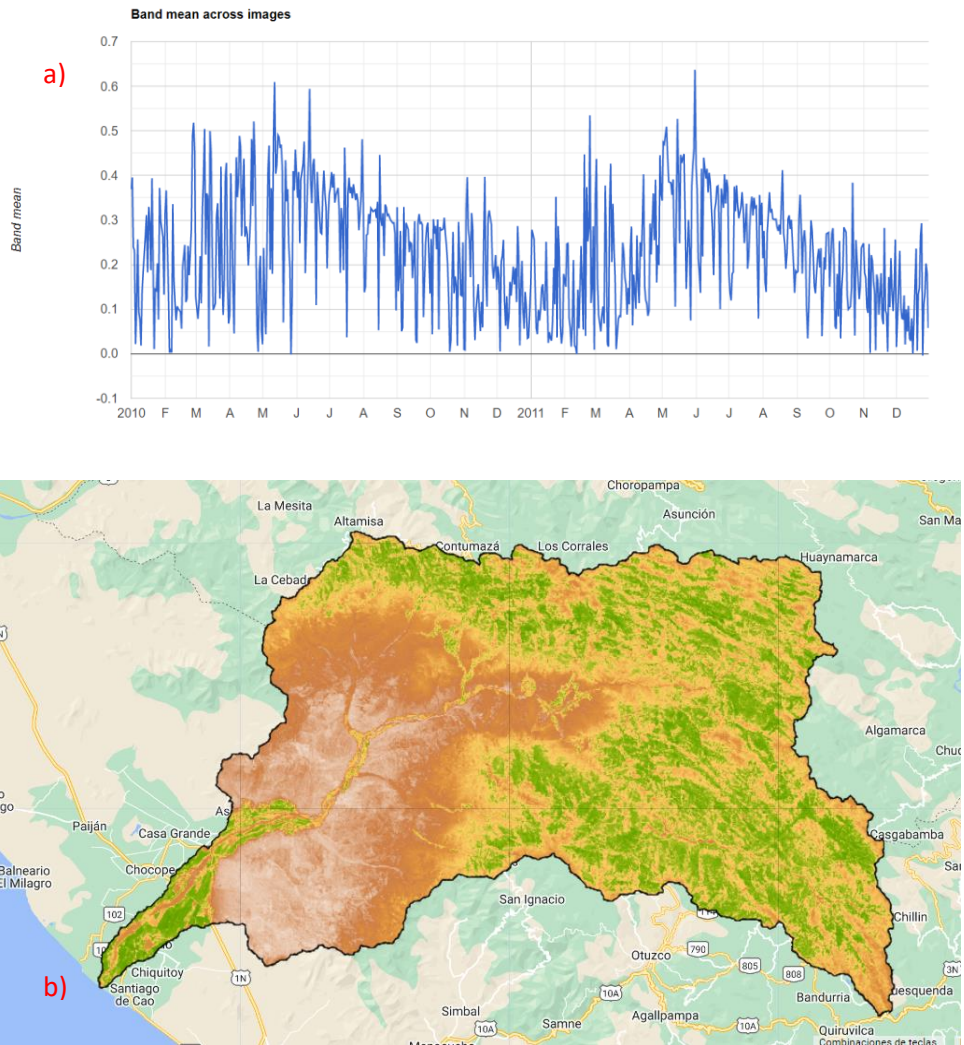
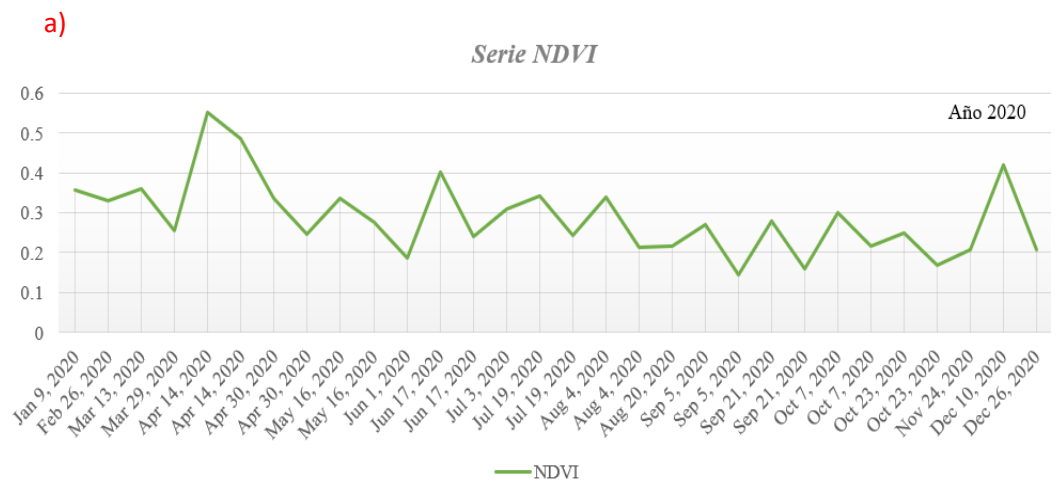


Figura 55. Resultados MODIS 2010 – 2011. a) Resultados gráficos b) Resultados espaciales



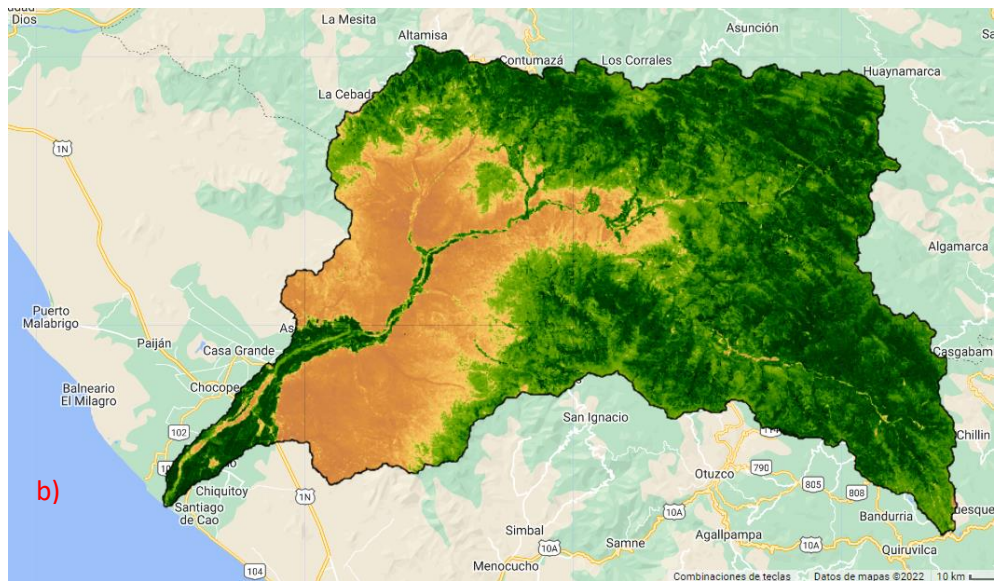


Figura 56. Resultados NDVI 2020. a) Resultados gráficos b) Resultados espaciales

El análisis espacial observados son basados en la Tabla 29 y 30 y gráficamente en las Figura 57 y 58, donde los tintes naranja-amarillo indican estrés hídrico en la vegetación, el suelo desnudo por lo general cae dentro del rango de 0 a 0.1; y las plantas siempre tendrán valores positivos entre 0.1 y 1. El dosel de vegetación denso y saludable debe estar por encima de 0,5, y la vegetación escasa probablemente estará entre 0.1 y 0.5 (Earth Observing System 2019). En la cuenca Chicama se puede observar que las áreas principalmente afectadas por las sequías agronómicas se encuentran ubicados en la parte baja y media de la cuenca mientras que la parte alta se observa un tono de verde indicando las zonas cubiertas de vegetación normal a densa.

Tabla 29. Matriz de resultados del NDVI

NDVI	Mes											
	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
2000	0.43	0.34	0.42	0.41	0.34	0.31	0.32	0.31	0.32	0.25	0.34	0.36
2001	0.34	0.37	0.39	0.35	0.37	0.30	0.32	0.34	0.35	0.29	0.27	0.34
2002	0.32	0.37	0.35	0.31	0.25	0.22	0.19	0.15	0.17	0.14	0.12	0.25
2003	0.29	0.30	0.25	0.23	0.24	0.21	0.22	0.18	0.23	0.26	0.27	0.23
2004	0.23	0.27	0.24	0.29	0.29	0.27	0.29	0.27	0.20	0.27	0.19	0.15
2005	0.21	0.19	0.17	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.20	0.17	0.20	0.17
2006	0.27	0.27	0.28	0.37	0.38	0.35	0.31	0.32	0.27	0.29	0.33	0.32
2007	0.36	0.32	0.26	0.29	0.36	0.36	0.30	0.24	0.29	0.28	0.27	0.32
2008	0.42	0.41	0.36	0.29	0.38	0.36	0.33	0.27	0.25	0.27	0.29	0.41
2009	0.35	0.34	0.37	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.14	0.13	0.12	0.15
2010	0.20	0.29	0.25	0.29	0.27	0.25	0.24	0.23	0.21	0.19	0.18	0.14
2011	0.32	0.36	0.29	0.30	0.37	0.33	0.28	0.27	0.29	0.31	0.34	0.32
2012	0.37	0.34	0.32	0.30	0.37	0.36	0.34	0.27	0.25	0.30	0.30	0.34
2013	0.32	0.30	0.33	0.34	0.33	0.35	0.34	0.27	0.32	0.26	0.34	0.22
2014	0.29	0.48	0.43	0.35	0.36	0.34	0.29	0.23	0.31	0.31	0.36	0.36
2015	0.32	0.31	0.32	0.29	0.26	0.27	0.23	0.25	0.18	0.24	0.25	0.23
2016	0.27	0.29	0.32	0.22	0.23	0.20	0.19	0.18	0.15	0.17	0.21	0.32
2017	0.68	0.59	0.74	0.66	0.54	0.48	0.45	0.39	0.37	0.27	0.29	0.33
2018	0.32	0.44	0.36	0.34	0.39	0.42	0.26	0.29	0.26	0.25	0.24	0.29
2019	0.45	0.34	0.36	0.39	0.37	0.33	0.27	0.31	0.30	0.24	0.41	0.32
2020	0.30	0.27	0.26	0.34	0.32	0.23	0.19	0.17	0.15	0.19	0.23	0.27

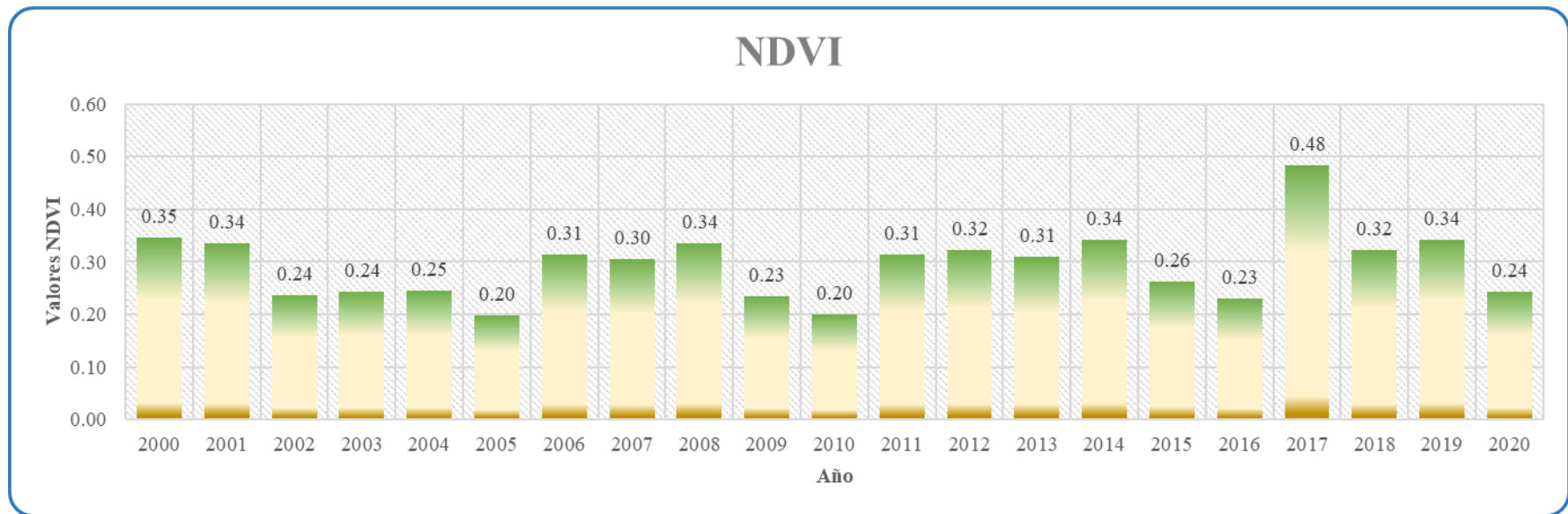
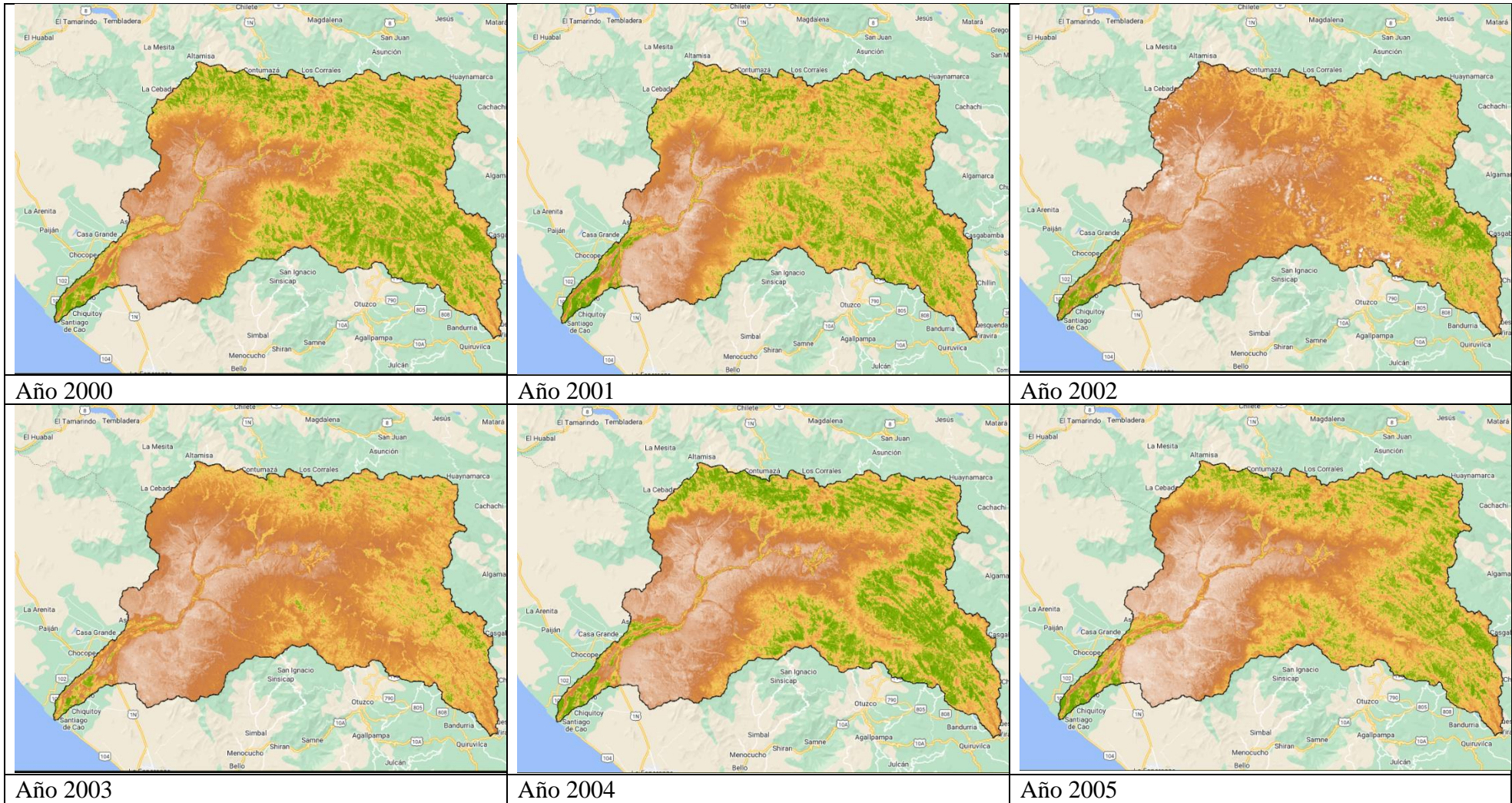
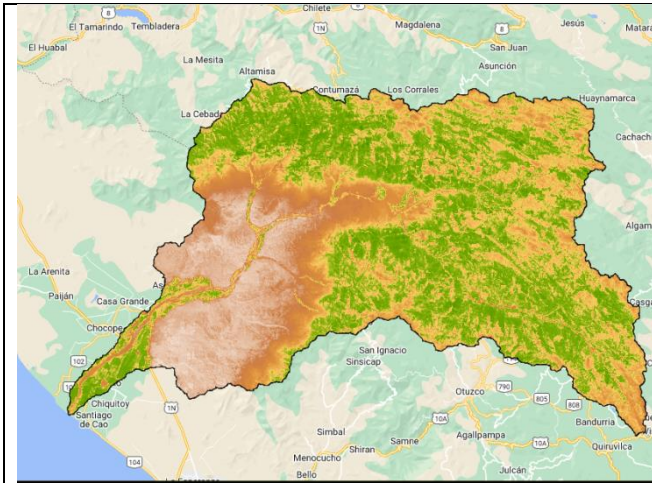


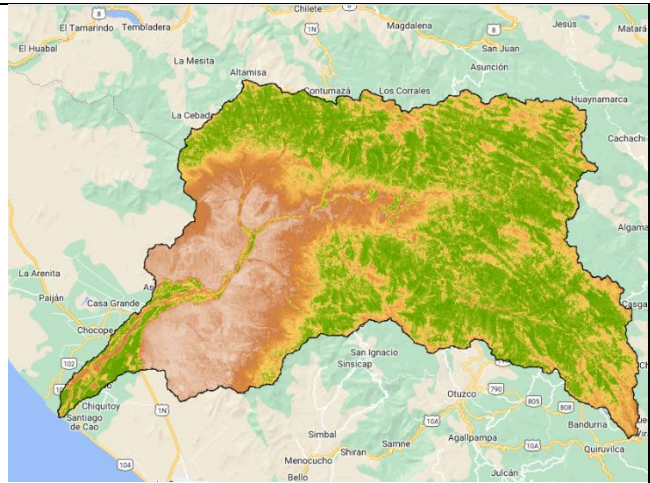
Figura 57. Resultados NDVI anuales (Periodo 2000 – 2020)

Tabla 30. Análisis espacial de las sequías agronómicas (Landsat 5)

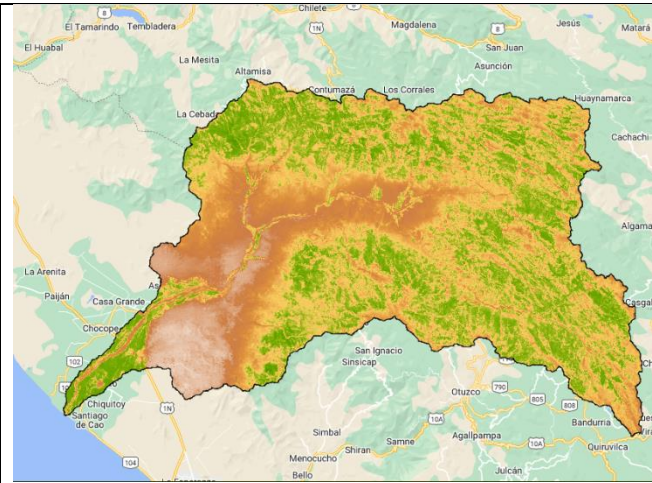




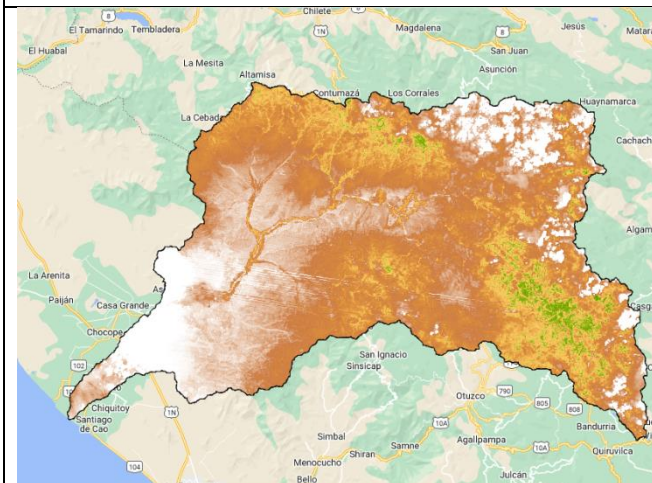
Año 2006



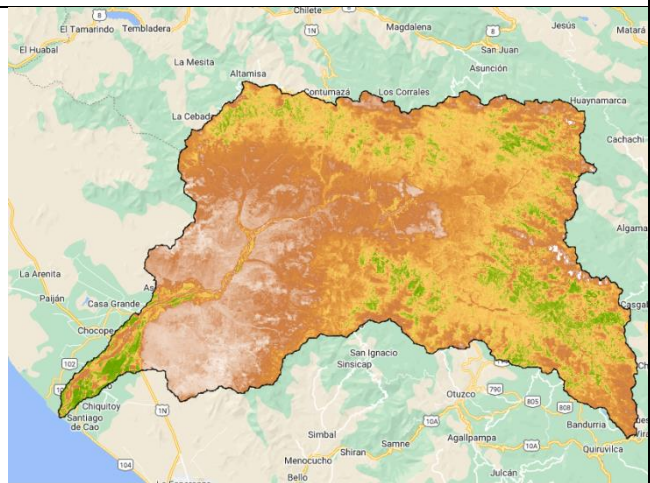
Año 2007



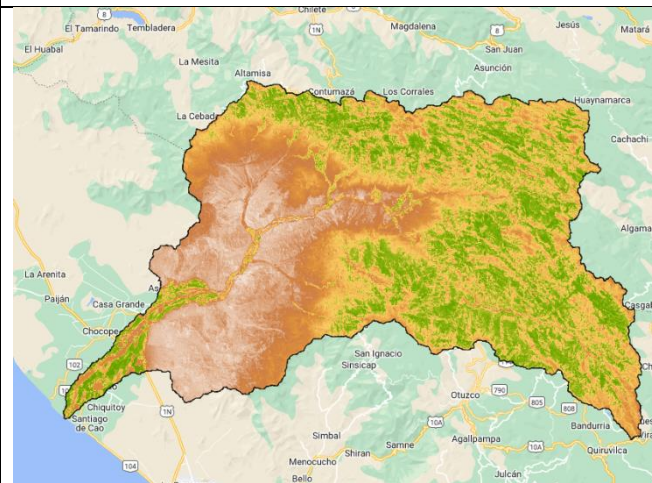
Año 2008



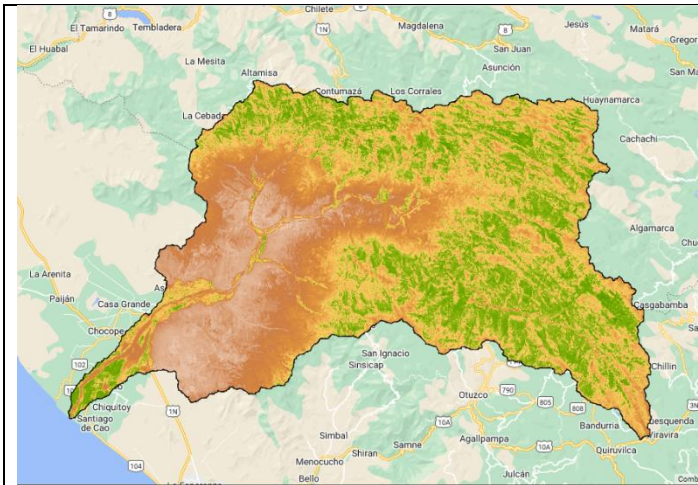
Año 2009



Año 2010

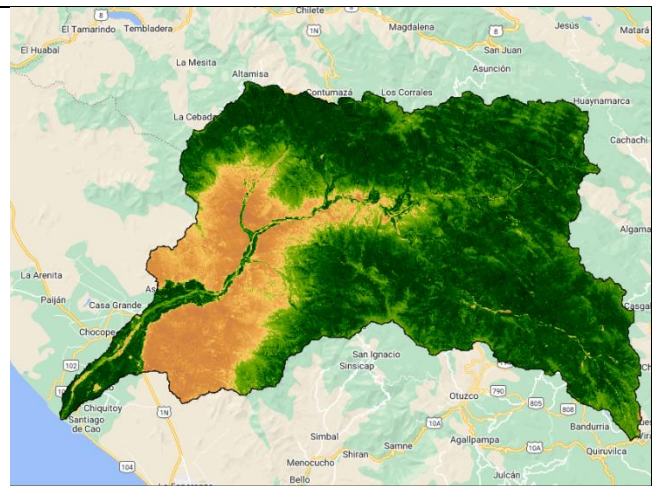
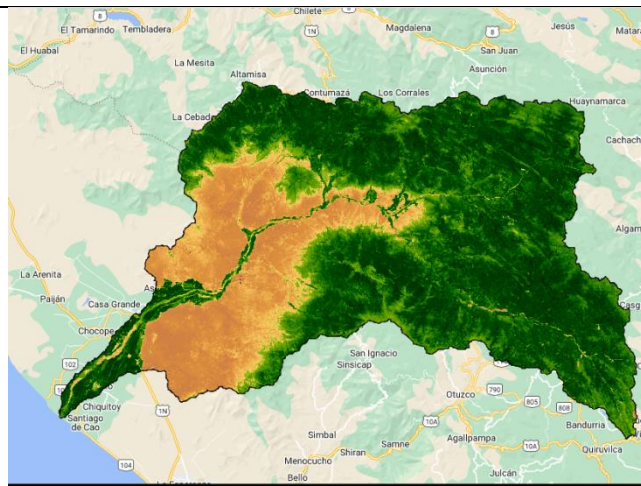
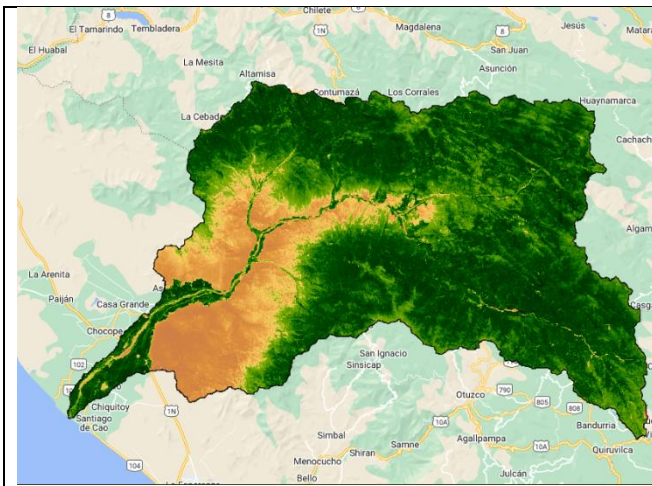


Año 2011

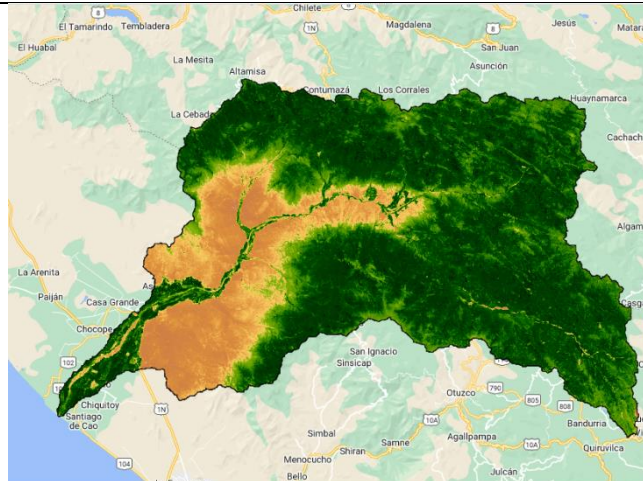


Año 2012

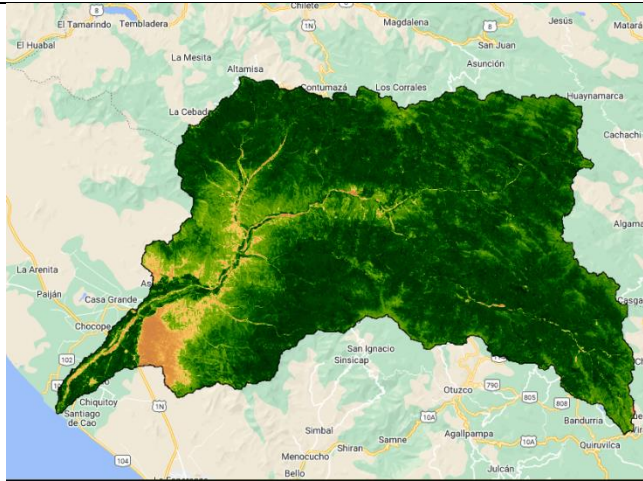
Tabla 31. Análisis espacial de las sequías agronómicas (Landsat 8)



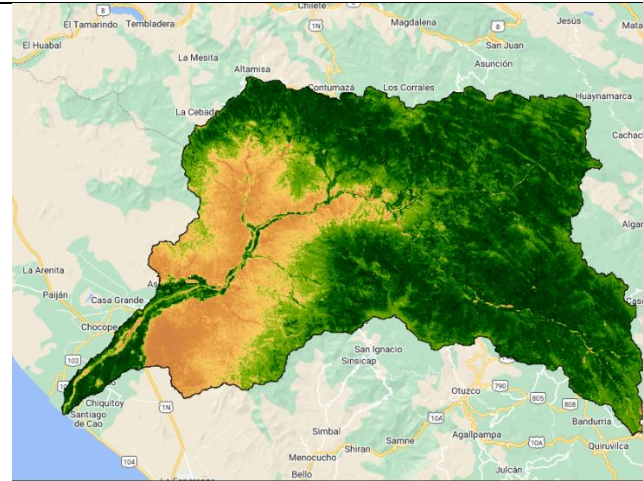
Año 2013



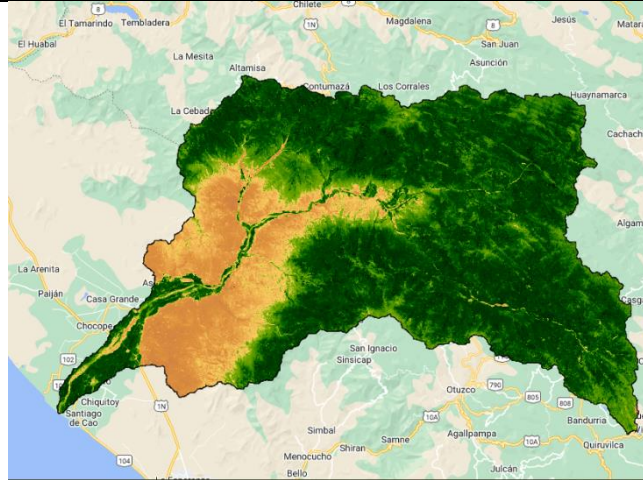
Año 2014



Año 2015



Año 2016



Año 2017



Año 2018



Año 2019

Año 2020

4.9. CARACTERIZACIÓN DE SEQUÍAS AGRONÓMICAS: POR EL NDWI

En este apartado se observará los resultados obtenidos de la caracterización de las sequías agronómicas por el índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), a partir del uso de las imágenes LANDSAT 8 y LANDSAT 5.

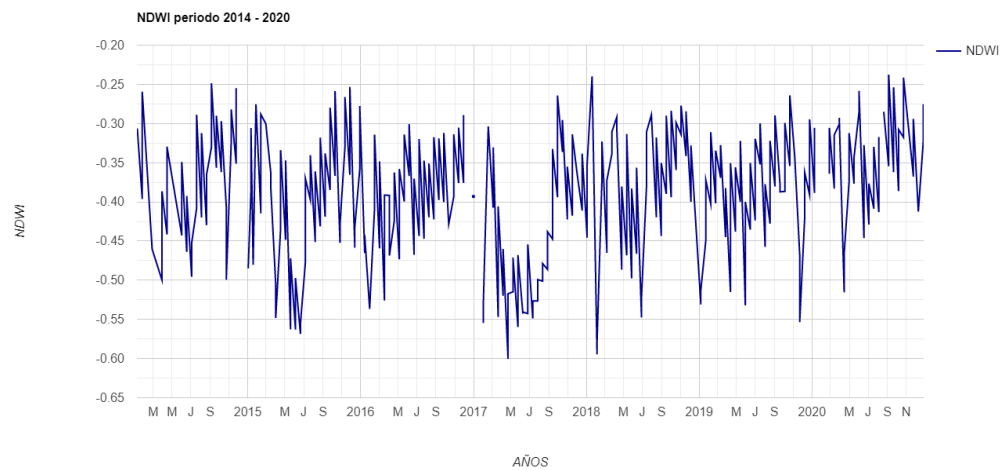


Figura 58. Resultados del NDWI para LANDSAT 8. Periodo 2014 – 2020

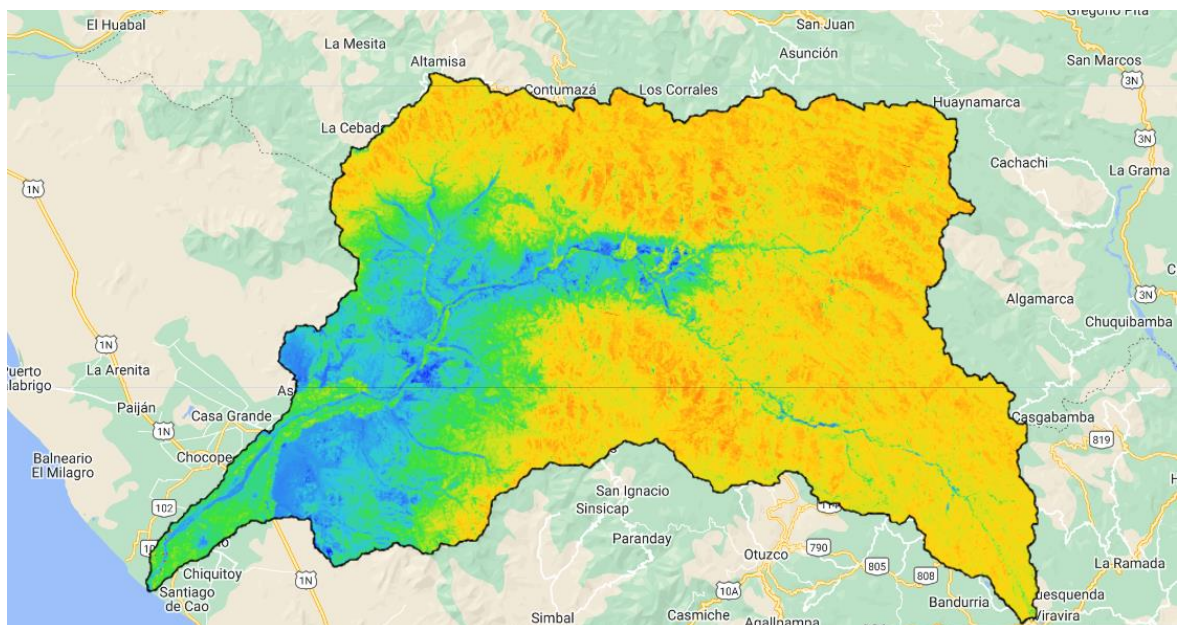


Figura 59. Resultados del NDWI, para LANDSAT 5. Periodo 2000 - 2012

El análisis espacial observados son basados en la Tabla 31 y gráficamente en las Figura 60, los valores más altos que se acercan a +1 suelen aparecer en azul y corresponden a un alto contenido de agua, mientras que los valores más bajos hasta -1 son signos reveladores de condiciones de sequía. De la Tabla 32, se puede observar que, los años 2004, 2005, 2010, 2016 y 2020 fueron los presentaron los valores más bajos. Contrastando los resultados mostrados por el NDVI (Figura 60).

Tabla 32. Matriz de resultados del NDWI

NDWI	Mes											
	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
2000	0.15	0.18	0.06	0.35	0.31	0.28	0.29	0.21	0.17	0.13	0.13	0.18
2001	0.19	0.15	0.13	0.23	0.29	0.32	0.32	0.07	0.33	0.25	0.15	0.29
2002	0.27	0.24	0.19	0.18	0.24	0.28	0.11	0.14	0.16	0.08	0.19	0.18
2003	-0.35	-0.32	-0.37	-0.29	-0.23	-0.24	-0.33	-0.32	-0.29	-0.28	-0.39	0.18
2004	-0.12	-0.15	-0.19	-0.34	-0.29	-0.32	-0.31	-0.38	-0.45	-0.33	-0.37	-0.36
2005	-0.23	-0.19	-0.17	-0.22	-0.19	-0.38	-0.36	-0.45	-0.40	-0.23	-0.27	-0.23
2006	0.21	0.19	0.18	0.05	0.17	0.16	0.31	0.28	-0.05	0.21	0.18	0.26
2007	0.12	0.34	0.11	0.27	0.19	0.23	0.21	0.11	-0.06	0.26	0.16	0.23
2008	0.00	0.15	0.16	0.14	-0.13	0.17	0.33	-0.10	-0.12	-0.15	-0.18	-0.18
2009	0.22	0.19	0.18	0.05	0.17	0.16	0.30	-0.18	-0.15	-0.12	-0.20	-0.21
2010	-0.14	-0.16	-0.11	-0.23	-0.26	-0.19	-0.45	-0.30	-0.45	-0.40	-0.25	-0.20
2011	0.19	0.23	0.20	0.25	0.17	0.14	0.05	-0.12	-0.17	-0.09	-0.12	0.15
2012	0.10	-0.15	-0.24	0.21	-0.23	-0.17	-0.06	-0.13	-0.19	-0.23	-0.25	-0.19
2013	0.23	0.17	0.18	0.05	0.17	0.16	0.31	0.28	-0.05	0.21	0.18	0.26
2014	0.19	0.24	0.17	0.21	0.18	0.19	0.11	0.08	-0.01	-0.09	-0.19	0.10
2015	0.23	0.14	0.09	0.17	0.15	0.17	0.10	0.14	0.10	0.08	0.09	0.08
2016	0.10	-0.18	-0.23	-0.21	-0.23	-0.06	-0.13	-0.27	-0.39	-0.32	-0.25	-0.19
2017	0.42	0.39	0.57	0.34	0.25	0.15	0.10	0.23	0.18	0.22	0.25	0.19
2018	0.51	0.12	0.17	-0.19	-0.23	-0.24	-0.03	-0.10	-0.29	-0.28	-0.27	0.22
2019	0.31	0.30	0.21	0.23	-0.24	-0.32	-0.30	-0.32	-0.26	-0.34	-0.34	-0.29
2020	0.19	-0.10	-0.17	-0.17	-0.09	-0.18	-0.23	-0.35	-0.34	-0.38	-0.33	-0.27

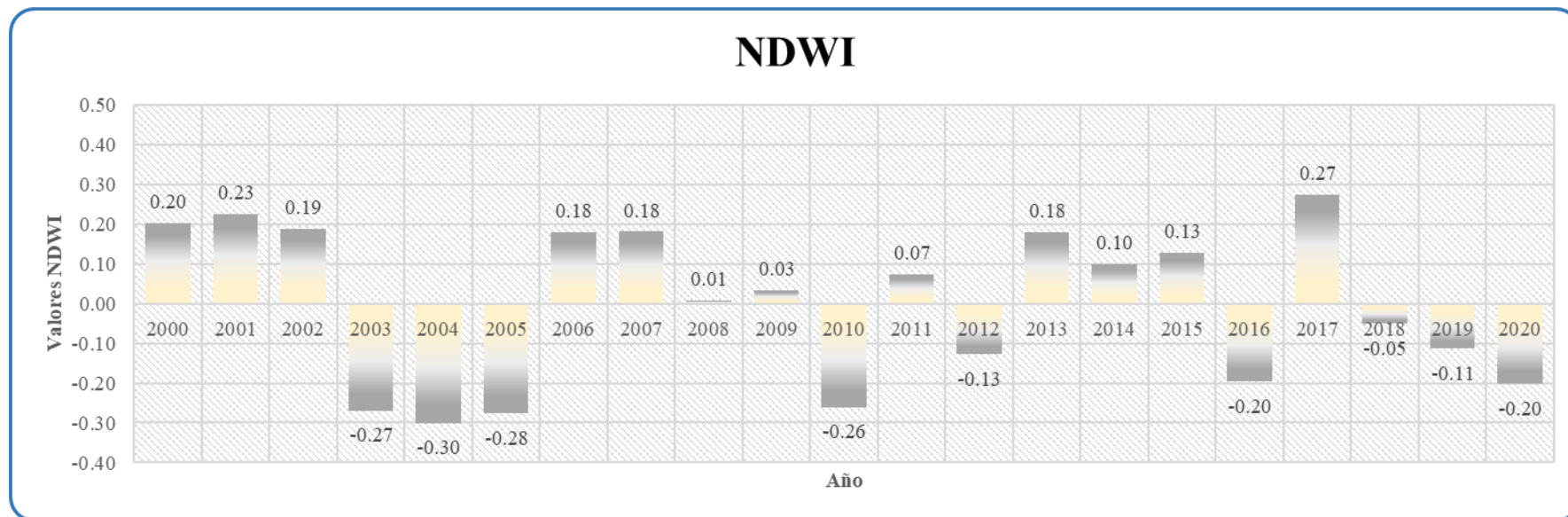


Figura 60. Resultados NDWI anuales (Periodo 2000 – 2020)

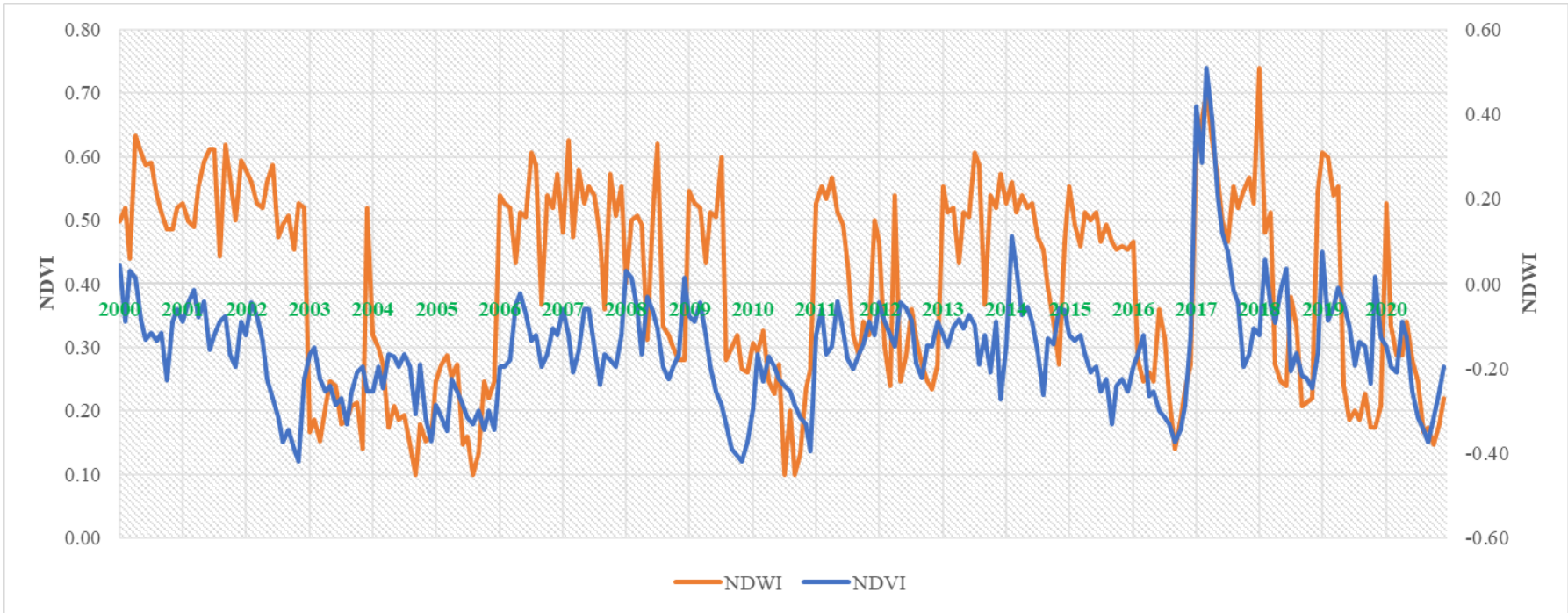


Figura 61. Correlación entre NDVI y NDWI

4.10. DETERMINACIÓN DEL BFI

La sequía hidrológica suele definirse como un período durante el cual aparecen caudales bajos en el cauce de un río. El origen de esto está íntimamente relacionado con la alimentación restringida, determinada por la falta de precipitaciones y alta evapotranspiración en verano o el corte de canales de drenaje por suelo helado (en invierno), donde la duración del período de alimentación restringida así como la relación entre la recesión y la tasa de recarga de los recursos hídricos subterráneos tienen un gran impacto en la evolución de un evento de sequía donde su duración y el volumen de escasez de agua son los factores más importantes para la estimación del nivel de la severidad de la sequía (Tomaszewski 2012), es por ello la necesidad de separar el flujo base de la escorrentía superficial. En este apartado se observará los resultados obtenidos de dicha separación y la posterior determinación del índice de flujo base (BFI), para luego identificar los periodos más secos en cada una de las estaciones hidrológicas presentadas en la Tabla 04. Los resultados aquí plasmados se centrarán los obtenidos en la estación Salinar, las demás serán colocadas como anexos.

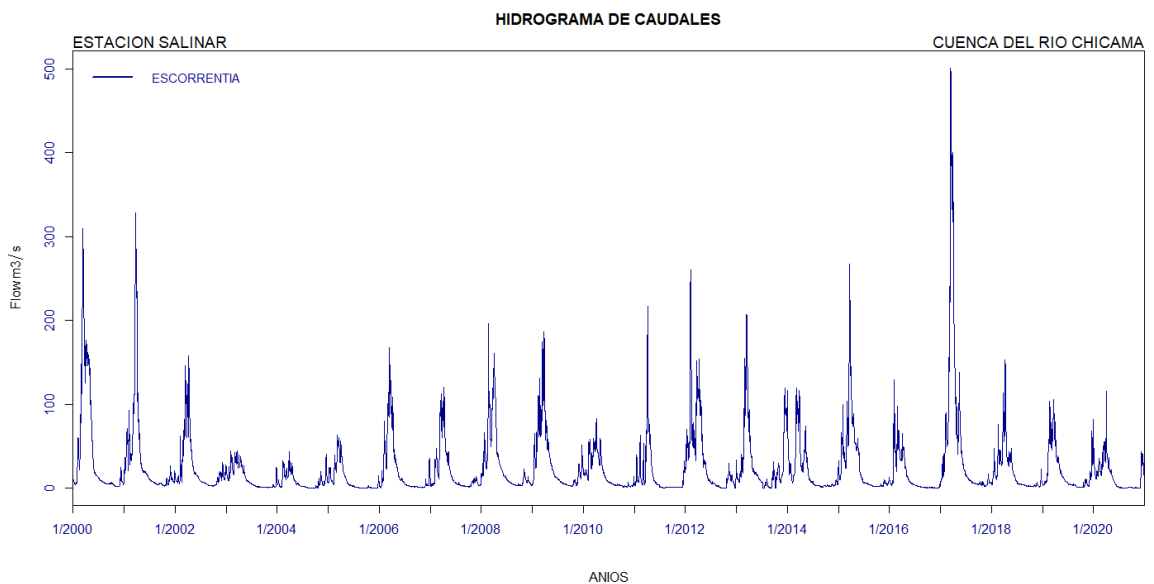


Figura 62. Hidrograma de la estación Salinar (Periodo de 2000 hasta 2020)

En base a los caudales diarios, se obtuvo la curva duración de flujo, la cual permitió determinar el umbral bajo el cual sucederán las sequías hidrológicas. En este caso se tomó Q75, de la curva duración de flujo (Figura 63), tomando la recomendación que se asuma que el umbral se puede derivar de una curva de duración del flujo, como el porcentaje de excedencia del rango de entre 70 por ciento (Q70) y 95 por ciento (Q95) (Hisdal *et al.* 2004).

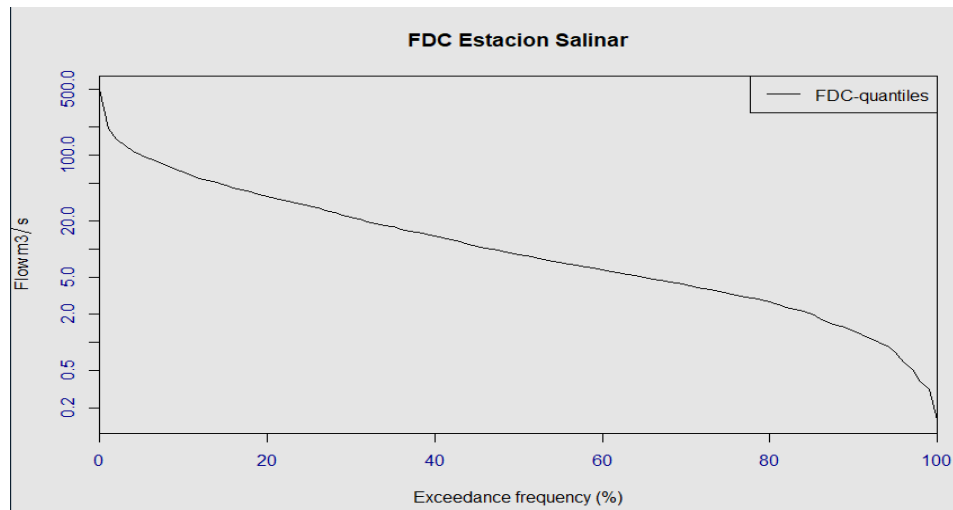


Figura 63. Curva duración de flujo de la estación Salinar

Del mismo modo, haciendo uso de los caudales diarios, se obtuvo la Figura 64 de $Q_{(i)}$ contra $Q_{(i-1)}$, donde los puntos se alinean a una línea recta y cuya pendiente es la constante de recesión, λ , para un $Q_{75} = 3.36 \text{ m}^3/\text{s}$

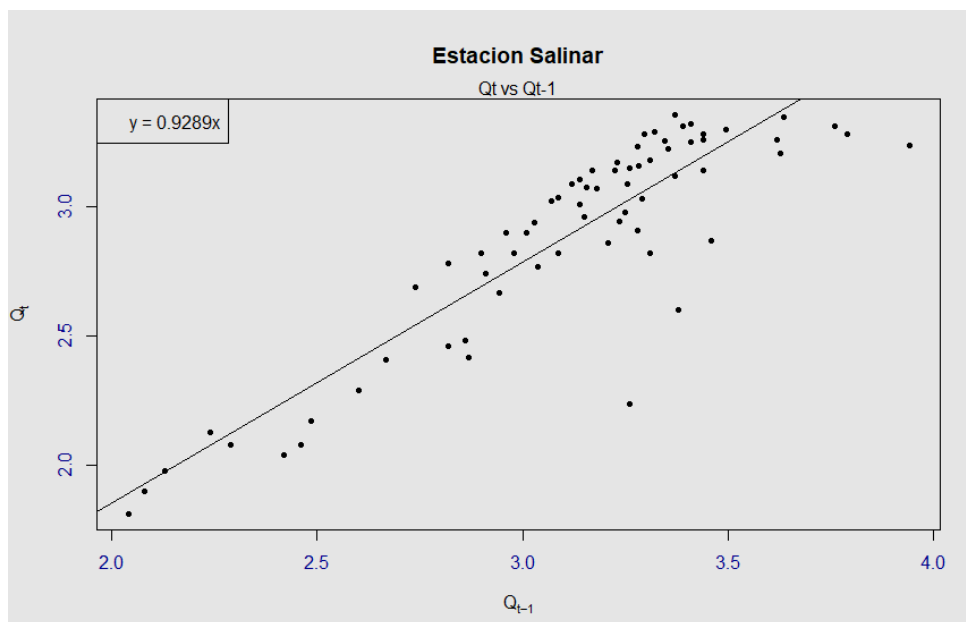


Figura 64. Constante de recesión

Es así que, se obtuvo la constante de recesión ($\alpha = 0.9289$). El BFI_{MAX} fue estimado a partir de la hidrogeología y morfología de la cuenca (Eckhardt 2005), es por ello que para la cuenca el valor obtenido de BFI_{MAX} fue de 0.62 (Tabla 11).

Teniendo en cuenta lo anterior, se pudo realizar la separación del flujo base, para lo cual se hizo uso de 05 diferentes métodos.

- Separación del flujo base, por el método de mínimos locales
- Separación del flujo base, por el método de intervalos ajustados
- Separación del flujo base, por el algoritmo de Chapman
- Separación del flujo base, por el algoritmo de Lyne & Hollick
- Separación del flujo base, por el algoritmo de Eckhardt

A continuación, se presentan los resultados gráficos de la separación de flujo base en la estación Salinar, haciendo uso de los métodos detallados anteriormente. Para el caso de las Figuras 65 y 66, la separación se basa en técnicas gráficas, en estimaciones que intentan comprender los incrementos del caudal debido a que carecen de una base física (Smakhtin 2001). Mientras las Figuras 66, 67 y 68, están basados en algoritmos numéricos o filtros digitales fueron elaborados para hacer eco de las ondas de alta frecuencia como flujo superficial y las ondas de baja frecuencia como si fuesen flujo base, a partir de hidrogramas, en forma reiterativa (Sully y Gómez 2016). La separación de las Figuras 70 y 71 toma una como referencia a la constante de recesión (α), mientras que la Figura 72, además de la constante de recesión al BFI_{MAX} .

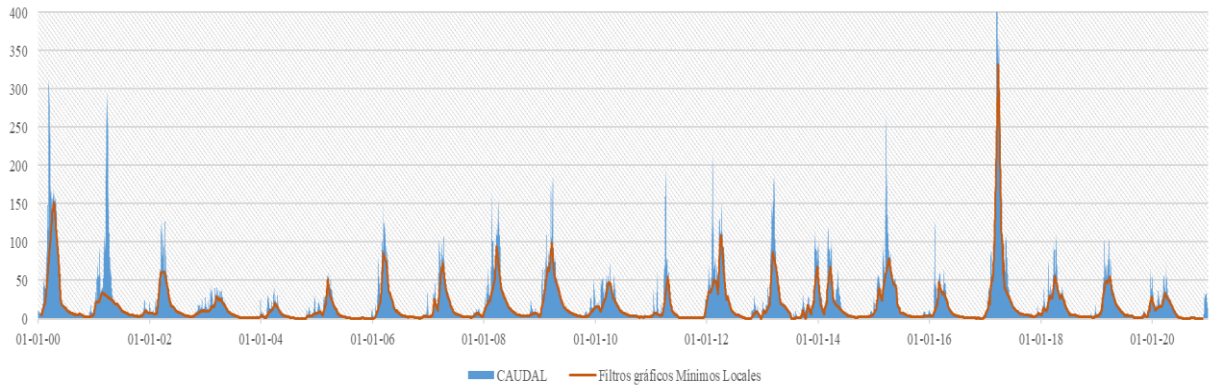


Figura 65. Separación del flujo base, por el método de mínimos locales

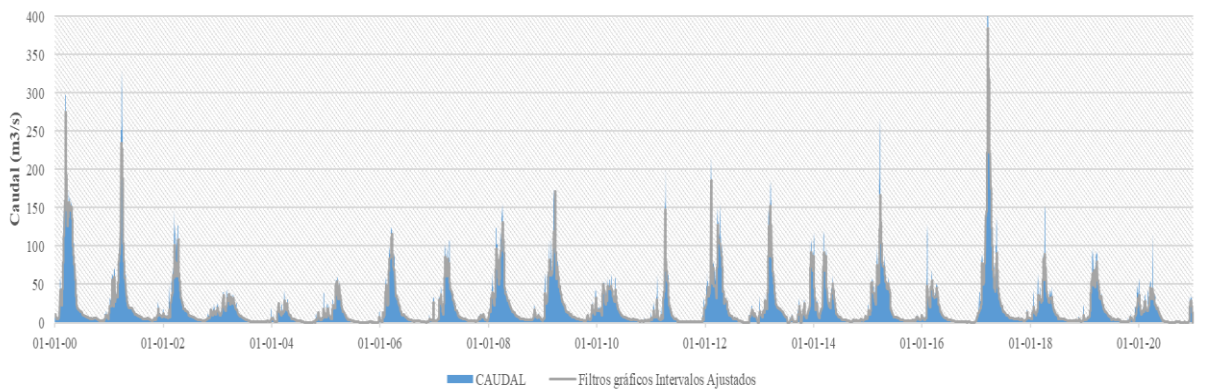


Figura 66. Separación del flujo base, por el método de intervalos ajustados

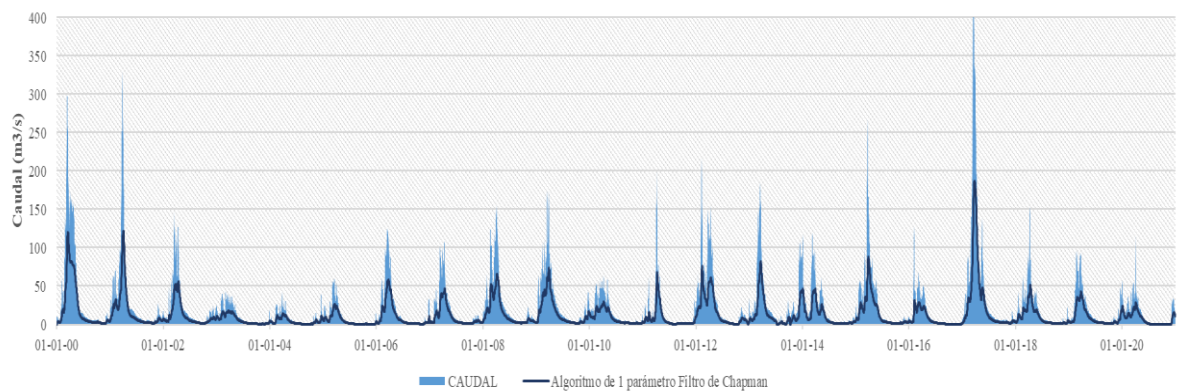


Figura 67. Separación del flujo base, por el algoritmo de Chapman

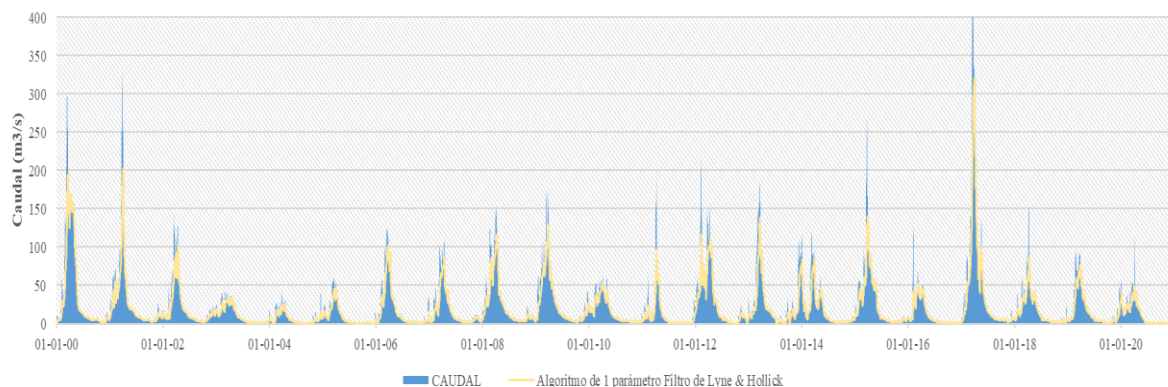


Figura 68. Separación del flujo base, por el algoritmo de Lyne & Hollick

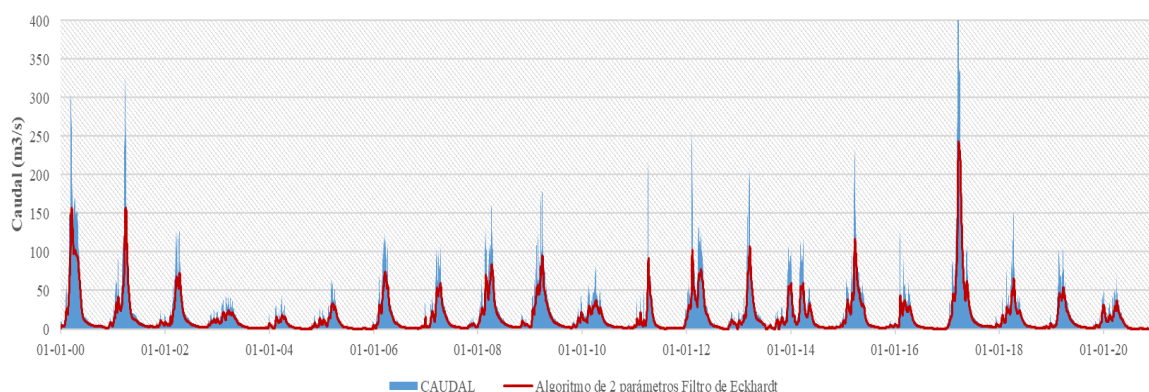


Figura 69. Separación del flujo base, por el algoritmo de Eckhardt

En base a lo anterior, se pudo concluir que los métodos que mejor estiman el flujo base son el de Eckhardt (Eckhardt, 2005), seguido por el algoritmo de Chapman (Chapman y Maxwell, 1996), mientras que los métodos gráficos usados sobreestiman el caudal base al igual que el algoritmo de Lyne y Hollick.

Esto también puede observarse en la Tabla 33, donde se pueden observar la comparación de los diferentes métodos de separación de flujo base usados en la presente investigación

Tabla 33. Comparación de los métodos de separación de caudal base usados

Fecha	Caudal (m ³ /s)	Caudal base (m ³ /s)				
		Mínimos locales	Intervalos ajustados	Lyne & Hollick	Chapman	Eckhardt
01/01/2000	10.4		10.35	0.49	0.47	1.08
02/01/2000	10.4		10.35	1.43	1.32	1.98
03/01/2000	10.7		10.35	2.29	2.03	2.76
04/01/2000	10.7		10.35	3.08	2.63	3.41
05/01/2000	10.35		10.35	3.78	3.11	3.91

<< Continuación >>

06/01/2000	9.3		7.2	4.35	3.43	4.22
07/01/2000	8.93		7.2	4.8	3.63	4.44
08/01/2000	8.26		7.2	5.16	3.75	4.56
09/01/2000	7.62		7.2	5.42	3.79	4.59
10/01/2000	7.2		7.2	5.61	3.78	4.57
11/01/2000	6.38		5.25	5.72	3.71	4.46
12/01/2000	6.64		5.25	5.8	3.63	4.41
13/01/2000	5.98		5.25	5.85	3.54	4.29
14/01/2000	5.46		5.25	5.46	3.42	4.14
15/01/2000	5.25		5.25	5.25	3.29	3.99
16/01/2000	5.12		4.69	5.12	3.16	3.85
17/01/2000	4.88		4.69	4.88	3.04	3.71
18/01/2000	4.77		4.69	4.77	2.93	3.59
19/01/2000	4.69	4.69	4.69	4.69	2.83	3.47
20/01/2000	4.94	4.94	4.69	4.94	2.75	3.40
21/01/2000	5.28	5.28	5.28	5.28	2.72	3.38
22/01/2000	7.49	6.53	5.28	5.5	2.8	3.59
23/01/2000	7.3	7.15	5.28	5.68	2.96	3.75
24/01/2000	7.62	7.62	5.28	5.85	3.1	3.91
25/01/2000	7.33	7.33	5.28	6	3.22	4.02
26/01/2000	6.51	6.51	6.51	6.09	3.26	4.02
27/01/2000	6.51	6.51	6.51	6.13	3.26	4.02
28/01/2000	16.51	10.22	6.51	6.64	3.71	5.07
29/01/2000	21.39	10.83	6.51	7.8	4.75	6.44
30/01/2000	19.86	11.45	6.51	9.01	5.75	7.42
31/01/2000	20.22	12.06	20.22	10.05	6.52	8.28
01/02/2000	20.22	12.68	20.22	11.01	7.17	9.00
02/02/2000	29.94	13.29	20.22	12.34	8.14	10.60
03/02/2000	28.77	13.91	20.22	13.94	9.32	11.81
04/02/2000	38.69	14.52	20.22	15.81	10.68	13.85
05/02/2000	52.35	15.14	42.59	18.62	12.86	16.97
06/02/2000	53.52	15.75	42.59	21.86	15.31	19.69
07/02/2000	60.48	16.37	42.59	25.17	17.69	22.68
08/02/2000	42.59	16.98	42.59	27.66	19.14	23.30
09/02/2000	59.79	17.59	42.59	29.88	20.31	25.61
10/02/2000	44.1	18.21	27.73	31.97	21.33	25.90
11/02/2000	40.45	18.82	27.73	32.94	21.29	25.76
12/02/2000	42.14	19.44	27.73	33.73	21.18	25.82
13/02/2000	40.93	20.05	27.73	34.46	21.1	25.75
14/02/2000	27.73	20.67	27.73	27.73	20.39	24.31
15/02/2000	24.62	21.28	22.51	24.62	19.08	22.80
16/02/2000	22.77	21.9	22.51	22.77	17.77	21.34
17/02/2000	22.51	22.51	22.51	22.51	16.61	20.10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

En la Tabla 34 y en la Figura 70, se pueden observar los resultados obtenidos a partir del BFI de Eckhardt, en cada uno de los puntos de medición.

Tabla 34. Resultados del Índice de flujo base

RESULTADOS BFI							
Estación	Filtros gráficos		Constante de Recesión α	Algoritmo de 1 parámetro		BFI _{MAX}	Algoritmo de 2 parámetros
	Mínimos Locales	Intervalos Ajustados		Filtro de Lyne & Hollick	Filtro de Chapman		Filtro de Eckhardt
Salinar	0.67	0.87	0.9289	0.81	0.50	0.62	0.61
Pte_Tambo	0.63	0.84	0.9079	0.83	0.50	0.62	0.62
Pte_Coina	0.66	0.80	0.8896	0.83	0.49	0.62	0.62
Pte_Palmira	0.74	0.83	0.8877	0.84	0.50	0.62	0.55

De la tabla 34, se puede observar que el índice de flujo base es mayor a 0.50 en cada uno de los puntos, concluyendo que la cuenca Chicama es abastecida en su mayoría por el flujo base proveniente de los diferentes acuíferos dentro de la cuenca. Así mismo, los métodos que mejor estiman el flujo base son el de Eckhardt (Eckhardt 2005), seguido por el algoritmo de Chapman (Chapman y Maxwell 1996), mientras que los métodos gráficos usados sobreestiman el caudal base. La Figura 70, se observa que, los años más secos detectados en base al BFI fueron el 2002, 2010, 2014, 2016 y 2020 esto también se vio reflejado mediante el SPI a 12 meses.

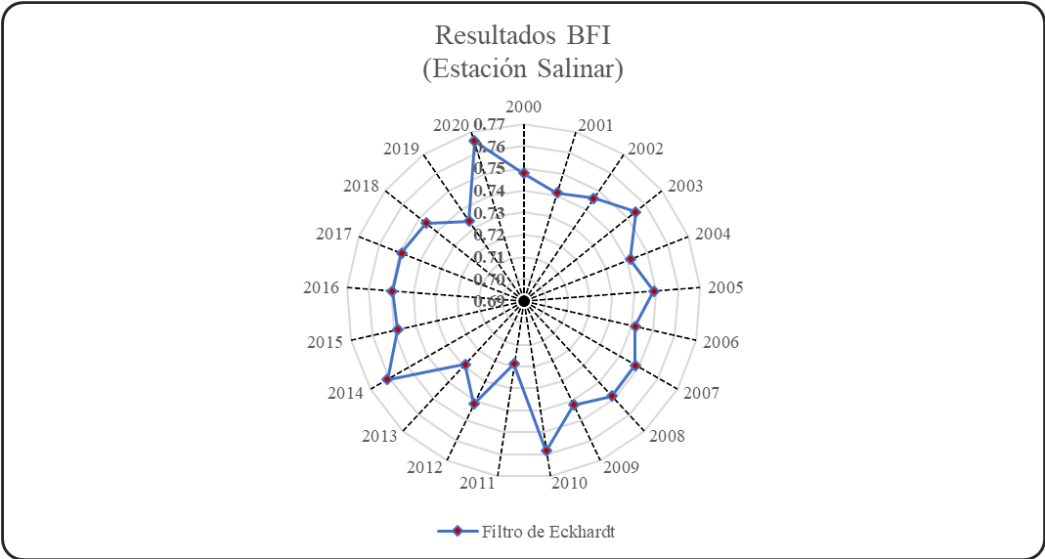


Figura 70. Diagrama radial para el BFI anual en la estación Salinar

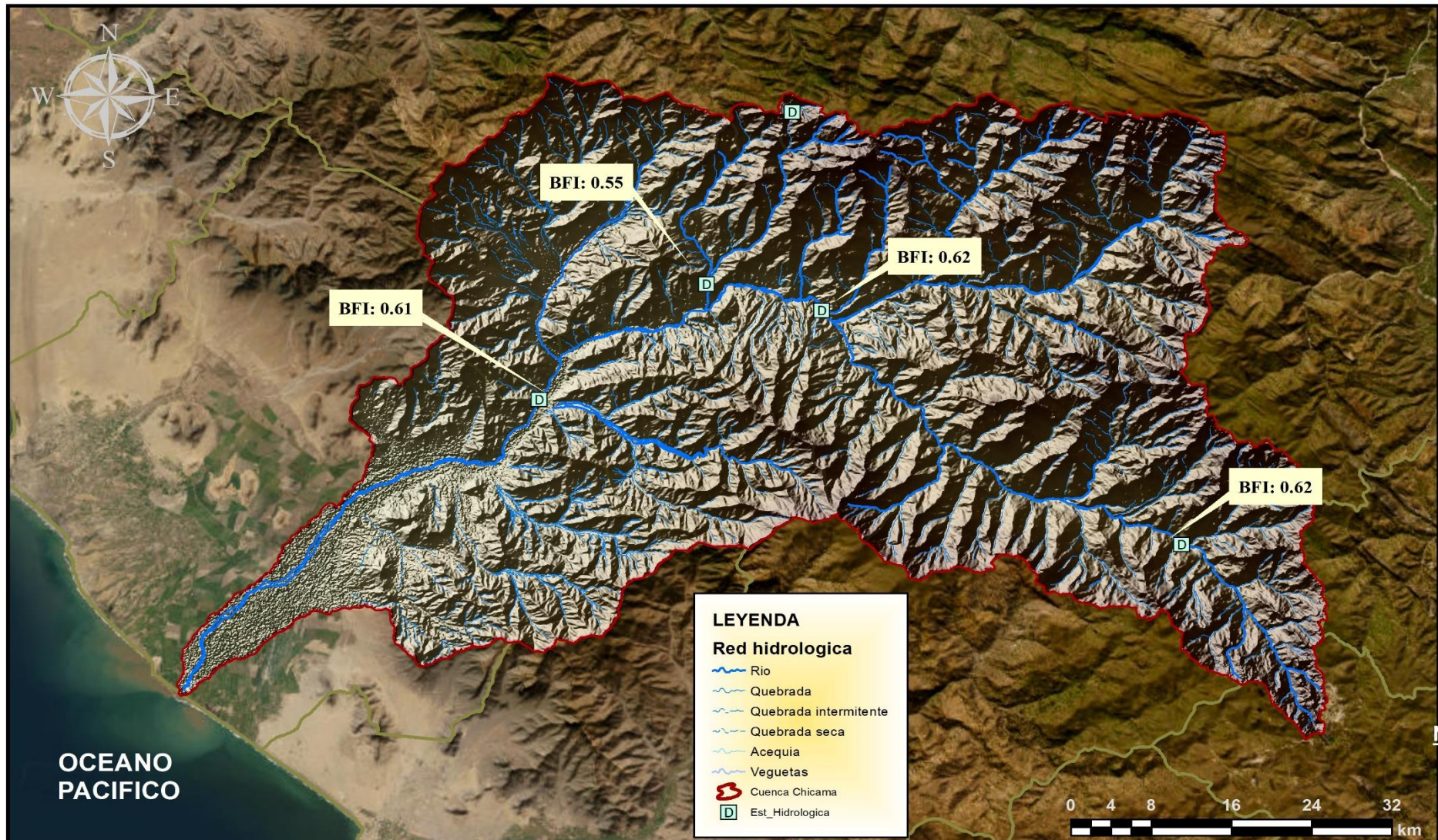


Figura 71. Mapa del BFI para la cuenca del río Chicama

En función a lo detallado anteriormente, con un umbral de Q75 se pudo obtener 16 eventos de sequías hidrológicas registradas en la estación Salinar, tal como se detalla en la Tabla 35 y en la Figura 71:

Tabla 35. Eventos de sequías hidrológicas, registradas en la estación Salinar

Evento N°	Inicio	Fin	Duración (días)	Qmin	tqmin
1	25/10/2000	29/11/2000	36	1.97	19/11/2000
10	26/07/2003	02/12/2003	130	0.80	28/10/2003
14	15/06/2004	20/10/2004	128	0.16	31/08/2004
21	19/06/2005	24/12/2005	189	0.24	01/10/2005
23	26/07/2006	26/11/2006	124	0.15	07/11/2006
28	10/08/2007	20/10/2007	72	1.60	09/10/2007
41	04/10/2010	15/11/2010	43	1.65	16/10/2010
45	30/06/2011	12/12/2011	166	0.68	05/08/2011
46	08/08/2012	19/10/2012	73	0.32	14/09/2012
49	15/08/2013	12/09/2013	29	0.61	02/09/2013
53	29/07/2014	17/09/2014	51	1.60	03/09/2014
61	01/09/2015	29/10/2015	59	2.06	24/09/2015
65	10/07/2016	23/12/2016	167	0.32	01/12/2016
69	01/09/2018	01/11/2018	62	2.03	31/10/2018
73	26/08/2019	19/10/2019	55	1.12	20/09/2019
76	12/06/2020	01/12/2020	173	0.16	24/11/2020

Es necesario acotar que se detectaron 76 eventos en total, sin embargo, se filtraron 60 debido a que no se toman en cuenta las sequías dependientes, es decir, eventos ≥ 30 días (WMO, 2008), además de la escala trabajada es mensual.

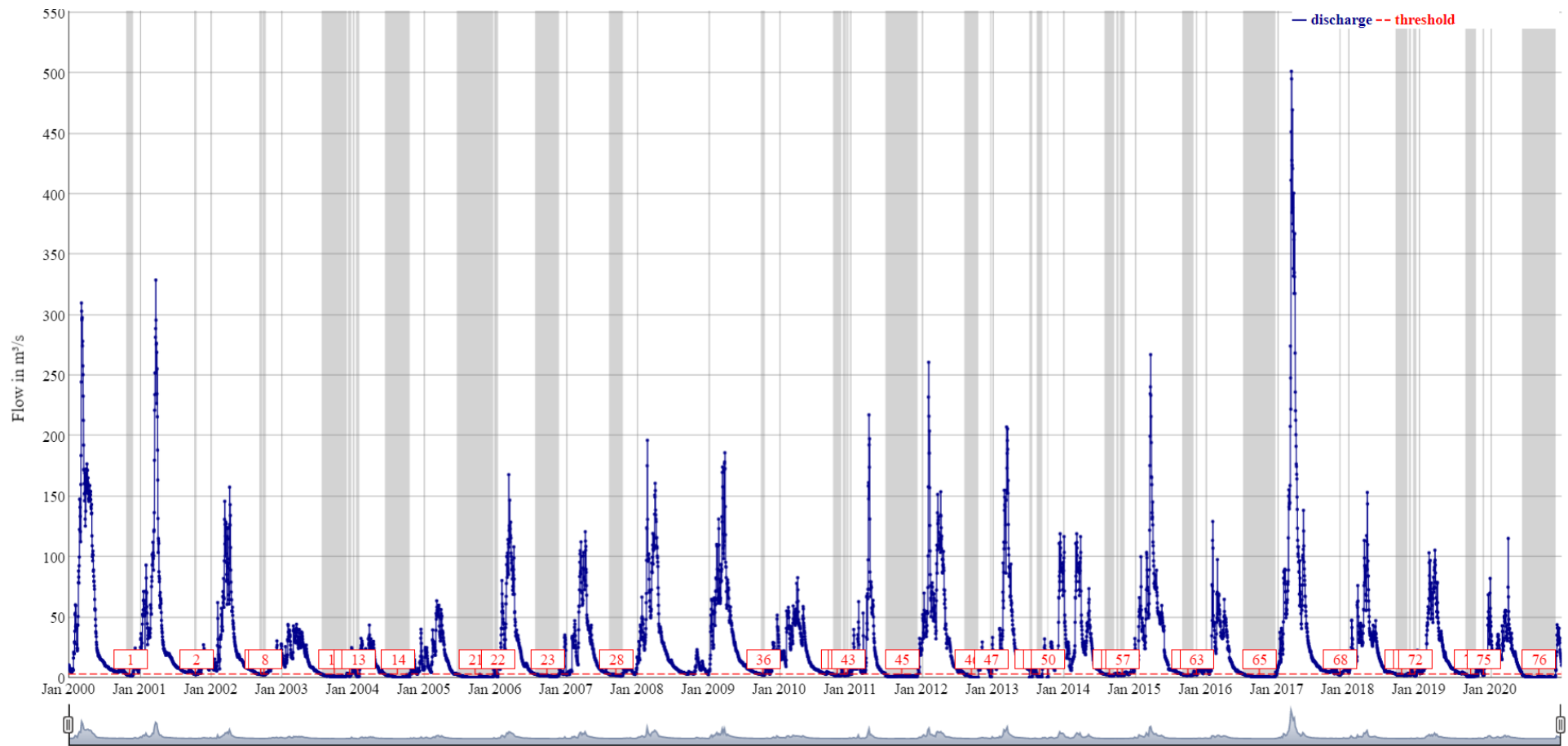


Figura 72. Número de eventos registrados en la cuenca del río Chicama

V. CONCLUSIONES

El estudio de sequías es de suma importancia debido al aumento general del número de eventos de sequía, así como su severidad, y es que al ser un fenómeno tan recurrente que puede manifestarse en cualquier región climática del mundo y ante la necesidad de integrar los diferentes tipos de sequías en un modelo que permita evaluar la dinámica de las sequías desde un enfoque global (Mishra y Singh 2010), el presente trabajo caracterizó las sequías desde diferentes puntos de vista, evaluando todo el proceso del evento, iniciando con la sequía meteorológica, luego sequías agronómicas y finalmente su repercusión en la sequía hidrológica, para el periodo de 1981 – 2020 en la cuenca del río Chicama, llegando a las siguientes conclusiones:

- Los parámetros geomorfológicos permitieron conocer las características físicas de la cuenca Chicama, ya que estas particularidades juegan un papel condicionante en su régimen hidrológico, cuenca donde se registraron eventos de sequía de moderada, severa y extrema intensidad.
- En el periodo de análisis de 1981 hasta el 2020, el SPI mostró que, los distritos que registraron las sequías más extremas fueron los distritos de Cachicadán, Coina, Quiruvilca, La Fortuna y Capachique; los eventos severamente secos se registraron con mayor frecuencia en Callancas y Cascabamba; mientras que, los eventos moderadamente secos, se registraron con mayor frecuencia en Casagrande, Ascope Guzmango, Chicama, San Benito y Sinsicap.
- El análisis de sequías agronómicas mediante el NDVI permitió identificar las zonas más vulnerables cuando se presenta este fenómeno, las cuales fueron contrastadas con el NDWI, demostrando la buena correlación y eficiencia de ambos índices para evaluar sequías agronómicas.
- Se evidenció que los resultados del SPI a 6 meses, contrastan mejor con los valores estimados por el BFI: mientras que los resultados del SPI a 12 meses, contrastan con los valores del NDVI y NDWI estimados.
- El análisis espacial realizado de los eventos de las sequías meteorológicas, agronómicas e hidrológicas, muestran que los distritos más vulnerables a los eventos de sequía son Coina, La Fortuna, Capachique, Chicama, Sinsicap, Ascope, San Benito y Cascas, donde los años más secos encontrados fueron los

de 1985, 1992, 2005, 2016 y 2020, que representando las sequías más extremas y severas sucedidas en la cuenca.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar este trabajo como primer paso para brindar sistemas de alerta temprana en la cuenca Chicama, estableciendo patrones hidro-climatológicos para cada uno de los índices estudiados.
- Se sugiere el análisis del NDVI para los principales cultivos de la cuenca como el arroz y el trigo.
- Se recomienda tomar en cuenta este trabajo para establecer tendencias para un futuro análisis de sequías en la cuenca, teniendo en cuenta un escenario de la cuarta etapa de Chavimochic.
- Encontramos de mucha utilidad complementar nuestros resultados con índices oceánicos con el fin de identificar la relación con los eventos El Niño sucedidos.
- El estimar la cantidad de flujo base en la cuenca, permitirá una mejor gestión de recursos hídricos superficiales, no obstante, dichas estimaciones pueden calibrarse mediante el uso de trazadores químicos.
- Se sugiere la realización de un estudio que abarque los impactos económicos de las sequías en la sociedad a partir del rango de sequías identificadas

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achilleos, GA. 2011. The Inverse Distance Weighted interpolation method and error propagation mechanism - creating a DEM from an analogue topographical map. *Journal of Spatial Science* 56(2):283-304. DOI: <https://doi.org/10.1080/14498596.2011.623348>.

ANA, (Autoridad Nacional del Agua). (2016). Estrategia nacional de lucha contra la desertificación y la sequía 2016-2030 (en línea). Lima, s.e. Disponible en <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/luchacontraladesertificacion.pdf>.

Aybar, C; Lavado-Casimiro, W; Huerta, A; Fernández, C; Felipe-Obando, O. 2017. Uso del producto grillado PISCO de precipitación en estudios, investigaciones y sistemas operacionales de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico. *Senamhi* :1-22.

Bazrkar, MH; Chu, X. 2020. New Standardized Base Flow Index for Identification of Hydrologic Drought in the Red River of the North Basin. *Natural Hazards Review* 21(4):05020011. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)nh.1527-6996.0000414](https://doi.org/10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000414).

Bordi, I; Fraedrich, K; Petitta, M; Sutera, A. 2005. Methods for predicting drought. (May 2014).

Bradbury, K. 2000. Refinement of two methods for estimation of groundwater recharge rates. (en línea). s.l., s.e. 90 p. Disponible en <https://digital.library.wisc.edu/1711.dl/KFEMSXNDWNLS78L>.

Campos-Aranda, DF. 2018. Comparison of the Standardized Palmer Drought Index (SPDI) in three climatic locations in San Luis Potosi, Mexico. *Tecnología y Ciencias del Agua* 9(5):246-279. DOI: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-05-10>.

Camus, P; Jaksic, F. 2020. La extraordinaria sequía de 1924: Crisis socio-ecológica e irrupción del poder militar en Chile. *Revista de geografía Norte Grande* 416(77):397-416. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-34022020000300397>.

Capkun, G; Davison, AC; Musy, A. 2001. A robust rainfall-runoff transfer model. *Water Resources Research* 37(12):3207-3216.

Cardona, BL. 2012. Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. *Energía y ambiente* :8.

- CENEPRED. (2014). Glosario de Términos. Lima, s.e.
- Chapman, T; Maxwell, A. 1996. Baseflow Separation - Comparison of Numerical Methods with Tracer Experiments. *Hydrology and Water Resources* 1:539-545.
- Chen, H; Teegavarapu, RSV; Huang. 2020. Comparative analysis of four baseflow separation methods in the south atlantic-gulf region of the U. S. *Water (Switzerland)* 12(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/w12010120>.
- Chereque, W. 2005. *Hidrologia para ingenieros*. s.l., s.e. 236 p.
- Chitsaz, N; Hosseini-Moghari, SM. 2018. Introduction of new datasets of drought indices based on multivariate methods in semi-arid regions. *Hydrology Research* 49(1):266-280. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.2017.254>.
- Chow, V. 1994. *Hidrologia Aplicada*. s.l., s.e. 577 p.
- Chow, V Te; Maiment, D; Mays, L. 1994. *Ven Te Chow Hidrologia Aplicada*.pdf. s.l., McGraw - Hill Interamericana S.A. 299 p.
- Chuvieco, E. 2002. *Teledetección Ambiental*. s.l., s.e. p. 586.
- CNULD, O de las NU. 1994. Convencion Internacional de Lucha contra la sedertificación en los paises afectados por sequía grave o desertificación, en particular en Africa. (en línea). *Africa* 17852(10):1-17. Disponible en http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1_Sp.pdf.
- Dracup, J; Seong, K; Paulson, E. 1980. On the definition of droughts. *Water Resources Research* 16(2):297-302. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-58184-7_109.
- Earth Observing System, (EOS). 2019. NDVI: All You Need To Know About Index (en línea, sitio web). Disponible en <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/#:~:text=How To Measure Density Of,possible density of green leaves>.
- Eckhardt, K. 2005. How to construct recursive digital filters for base flow separation. *Hydrological Processes* 19(1):507-515. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.5675>.
- Eckhardt, K. 2005. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological Processes* 19(2):507-515. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.5675>.
- Eckhardt, K. 2012. Technical Note : Analytical sensitivity analysis of a two parameter recursive digital baseflow separation filter. (2):451-455. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess->

16-451-2012.

Enayati, M; Bozorg-Haddad, O; Bazrafshan, J; Hejabi, S; Chu, X. 2021. Bias correction capabilities of quantile mapping methods for rainfall and temperature variables. *Journal of Water and Climate Change* 12(2):401-419. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2020.261>.

Endara, S. 2015. Monitoreo de sequías para sistemas de alerta temprana. *SENAMHI* 01(01):1-44.

EPA, USEPA. 2021. *Indicadores de Cambio Climático: Tiempo y Clima*.

Espinoza, JC; Guyot, JL; Ronchail, J; Cochonneau, G; Filizola, N; Fraizy, P; Labat, D; de Oliveira, E; Ordoñez, JJ; Vauchel, P. 2009. Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974-2004) (en línea). *Journal of Hydrology* 375(3-4):297-311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.03.004>.

FAO. 2009. *Guía para la descripción de suelos*. Nations, F and AO of the U (ed.). Rome, s.e. 1-111 p.

Faridatul, MI; Ahmed, B. 2020. Assessing agricultural vulnerability to drought in a heterogeneous environment: A remote sensing-based approach. *Remote Sensing* 12(20):1-17. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12203363>.

Fernández, B. 1997. Identificación y caracterización de sequías hidrológicas en Chile central. *Ingeniería del agua* 4(4):37-46. DOI: <https://doi.org/10.4995/ia.1997.2734>.

Gálvez, P. 2017. Caracterización de las sequías históricas y proyectadas bajo escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro. :106.

Gore, M; Abiodun, BJ; Kucharski, F. 2020. Understanding the influence of ENSO patterns on drought over southern Africa using SPEEDY (en línea). *Climate Dynamics* 54(1-2):307-327. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05002-w>.

Gorelick, N; Hancher, M; Dixon, M; Ilyushchenko, S; Thau, D; Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone (en línea). *Remote Sensing of Environment* 202(2016):18-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

Gudmundsson, L; Bremnes, JB; Haugen, JE; Engen-Skaugen, T. 2012. Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations – A comparison of methods. *Hydrology and Earth System Sciences* 16(9):3383-

3390. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-16-3383-2012>.

Gustard; Bullock; Dixon. 1992. Low flow estimation in the United Kingdom, Report No. 108. Institute of Hydrology, Wallingford (108).

Han, Z; Huang, Q; Huang, S; Leng, G; Bai, Q; Liang, H. 2021. Spatial-temporal dynamics of agricultural drought in the Loess Plateau under a changing environment : Characteristics and potential influencing factors (en línea). *Agricultural Water Management* 244(September 2020):106540. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106540>.

Hayes, MJ; Svoboda, MD; Wilhite, DA; Vanyarkho, O V. 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80(3):429-438. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1999\)080<0429:MTDUTS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1999)080<0429:MTDUTS>2.0.CO;2).

Heredia, L. 2012. Cluster Analysis as a technique for exploratory analysis of multiple records on weather data. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 11:11-20.

Hipel, KW; McLeod, AI. 1994. *Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems*. Amsterdam, s.e. 720 p.

Hisdal, H; Tallaksen, LM; Clausen, B; Peters, E; Gustard, A. 2004. Hydrological drought characteristics. s.l., s.e. p. 139-198.

Hou, AY; Kakar, RK; Neeck, S; Azarbarzin, AA; Kummerow, CD; Kojima, M; Oki, R; Nakamura, K; Iguchi, T. 2014. The global precipitation measurement mission. *Bulletin of the American Meteorological Society* 95(5):701-722. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00164.1>.

Jain, VK; Pandey, RP; Jain, MK; Byun, HR. 2015. Comparison of drought indices for appraisal of drought characteristics in the Ken River Basin (en línea). *Weather and Climate Extremes* 8:1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.05.002>.

Ji, L; Peters, AJ. 2003. Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. *Remote Sensing of Environment* 87(1):85-98. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00174-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00174-3).

Kim, TW; Valdés, JB; Aparicio, J. 2002. Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico. *Water International* 27(3):420-430. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060208687021>.

- Lavado, W; Espinoza, JC. 2014. Impactos de el niño y la niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorologia* 29(2):171-182. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>.
- Leng, G; Hall, J. 2019. Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future (en línea). *Science of the Total Environment* 654:811-821. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.434>.
- Li, Z; Yang, D; Hong, Y. 2013. Multi-scale evaluation of high-resolution multi-sensor blended global precipitation products over the Yangtze River (en línea). *Journal of Hydrology* 500:157-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.07.023>.
- Liu, WT; Kogan, FN. 1996. Monitoring regional drought using the vegetation condition index. *International Journal of Remote Sensing* 17(14):2761-2782. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431169608949106>.
- Lyne, V; Hollick, M. 1979. Stochastic Time-Variable Rainfall-Runoff Modeling. Institute of Engineers Australia National Conference :89-93.
- Mas, J-F. 2011. Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio. Mexi, Centro de investigaciones en geografía ambiental.
- May, F; Sánchez, JV; Sánchez, H. 2021. Análisis de zonas de cultivo y cuerpos de agua mediante el cálculo de índices radiométricos con imágenes Sentinel-2. *Lámpsakos* (24):48. DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3601>.
- McKee, TB; Doesken, NJ; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration times scales. *In Eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim CA, s.e. p. 179-186. DOI: <https://doi.org/10.1002/jso.23002>.
- Mejia, F; Montoya, M; Velez, M. 2000. Cuantificación de sequías: su severidad y duración en caudales medios diarios y analisis del fenómeno del ENSO en la curva de duracion de caudales tradicional. *Avances en Recursos Hídricos* :1-14.
- Mishra, AK; Singh, VP. 2010. A review of drought concepts (en línea). *Journal of Hydrology* 391(1-2):202-216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>.
- _____. 2011. Drought modeling - A review (en línea). *Journal of Hydrology* 403(1-2):157-175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049>.

Modarres, R. 2007. Streamflow drought time series forecasting. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 21(3):223-233. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00477-006-0058-1>.

Molina-Carpio, J; Espinoza, JC; Vauchel, P; Ronchail, J; Gutierrez Caloir, B; Guyot, JL; Noriega, L. 2017. Hydroclimatology of the Upper Madeira River basin: spatio-temporal variability and trends (en línea). *Hydrological Sciences Journal* 62(6):911-927. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1267861>.

Olivares, B; Paredes, FJ. 2020. Estrés hídrico y Sequía en Venezuela : desde la percepción en campo hasta la satelital. (November).

OMM, O meteorologica mundial'. 2006. Vigilancia y alerta temprana de la sequía. s.l., s.e., vol.1006. p. 28.

OSU, OSU. 2010. Analysis Techniques: Flow Duration Analysis (en línea, sitio web). Disponible en <https://streamflow.engr.oregonstate.edu/analysis/flow/index.htm>.

Ozyavuz, M; Bilgili, BC; Salici, A. 2015. Determination of vegetation changes with NDVI method. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 16(1):264-273.

Paneque, P. 2015. Estrategias de gestión de sequías en España: de la gestión de crisis a la gestión de riesgos. (November):343.

Piggott, AR; Moin, S; Southam, C. 2005. A revised approach to the UKIH method for the calculation of baseflow. *Hydrological Sciences Journal* 50(5):911-920. DOI: <https://doi.org/10.1623/hysj.2005.50.5.911>.

Ravelo, A; Da Porta, W; Zanvettor, R. 1999. Evaluación de las sequías extremas en la región pampeana argentina durante el período 1930–1990. *In XI Congreso Brasileiro de Agrometeorología*. s.l., s.e.

Rivera, JA; Penalba, OC. 2014. Trends and Spatial Patterns of Drought Affected Area in Southern South America. *Climate* 2:264-278. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli2040264>.

Rodriguez, J; Vos, F., Rodriguez, J., Below, R., Sapir, DG; Rodriguez, J. 2009. Statistical Review 2009 Annual Disaster Statistical Review 2009 (en línea). *Epidemiology* :1-38. Disponible en http://www.who.int/hac/techguidance/ems/annual_disaster_statistical_review_2009.pdf.

Sarwar, AN; Waseem, M; Azam, M; Abbas, A; Ahmad, I; Lee, JE; Haq, F ul. 2022. Shifting of Meteorological to Hydrological Drought Risk at Regional Scale. *Applied Sciences* 12(11):5560. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12115560>.

SEDALIB. 2018. Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río Chicama como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS Sedalib S.A. Trujillo - Peru, s.e. 1-165 p.

Shao, G; Zhang, D; Guan, Y; Sadat, MA; Huang, F. 2020. Application of different separation methods to investigate the baseflow characteristics of a semi-arid sandy area, Northwestern China. *Water (Switzerland)* 12(2):1-22. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12020434>.

Sheth, A; Bhosale, S; Kadam, H. 2021. Research Paper on Cloud Computing (en línea). *Contemporary Research in India* (June):87-92. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/352477780_Research_Paper_on_Cloud_Computing.

Shiau, JT; Shen, HW. 2001. Recurrence Analysis of Hydrologic Droughts of Differing Severity. *Journal of Water Resources Planning and Management* 127(February):30-40.

Smakhtin, VU. 2001. Low flow hydrology : a review. *Journal of Hydrology* 240:147-186.

Stewart, M; Cimino, J; Ross, M. 2007. Calibration of base flow separation methods with streamflow conductivity. *Ground Water* 45(1):17-27. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2006.00263.x>.

Sully, I; Gómez, V. 2016. Baseflow analysis using master recession curves and numerical algorithms in mountain basins: Suratá's river and Oro's river (Santander, Colombia) (en línea). *Dyna* 83(196):213-222. DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v83n196.53222>.

Svoboda, MD; Fuchs, BA. 2017. Handbook of drought indicators and indices. s.l., s.e. 155-208 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b22009>.

Tomaszewski, E. 2012. Defining the threshold level of hydrological drought in lake catchments. *Limnological Review* 11(2):81-88. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10194-011-0029-x>.

USGS. 2021. What is the Landsat satellite program and why is it important?

Velazquez, C; Velazquez, J. 2019. Comparación de datos meteorológicos observados y procesados en malla para el cálculo del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI). Mexico, s.e., vol.1. p. 362.

Vicente - Serrano, SM; Begueria, S; Lorenzo La Cruz, J; Camarero, J; Azorín - Molina, C; Revuelto, J. 2012. Analisis Comparativo de diferentes indices de sequía para aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas. Institute for Atmospheric and Climate Science .

Vidal, JP; Wade, S. 2009. A multimodel assessment of future climatological droughts in the United Kingdom. International Journal of Climatology 29:2011-2029. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc>.

Wilby, RL; Dawson, CW; Murphy, C; O'Connor, P; Hawkins, E. 2014. The Statistical DownScaling Model -Decision Centric (SDSM-DC): Conceptual basis and applications. Climate Research 61(3):251-268. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr01254>.

Wilhite, DA; Glantz, MH. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Planning for Drought: Toward A Reduction of Societal Vulnerability :11-27. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429301735-2>.

WMO. 2008. Manual on Low-flow Estimation and Prediction : Operational Hydrology Report No.50. s.l., s.e. 136 p.

WMO, WMO. 2012. Índice normalizado de precipitación Guía del usuario. , Ginebra, Suiza, OMM-No 1090. 1-23 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 01. Resultados SPI 03 meses

Fecha	Asuncion	Cachachi	Callancas	Capachique	Casagrande	Cascabamba	Cascas	Contumaza	Cospan	Guzmango	La_Fortuna	Lucma	Marmot	Pte_Coina
Ene-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Feb-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mar-81	-0.27	0.41	0.38	0.14	-0.26	0.19	0.37	0.11	0.35	0.40	0.14	0.41	0.52	0.12
Abr-81	-0.69	-0.17	0.10	-0.24	-0.08	-0.41	0.22	-0.30	-0.19	0.05	-0.70	-0.02	0.10	-0.22
May-81	-0.79	-1.67	-1.07	-1.44	-0.31	-0.91	-0.01	-0.77	-0.70	-0.16	-1.25	-0.38	-0.41	-1.28
Jun-81	-1.55	-2.12	-1.73	-1.68	-1.47	-1.95	-1.25	-1.79	-1.71	-1.24	-1.95	-0.86	-1.39	-1.96
Jul-81	-0.17	-0.65	-1.45	-1.92	-1.26	-1.01	-3.02	-1.64	-1.10	-1.15	-0.17	-0.08	-1.42	-1.48
Ago-81	0.77	0.53	0.70	0.56	0.06	0.46	0.63	0.17	1.09	0.51	0.48	0.77	0.88	0.77
Set-81	-0.22	-0.81	-0.40	-0.74	-0.89	0.28	-0.61	0.04	0.35	0.09	-0.12	0.36	0.50	-0.42
Oct-81	0.99	0.16	0.56	0.65	-0.73	0.92	0.23	0.66	0.51	0.50	0.38	0.84	0.95	0.92
Nov-81	0.72	0.14	-0.25	0.23	-0.84	0.30	0.08	0.14	0.00	0.18	-0.15	0.46	-0.30	0.08
Dic-81	0.86	0.93	0.04	0.71	-0.42	-0.05	-0.30	-0.02	0.23	0.20	0.41	0.21	-1.15	0.49
Ene-82	0.17	0.48	-0.28	0.36	-0.70	0.00	-0.34	-0.39	-0.01	-0.18	0.18	-0.07	-0.31	-0.09
Feb-82	-0.19	0.07	-0.79	-0.15	-0.96	-0.69	-1.10	-1.06	-0.33	-0.92	-0.37	-0.55	-1.06	-0.47
Mar-82	-0.59	-1.30	-1.42	-0.96	-1.12	-1.46	-1.57	-1.89	-0.92	-1.72	-1.16	-1.07	-1.18	-1.47
Abr-82	-0.72	-1.34	-1.59	-1.41	-1.02	-1.95	-1.87	-1.89	-1.28	-1.62	-1.50	-1.51	-2.20	-1.82
May-82	-0.67	-1.33	-1.33	-1.33	-1.46	-1.43	-1.61	-1.70	-1.26	-1.36	-1.12	-1.24	-1.82	-1.56
Jun-82	-0.22	-0.56	-0.60	-0.68	-1.01	-0.20	-0.58	-0.53	-1.26	-0.17	-0.54	-0.74	-1.36	-0.85
Jul-82	-0.11	-0.15	-0.81	-0.29	-0.72	-0.59	-0.56	-1.02	-0.88	-0.70	-0.37	-0.77	-3.22	-0.29
Ago-82	-0.11	-0.37	-1.61	-0.85	0.06	-1.48	-1.09	-1.04	-1.00	-0.55	-1.18	-1.42	-2.82	-0.55
Set-82	0.13	0.30	0.47	0.20	0.53	-0.19	0.59	0.39	0.16	0.69	-0.47	-0.33	-0.73	-0.25
Oct-82	0.99	1.52	1.10	1.09	0.47	0.69	0.80	0.29	0.42	0.55	0.44	0.68	0.66	1.20
Nov-82	1.01	1.51	1.18	1.20	0.39	0.77	0.58	0.21	0.88	0.38	0.70	0.97	1.16	1.40
Dic-82	0.95	1.44	0.98	0.98	0.09	1.04	0.68	0.58	0.49	1.54	0.64	0.67	0.63	1.25
Ene-83	0.56	0.82	1.26	1.25	0.44	1.43	1.32	1.29	0.85	1.67	1.01	1.30	1.30	1.22
Feb-83	-0.02	-0.02	0.51	0.64	0.51	1.06	0.96	0.74	0.21	1.17	0.63	0.68	1.01	0.29

Mar-83	0.76	-0.17	0.89	0.81	0.95	1.63	1.74	1.39	0.79	1.44	0.92	1.21	1.37	0.59
Abr-83	1.06	0.51	1.33	1.27	1.06	2.27	2.08	2.11	1.41	2.01	1.77	2.07	1.69	1.13
May-83	1.86	1.92	2.07	1.98	1.69	2.56	2.82	2.60	2.17	2.39	2.15	2.58	2.09	1.88
Jun-83	1.92	2.28	2.80	2.70	2.41	2.54	3.26	3.22	3.55	3.03	2.77	3.13	2.34	2.69
Jul-83	1.51	1.76	1.53	1.68	2.08	0.12	0.39	-0.94	1.60	0.60	2.27	2.13	1.26	1.49
Ago-83	1.19	0.81	0.79	1.12	1.51	0.63	0.67	0.39	1.18	0.67	0.94	0.88	1.02	0.43
Set-83	-0.16	-0.51	-0.10	-0.72	0.27	-0.88	-0.36	-1.36	0.28	0.07	-0.17	-0.40	-0.49	-0.72
Oct-83	-1.30	-0.33	0.61	0.12	-0.25	0.60	0.48	1.01	-0.32	1.32	0.34	0.59	0.74	0.51
Nov-83	-2.04	-1.13	-0.04	-0.07	-0.29	-0.03	0.06	0.40	-0.53	0.81	-0.27	0.54	0.13	-0.15
Dic-83	-0.15	0.45	0.45	0.56	-0.23	0.94	0.22	0.76	0.91	0.72	0.48	1.04	1.13	0.67
Ene-84	-0.47	-0.14	-0.68	-0.54	-0.54	0.24	-0.16	0.10	0.35	-0.08	-0.66	0.34	0.17	-0.30
Feb-84	0.96	1.31	1.26	1.19	-0.05	1.17	0.93	1.24	1.65	0.66	0.80	1.20	0.77	1.59
Mar-84	-0.07	0.87	0.68	0.76	0.16	0.41	0.56	0.41	0.75	0.35	0.01	0.25	0.32	0.91
Abr-84	0.03	1.45	1.07	1.16	0.34	0.58	0.71	0.37	1.05	0.29	0.30	0.19	0.34	1.31
May-84	-1.37	0.97	-0.15	-0.03	0.48	-0.49	-0.48	-0.84	-0.36	-0.22	-0.58	-0.70	-0.15	0.15
Jun-84	-0.18	1.48	0.34	0.06	0.84	0.10	-0.35	-0.23	0.69	-0.57	-0.13	-0.22	-0.31	0.47
Jul-84	1.37	1.85	0.95	1.21	1.21	0.63	0.86	0.66	1.35	0.51	0.64	0.68	1.06	1.08
Ago-84	2.15	1.39	1.95	1.68	0.49	1.32	1.14	1.35	1.82	1.26	1.73	2.04	1.63	1.77
Set-84	1.33	0.92	0.85	0.76	0.35	0.95	1.10	1.31	1.57	1.23	1.00	1.44	1.00	1.21
Oct-84	1.55	0.73	0.97	0.66	0.36	1.49	1.39	1.64	2.00	1.18	0.92	1.35	1.44	0.96
Nov-84	1.62	0.66	1.02	0.69	0.21	1.29	1.00	1.33	1.67	1.05	0.76	1.10	1.17	1.06
Dic-84	1.11	0.05	0.61	-0.53	-0.23	0.59	-0.05	0.68	0.93	-0.01	0.11	0.38	-0.08	0.55
Ene-85	-0.69	-0.82	-0.61	-1.74	-0.70	-0.68	-1.02	-0.50	-0.97	-1.50	-1.08	-1.26	-1.78	-0.54
Feb-85	-1.74	-2.46	-1.12	-1.57	-0.96	-1.22	-1.84	-0.90	-1.77	-2.21	-1.57	-1.57	-1.41	-1.55
Mar-85	-1.73	-3.82	-1.32	-1.74	-1.12	-1.31	-1.88	-1.36	-2.27	-2.04	-1.79	-1.87	-1.98	-1.85
Abr-85	-1.94	-3.44	-1.32	-1.65	-1.02	-1.60	-1.84	-1.54	-2.05	-1.94	-2.28	-2.38	-1.69	-1.91
May-85	-1.27	-2.07	-1.52	-1.67	-0.60	-1.28	-1.43	-1.50	-1.17	-1.54	-2.08	-2.37	-1.71	-1.83
Jun-85	-1.04	-1.45	-2.15	-1.60	0.15	-1.43	-0.83	-1.07	-0.81	-1.07	-1.96	-1.96	-1.29	-2.53
Jul-85	1.02	-0.28	-1.96	-0.94	0.48	0.09	0.40	0.34	0.64	0.40	-1.44	-1.15	-0.65	-3.36
Ago-85	0.48	0.09	-0.08	-0.61	0.22	0.33	0.47	0.50	-0.16	0.89	-0.77	-0.46	-0.22	-0.36
Set-85	0.76	0.76	1.29	0.90	1.06	0.96	1.05	1.29	0.63	1.39	0.71	0.93	0.86	1.13

Oct-85	-0.78	-0.65	-0.36	-0.78	0.25	-0.61	-0.34	-0.05	-0.11	-0.24	-1.14	-0.69	-0.89	-0.80
Nov-85	-1.98	-1.72	-1.30	-1.93	0.10	-1.48	-1.22	-0.98	-1.33	-0.97	-2.60	-2.79	-2.60	-1.99
Dic-85	-2.58	-1.34	-1.71	-3.59	-0.42	-2.45	-1.96	-1.98	-0.78	-2.14	-1.22	-1.18	-1.96	-1.84
Ene-86	-1.01	-0.38	0.43	0.45	0.63	-0.08	0.46	-0.21	-0.54	0.24	0.02	0.04	-0.04	0.23
Feb-86	-0.72	-0.19	-0.03	0.30	0.14	-0.78	-0.29	-1.13	-0.53	-0.43	0.10	-0.16	-0.44	0.35
Mar-86	-0.59	-0.17	-0.20	0.38	0.13	-0.63	-0.57	-0.65	-0.83	-0.65	-0.26	-0.54	-0.56	0.13
Abr-86	-0.24	0.56	-0.60	0.26	-0.32	-0.69	-0.85	-0.27	-0.49	-0.45	0.00	-0.41	-0.50	0.14
May-86	0.09	0.71	-0.36	0.44	-0.11	-0.03	-0.31	0.36	-0.39	-0.05	0.12	-0.08	-0.33	0.18
Jun-86	1.16	1.13	0.18	1.29	0.24	0.63	1.11	1.21	0.41	1.11	1.00	0.74	0.66	1.02
Jul-86	-0.45	-0.65	-0.71	-0.12	0.29	-0.58	-0.39	-0.90	-1.94	-0.51	-0.06	-0.23	-1.73	-0.09
Ago-86	0.09	0.57	1.39	1.48	0.22	-0.06	0.28	-0.47	0.11	0.28	1.16	1.09	0.93	1.34
Set-86	-0.22	0.18	0.52	0.19	-0.76	0.11	-0.86	-0.67	0.32	-0.13	1.05	1.41	1.03	0.71
Oct-86	-1.10	-0.34	-1.07	-0.22	-0.82	-1.14	-2.55	-1.67	-0.11	-0.80	-0.17	-0.74	-0.80	-0.97
Nov-86	-0.51	-0.42	-0.60	-0.02	-0.92	-1.90	-4.34	-3.18	-0.55	-1.51	-0.31	-0.93	-0.84	-0.53
Dic-86	0.55	0.09	-0.02	0.62	-0.42	0.48	-0.21	-0.15	1.06	-0.14	0.40	0.34	0.65	0.20
Ene-87	1.89	1.20	1.09	1.30	0.48	1.43	1.24	1.25	1.34	0.93	0.99	1.20	1.08	1.19
Feb-87	1.24	1.12	0.49	0.85	0.25	1.27	0.80	0.96	1.23	0.56	0.76	0.88	0.94	0.88
Mar-87	0.40	0.50	0.04	0.00	0.11	0.51	0.50	0.41	0.21	0.18	-0.12	0.02	0.53	0.04
Abr-87	-0.57	-0.24	-0.60	-1.13	-0.33	-0.40	-0.27	-0.41	-0.38	-0.37	-0.67	-0.64	0.03	-0.52
May-87	-0.76	-0.77	-0.59	-1.23	-1.24	-0.68	-0.41	-0.76	-1.03	-0.50	-0.74	-0.79	-0.15	-0.71
Jun-87	-0.08	0.14	-0.27	-0.64	-1.44	-0.50	-0.90	-1.66	-0.77	-0.88	-0.23	-0.42	-0.50	-0.05
Jul-87	-0.38	-0.16	-0.57	-0.26	-1.16	-0.69	-2.19	-1.25	-0.46	-1.10	0.13	0.08	-0.14	-0.07
Ago-87	1.13	0.99	0.90	1.13	0.22	1.02	0.90	1.03	0.97	1.12	1.06	1.00	0.99	1.25
Set-87	0.67	1.37	0.53	0.80	0.67	1.31	0.67	1.53	1.21	1.40	1.03	1.29	0.92	1.15
Oct-87	-1.20	-1.00	-1.19	-0.78	0.00	-0.81	-0.84	-0.55	-1.26	-0.55	-1.51	-1.06	-1.24	-1.06
Nov-87	-0.17	-0.58	-0.97	-0.31	-0.15	-0.25	-0.37	-0.40	-0.62	-0.56	-0.91	-0.76	-0.71	-0.64
Dic-87	-0.86	-1.40	-2.02	-1.32	-0.42	-1.10	-0.77	-1.27	-2.14	-1.42	-2.78	-1.95	-1.44	-1.87
...

Anexo 02. Caracterización de las sequías meteorológicas (SPI 03)

Resultados Est. Asuncion: SPI 03 meses								
Eventos	Inicio	Termino	Duracion	Intensidad	Magnitud	average	median	Clasificacion
1	1981-06-01	1981-08-01	2	-1.37	-1.49	-0.74	-0.74	Moderadamente Seco
2	1983-10-01	1984-02-01	4	-1.89	-3.79	-0.95	-0.89	Severamente Seco
3	1984-05-01	1984-07-01	2	-1.45	-1.59	-0.79	-0.79	Moderadamente Seco
4	1985-02-01	1985-07-01	5	-2.02	-7.87	-1.57	-1.77	Extremadamente Seco
5	1985-11-01	1986-05-01	6	-2.41	-6.85	-1.14	-0.86	Extremadamente Seco
6	1986-10-01	1986-12-01	2	-1.13	-1.59	-0.79	-0.79	Moderadamente Seco
7	1987-10-01	1988-01-01	3	-1.23	-2.16	-0.72	-0.79	Moderadamente Seco
8	1988-09-01	1988-10-01	1	-1.33	-1.33	-1.33	-1.33	Moderadamente Seco
9	1989-12-01	1990-07-01	7	-2.3	-9.3	-1.33	-1.31	Extremadamente Seco
10	1990-09-01	1990-10-01	1	-1.07	-1.07	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
11	1991-01-01	1991-11-01	10	-2.25	-11.55	-1.16	-1.16	Extremadamente Seco
12	1992-03-01	1992-06-01	3	-1.37	-3.32	-1.11	-1.33	Moderadamente Seco
13	1992-11-01	1993-06-01	7	-2.69	-10.72	-1.53	-1.6	Extremadamente Seco
14	1993-08-01	1993-09-01	1	-1.89	-1.89	-1.89	-1.89	Severamente Seco
15	1994-09-01	1994-12-01	3	-1.67	-2.9	-0.97	-1.09	Severamente Seco
16	1996-07-01	1996-08-01	1	-2.31	-2.31	-2.31	-2.31	Extremadamente Seco
17	1997-01-01	1997-11-01	10	-1.54	-8.03	-0.8	-0.77	Severamente Seco
18	1998-09-01	1998-10-01	1	-1.52	-1.52	-1.52	-1.52	Severamente Seco
19	2000-10-01	2001-01-01	3	-1.36	-2.76	-0.92	-1.06	Moderadamente Seco
20	2002-07-01	2002-08-01	1	-1.59	-1.59	-1.59	-1.59	Severamente Seco
21	2003-04-01	2003-07-01	3	-1.16	-3.11	-1.04	-1.05	Moderadamente Seco
22	2003-09-01	2004-07-01	10	-2.25	-9.06	-0.91	-0.74	Extremadamente Seco
23	2005-04-01	2006-01-01	9	-2.58	-11.73	-1.3	-1.16	Extremadamente Seco
24	2006-07-01	2006-08-01	1	-1.59	-1.59	-1.59	-1.59	Severamente Seco
25	2006-10-01	2006-12-01	2	-1.27	-1.74	-0.87	-0.87	Moderadamente Seco
26	2007-07-01	2007-10-01	3	-1.6	-2.64	-0.88	-0.66	Severamente Seco
27	2010-12-01	2011-05-01	5	-1.04	-2.95	-0.59	-0.63	Moderadamente Seco

28	2011-07-01	2011-08-01	1	-1.13	-1.13	-1.13	-1.13	Moderadamente Seco
29	2012-08-01	2012-10-01	2	-1.47	-2.26	-1.13	-1.13	Moderadamente Seco
30	2015-08-01	2015-09-01	1	-1.92	-1.92	-1.92	-1.92	Severamente Seco
31	2016-09-01	2017-01-01	4	-2.21	-5.88	-1.47	-1.27	Extremadamente Seco
32	2018-08-01	2018-09-01	1	-1.37	-1.37	-1.37	-1.37	Moderadamente Seco
33	2020-03-01	2020-08-01	5	-3.83	-10.68	-2.14	-2.16	Extremadamente Seco

Resultados Est. Cachachi: SPI 03 meses

Eventos	start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1	1981-05-01	1981-08-01	3	-2.13	-4.47	-1.49	-1.59	Extremadamente Seco
2	1982-03-01	1982-09-01	6	-1.26	-4.55	-0.76	-0.79	Moderadamente Seco
3	1983-11-01	1983-12-01	1	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	Moderadamente Seco
4	1985-02-01	1985-08-01	6	-3.11	-12.09	-2.01	-2.14	Extremadamente Seco
5	1985-11-01	1986-04-01	5	-1.81	-3.65	-0.73	-0.28	Severamente Seco
6	1987-10-01	1988-01-01	3	-1.36	-2.99	-1	-1.01	Moderadamente Seco
7	1989-12-01	1990-06-01	6	-2.12	-9.02	-1.5	-1.49	Extremadamente Seco
8	1991-01-01	1991-05-01	4	-2.02	-4.2	-1.05	-1.06	Extremadamente Seco
9	1991-07-01	1992-08-01	13	-3.23	-20.29	-1.56	-1.4	Extremadamente Seco
10	1992-11-01	1993-03-01	4	-3.01	-7.69	-1.92	-1.88	Extremadamente Seco
11	1993-08-01	1993-09-01	1	-1.24	-1.24	-1.24	-1.24	Moderadamente Seco
12	1994-09-01	1995-08-01	11	-1.63	-6.97	-0.63	-0.44	Severamente Seco
13	1996-12-01	1997-11-01	11	-2.97	-10.6	-0.96	-0.73	Extremadamente Seco
14	1998-09-01	1998-10-01	1	-1.06	-1.06	-1.06	-1.06	Moderadamente Seco
15	2000-10-01	2000-12-01	2	-1.89	-3.29	-1.65	-1.65	Severamente Seco
16	2001-06-01	2001-07-01	1	-1.17	-1.17	-1.17	-1.17	Moderadamente Seco
17	2001-08-01	2001-11-01	3	-1.14	-1.7	-0.57	-0.33	Moderadamente Seco
18	2002-07-01	2002-10-01	3	-1	-1.95	-0.65	-0.64	Moderadamente Seco
19	2003-06-01	2003-08-01	2	-1.18	-1.21	-0.6	-0.6	Moderadamente Seco
20	2004-03-01	2004-07-01	4	-1.67	-5.85	-1.46	-1.57	Severamente Seco
21	2005-06-01	2005-10-01	4	-2	-5.94	-1.48	-1.51	Extremadamente Seco
22	2006-10-01	2006-12-01	2	-1.27	-2.33	-1.17	-1.17	Moderadamente Seco
23	2008-12-01	2009-01-01	1	-1.04	-1.04	-1.04	-1.04	Moderadamente Seco

24	2010-10-01	2011-01-01	3	-1.35	-2.33	-0.78	-0.74	Moderadamente Seco
25	2011-07-01	2011-09-01	2	-1.47	-2.49	-1.24	-1.24	Moderadamente Seco
26	2012-09-01	2012-10-01	1	-2.24	-2.24	-2.24	-2.24	Extremadamente Seco
27	2014-08-01	2014-12-01	4	-1.07	-2.1	-0.53	-0.44	Moderadamente Seco
28	2015-08-01	2016-01-01	5	-2.43	-8.39	-1.68	-1.6	Extremadamente Seco
29	2016-06-01	2017-01-01	7	-1.63	-6.81	-0.97	-1.02	Severamente Seco
30	2019-08-01	2019-10-01	2	-1.89	-2.08	-1.04	-1.04	Severamente Seco
31	2020-06-01	2020-07-01	1	-1.07	-1.07	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
32	2020-10-01	2020-12-01	2	-1.95	-3.03	-1.52	-1.52	Severamente Seco

Resultados Est. Cachicadan: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-06-01	1981-08-01	2	-1.72	-2.12	-1.06	-1.06	Severamente Seco
1981-09-01	1981-10-01	1	-1.03	-1.03	-1.03	-1.03	Moderadamente Seco
1982-05-01	1982-10-01	5	-1.15	-3.16	-0.63	-0.65	Moderadamente Seco
1983-09-01	1983-12-01	3	-1.06	-2.49	-0.83	-0.81	Moderadamente Seco
1985-01-01	1985-09-01	8	-2.18	-10.27	-1.28	-1.29	Extremadamente Seco
1985-11-01	1986-01-01	2	-1.18	-2.29	-1.14	-1.14	Moderadamente Seco
1989-12-01	1990-06-01	6	-2.13	-5.02	-0.84	-0.55	Extremadamente Seco
1991-02-01	1992-07-01	17	-3.12	-24.72	-1.45	-1.24	Extremadamente Seco
1992-11-01	1993-03-01	4	-2.1	-3.91	-0.98	-0.9	Extremadamente Seco
1993-08-01	1993-09-01	1	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3	Moderadamente Seco
1994-10-01	1995-07-01	9	-2.16	-12.86	-1.43	-1.45	Extremadamente Seco
1996-12-01	1997-07-01	7	-2.31	-11.58	-1.65	-1.46	Extremadamente Seco
2001-06-01	2001-09-01	3	-2.04	-3.95	-1.32	-1.66	Extremadamente Seco
2002-08-01	2002-11-01	3	-2.59	-4.4	-1.47	-1.63	Extremadamente Seco
2003-05-01	2003-07-01	2	-1.1	-1.52	-0.76	-0.76	Moderadamente Seco
2003-11-01	2004-07-01	8	-2.07	-11.37	-1.42	-1.33	Extremadamente Seco
2005-06-01	2006-03-01	9	-3.18	-13.73	-1.53	-1.43	Extremadamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.15	-1.67	-0.84	-0.84	Moderadamente Seco
2010-10-01	2011-01-01	3	-1.39	-2.73	-0.91	-0.7	Moderadamente Seco
2011-07-01	2011-09-01	2	-1.81	-2.48	-1.24	-1.24	Severamente Seco

2011-10-01	2011-12-01	2	-1.36	-1.99	-0.99	-0.99	Moderadamente Seco
2015-10-01	2015-12-01	2	-1.07	-1.54	-0.77	-0.77	Moderadamente Seco
2016-11-01	2017-02-01	3	-1.4	-2.23	-0.74	-0.56	Moderadamente Seco
2018-08-01	2018-09-01	1	-1.17	-1.17	-1.17	-1.17	Moderadamente Seco
2020-04-01	2020-08-01	4	-1.96	-6.21	-1.55	-1.6	Severamente Seco
2020-10-01	2020-12-01	2	-2.28	-4.32	-2.16	-2.16	Extremadamente Seco

Resultados Est. Callancas: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-05-01	1981-08-01	3	-1.68	-4.15	-1.38	-1.34	Severamente Seco
1982-03-01	1982-09-01	6	-1.56	-7.11	-1.18	-1.37	Severamente Seco
1985-02-01	1985-09-01	7	-2.09	-9.36	-1.34	-1.29	Extremadamente Seco
1985-11-01	1986-01-01	2	-1.41	-2.59	-1.3	-1.3	Moderadamente Seco
1987-10-01	1988-01-01	3	-1.68	-3.63	-1.21	-1.08	Severamente Seco
1988-12-01	1989-03-01	3	-1.1	-1.47	-0.49	-0.34	Moderadamente Seco
1989-11-01	1990-09-01	10	-2.82	-14.74	-1.47	-1.46	Extremadamente Seco
1991-01-01	1991-10-01	9	-1.74	-9.9	-1.1	-1.11	Severamente Seco
1992-01-01	1993-03-01	14	-3.12	-26.83	-1.92	-2.1	Extremadamente Seco
1993-08-01	1993-09-01	1	-1.87	-1.87	-1.87	-1.87	Severamente Seco
1994-10-01	1994-12-01	2	-1.59	-1.82	-0.91	-0.91	Severamente Seco
1995-03-01	1995-07-01	4	-1.15	-3.4	-0.85	-1.08	Moderadamente Seco
1997-01-01	1997-08-01	7	-3	-6.69	-0.96	-0.81	Extremadamente Seco
2002-09-01	2002-10-01	1	-1.18	-1.18	-1.18	-1.18	Moderadamente Seco
2003-10-01	2004-07-01	9	-1.69	-7.95	-0.88	-0.88	Severamente Seco
2005-06-01	2006-01-01	7	-2.12	-11.99	-1.71	-1.87	Extremadamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.31	-1.58	-0.79	-0.79	Moderadamente Seco
2007-08-01	2007-10-01	2	-1.59	-2.79	-1.39	-1.39	Severamente Seco
2011-07-01	2011-12-01	5	-1.73	-5.12	-1.02	-1.13	Severamente Seco
2013-09-01	2013-10-01	1	-2.87	-2.87	-2.87	-2.87	Extremadamente Seco
2016-10-01	2017-01-01	3	-2.29	-5.28	-1.76	-1.86	Extremadamente Seco
2018-08-01	2018-12-01	4	-1.96	-3.12	-0.78	-0.53	Severamente Seco

2020-03-01	2020-07-01	4	-1.27	-4.14	-1.03	-1.04	Moderadamente Seco
------------	------------	---	-------	-------	-------	-------	--------------------

Resultados Est. Capachique: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-05-01	1981-08-01	3	-1.83	-4.94	-1.65	-1.72	Severamente Seco
1982-04-01	1982-09-01	5	-1.31	-4.34	-0.87	-0.78	Moderadamente Seco
1985-01-01	1985-09-01	8	-1.63	-10.44	-1.31	-1.54	Severamente Seco
1985-11-01	1986-01-01	2	-3.12	-5.08	-2.54	-2.54	Extremadamente Seco
1987-04-01	1987-08-01	4	-1.2	-3.13	-0.78	-0.85	Moderadamente Seco
1987-12-01	1988-01-01	1	-1.12	-1.12	-1.12	-1.12	Moderadamente Seco
1989-12-01	1990-06-01	6	-2.65	-10.04	-1.67	-1.59	Extremadamente Seco
1991-01-01	1993-03-01	26	-2.8	-41.31	-1.59	-1.52	Extremadamente Seco
1993-08-01	1993-09-01	1	-2.16	-2.16	-2.16	-2.16	Extremadamente Seco
1994-10-01	1994-12-01	2	-2.27	-3.55	-1.78	-1.78	Extremadamente Seco
1995-03-01	1995-07-01	4	-1.63	-4.82	-1.21	-1.34	Severamente Seco
1996-12-01	1997-08-01	8	-2.49	-8.77	-1.1	-1.06	Extremadamente Seco
2002-02-01	2002-03-01	1	-1.28	-1.28	-1.28	-1.28	Moderadamente Seco
2002-09-01	2002-11-01	2	-1.93	-1.97	-0.99	-0.99	Severamente Seco
2003-10-01	2004-07-01	9	-1.55	-8.1	-0.9	-1.13	Severamente Seco
2005-06-01	2005-12-01	6	-1.95	-7.15	-1.19	-1.3	Severamente Seco
2006-07-01	2006-08-01	1	-1.04	-1.04	-1.04	-1.04	Moderadamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.08	-1.47	-0.73	-0.73	Moderadamente Seco
2010-10-01	2010-12-01	2	-1.01	-1.43	-0.72	-0.72	Moderadamente Seco
2011-07-01	2011-12-01	5	-2.09	-5.07	-1.01	-1.17	Extremadamente Seco
2015-09-01	2015-12-01	3	-1.92	-3.89	-1.3	-1.5	Severamente Seco
2016-11-01	2017-01-01	2	-1.25	-1.33	-0.67	-0.67	Moderadamente Seco
2017-06-01	2017-07-01	1	-1.07	-1.07	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
2017-11-01	2018-12-01	13	-3.37	-21.09	-1.62	-1.38	Extremadamente Seco

Resultados Est. Cartavio: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-06-01	1981-08-01	2	-1.84	-3.57	-1.79	-1.79	Severamente Seco
1982-05-01	1982-11-01	6	-1.18	-3.36	-0.56	-0.64	Moderadamente Seco
1986-11-01	1987-01-01	2	-1.43	-1.89	-0.94	-0.94	Moderadamente Seco
1987-05-01	1987-08-01	3	-1.63	-4.47	-1.49	-1.44	Severamente Seco
1988-05-01	1989-01-01	8	-1.13	-4.2	-0.52	-0.48	Moderadamente Seco
1991-01-01	1991-06-01	5	-1.9	-5.43	-1.09	-1.08	Severamente Seco
2000-03-01	2000-06-01	3	-1.82	-2.05	-0.68	-0.13	Severamente Seco
2002-01-01	2002-02-01	1	-1.26	-1.26	-1.26	-1.26	Moderadamente Seco
2002-05-01	2002-11-01	6	-1.62	-6.75	-1.13	-1.16	Severamente Seco
2003-09-01	2004-06-01	9	-3.73	-12.02	-1.34	-1.17	Extremadamente Seco
2005-05-01	2006-04-01	11	-1.93	-14.98	-1.36	-1.46	Severamente Seco
2006-06-01	2006-08-01	2	-1.25	-2.39	-1.2	-1.2	Moderadamente Seco
2007-08-01	2007-11-01	3	-1.01	-2.84	-0.95	-0.94	Moderadamente Seco
2008-07-01	2008-11-01	4	-1.41	-1.68	-0.42	-0.13	Moderadamente Seco
2010-01-01	2010-04-01	3	-3.64	-3.93	-1.31	-0.26	Extremadamente Seco
2010-08-01	2010-11-01	3	-1.09	-1.39	-0.46	-0.25	Moderadamente Seco
2011-06-01	2012-01-01	7	-1.83	-7.47	-1.07	-0.9	Severamente Seco
2012-09-01	2012-12-01	3	-1.3	-2.96	-0.99	-1.21	Moderadamente Seco
2013-08-01	2014-03-01	7	-2.15	-7.28	-1.04	-1.02	Extremadamente Seco
2015-09-01	2015-12-01	3	-1.89	-4.51	-1.5	-1.57	Severamente Seco
2016-06-01	2017-01-01	7	-1.53	-8.08	-1.15	-1.34	Severamente Seco
2017-11-01	2018-01-01	2	-1.15	-1.46	-0.73	-0.73	Moderadamente Seco

Resultados Est. Casagrande: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-06-01	1982-09-01	15	-1.65	-13.46	-0.9	-0.87	Severamente Seco
1985-02-01	1985-06-01	4	-1.3	-4.28	-1.07	-1.14	Moderadamente Seco
1987-05-01	1987-09-01	4	-1.41	-3.63	-0.91	-1.04	Moderadamente Seco

1988-04-01	1988-07-01	3	-1.3	-2.72	-0.91	-1.12	Moderadamente Seco
1990-02-01	1990-07-01	5	-1.05	-4.09	-0.82	-0.94	Moderadamente Seco
1991-02-01	1991-05-01	3	-1.05	-2.03	-0.68	-0.55	Moderadamente Seco
1995-03-01	1995-06-01	3	-1.3	-3.24	-1.08	-1.22	Moderadamente Seco
2000-03-01	2000-06-01	3	-1.14	-2.09	-0.7	-0.95	Moderadamente Seco
2002-07-01	2003-06-01	11	-1.14	-8.2	-0.75	-0.8	Moderadamente Seco
2003-09-01	2003-12-01	3	-1.44	-3.49	-1.16	-1.1	Moderadamente Seco
2004-03-01	2004-06-01	3	-1.01	-2.64	-0.88	-0.97	Moderadamente Seco
2005-02-01	2006-03-01	13	-3.09	-14.1	-1.08	-0.87	Extremadamente Seco
2006-06-01	2006-08-01	2	-1.83	-3.09	-1.55	-1.55	Severamente Seco
2007-09-01	2008-02-01	5	-1.14	-2.1	-0.42	-0.32	Moderadamente Seco
2011-06-01	2011-12-01	6	-1.29	-4.88	-0.81	-0.71	Moderadamente Seco
2012-09-01	2012-10-01	1	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22	Moderadamente Seco
2013-09-01	2013-10-01	1	-1.14	-1.14	-1.14	-1.14	Moderadamente Seco
2016-06-01	2017-02-01	8	-2.66	-11.99	-1.5	-1.35	Extremadamente Seco
2017-06-01	2017-08-01	2	-2.11	-3.56	-1.78	-1.78	Extremadamente Seco
2018-10-01	2019-01-01	3	-1.75	-2.72	-0.91	-0.86	Severamente Seco

Resultados Est. Cascabamba: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-05-01	1981-08-01	3	-1.95	4.13	-1.38	-1.18	Severamente Seco
1982-03-01	1982-10-01	7	-2.02	7.56	-1.08	-1.33	Extremadamente Seco
1985-02-01	1985-07-01	5	-1.65	7.19	-1.44	-1.41	Severamente Seco
1985-11-01	1986-06-01	7	-2.47	6.35	-0.91	-0.72	Extremadamente Seco
1986-10-01	1986-12-01	2	-1.93	2.94	-1.47	-1.47	Severamente Seco
1987-12-01	1988-01-01	1	-1.11	1.11	-1.11	-1.11	Moderadamente Seco

1988-08-01	1988-10-01	2	-1.01	1.91	-0.95	-0.95	Moderadamente Seco
1990-01-01	1990-08-01	7	-1.54	8.23	-1.18	-1.3	Severamente Seco
1990-09-01	1990-10-01	1	-1.45	1.45	-1.45	-1.45	Moderadamente Seco
1991-01-01	1991-10-01	9	-1.5	7.42	-0.82	-0.67	Severamente Seco
1992-02-01	1992-06-01	4	-1.09	3.44	-0.86	-0.99	Moderadamente Seco
1992-11-01	1993-04-01	5	-1.88	5.03	-1.01	-1.01	Severamente Seco
1993-08-01	1993-09-01	1	-1.02	1.02	-1.02	-1.02	Moderadamente Seco
1994-10-01	1995-01-01	3	-1.75	2.49	-0.83	-0.41	Severamente Seco
1996-12-01	1997-06-01	6	-3.13	7.06	-1.18	-0.9	Extremadamente Seco
1998-12-01	1999-02-01	2	-1.53	1.73	-0.86	-0.86	Severamente Seco
2000-11-01	2000-12-01	1	-1.34	1.34	-1.34	-1.34	Moderadamente Seco
2001-08-01	2001-09-01	1	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3	Moderadamente Seco
2003-04-01	2003-07-01	3	-1.3	3.55	-1.18	-1.25	Moderadamente Seco
2003-09-01	2004-08-01	11	-1.77	8.82	-0.8	-0.68	Severamente Seco
2005-04-01	2006-02-01	10	-2.31	11.5	-1.15	-1.17	Extremadamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.34	1.75	-0.87	-0.87	Moderadamente Seco
2010-01-01	2010-09-01	8	-1.36	6.88	-0.86	-0.79	Moderadamente Seco
2010-12-01	2011-06-01	6	-1.55	6.25	-1.04	-1.01	Severamente Seco
2011-07-01	2012-04-01	9	-1.86	8.96	-1	-0.95	Severamente Seco
2012-08-01	2012-10-01	2	-2.28	4.24	-2.12	-2.12	Extremadamente Seco

2013-06-01	2013-07-01	1	-1.46	1.46	-1.46	-1.46	Moderadamente Seco
2013-08-01	2013-10-01	2	-2.33	3.77	-1.88	-1.88	Extremadamente Seco
2017-01-01	2017-04-01	3	-1.69	4.31	-1.44	-1.57	Severamente Seco
2020-03-01	2020-07-01	4	-1.88	6.15	-1.54	-1.69	Severamente Seco
2020-10-01	2020-12-01	2	-2.94	4.18	-2.09	-2.09	Extremadamente Seco

Resultados Est. Cascas: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-06-01	1981-08-01	2	-2.61	-4.04	-2.02	-2.02	Extremadamente Seco
1982-02-01	1982-09-01	7	-1.99	-8.83	-1.26	-1.21	Extremadamente Seco
1985-01-01	1985-07-01	6	-2.05	-9.83	-1.64	-1.76	Extremadamente Seco
1985-11-01	1986-01-01	2	-1.96	-3.01	-1.5	-1.5	Severamente Seco
1986-10-01	1987-01-01	3	-3.84	-6.46	-2.15	-2.29	Extremadamente Seco
1987-06-01	1987-08-01	2	-1.88	-2.92	-1.46	-1.46	Severamente Seco
1988-04-01	1989-02-01	10	-1.41	-6.19	-0.62	-0.41	Moderadamente Seco
1990-01-01	1990-10-01	9	-1.56	-9.44	-1.05	-1.17	Severamente Seco
1991-01-01	1991-07-01	6	-1.81	-5.44	-0.91	-0.74	Severamente Seco
1992-02-01	1992-05-01	3	-1.3	-2.72	-0.91	-0.9	Moderadamente Seco
1992-12-01	1993-02-01	2	-1.33	-2.46	-1.23	-1.23	Moderadamente Seco
1995-05-01	1995-07-01	2	-1.02	-1.65	-0.82	-0.82	Moderadamente Seco
1995-10-01	1996-01-01	3	-2.04	-2.85	-0.95	-0.66	Extremadamente Seco
1997-01-01	1997-06-01	5	-1.95	-3.89	-0.78	-0.68	Severamente Seco
1998-12-01	1999-02-01	2	-1.26	-1.56	-0.78	-0.78	Moderadamente Seco
2001-08-01	2001-09-01	1	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22	Moderadamente Seco
2002-01-01	2002-02-01	1	-1.28	-1.28	-1.28	-1.28	Moderadamente Seco
2002-07-01	2002-08-01	1	-1.75	-1.75	-1.75	-1.75	Severamente Seco
2003-03-01	2003-07-01	4	-1.16	-4.03	-1.01	-1.15	Moderadamente Seco

2003-09-01	2003-12-01	3	-2.36	-4.54	-1.51	-1.17	Extremadamente Seco
2004-05-01	2004-07-01	2	-1.27	-1.95	-0.97	-0.97	Moderadamente Seco
2005-06-01	2006-01-01	7	-2.61	-8.04	-1.15	-1.03	Extremadamente Seco
2006-07-01	2006-08-01	1	-1.38	-1.38	-1.38	-1.38	Moderadamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.37	-1.73	-0.86	-0.86	Moderadamente Seco
2010-08-01	2010-09-01	1	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22	Moderadamente Seco
2011-10-01	2011-12-01	2	-1.21	-1.68	-0.84	-0.84	Moderadamente Seco
2012-09-01	2012-10-01	1	-1.31	-1.31	-1.31	-1.31	Moderadamente Seco
2013-09-01	2013-10-01	1	-1.77	-1.77	-1.77	-1.77	Severamente Seco
2014-08-01	2014-09-01	1	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22	Moderadamente Seco
2015-09-01	2015-11-01	2	-1.37	-1.5	-0.75	-0.75	Moderadamente Seco
2016-09-01	2017-03-01	6	-1.62	-4.73	-0.79	-0.85	Severamente Seco
2017-08-01	2017-10-01	2	-1.96	-2.71	-1.36	-1.36	Severamente Seco
2018-09-01	2018-12-01	3	-1.56	-2.97	-0.99	-1.03	Severamente Seco
2019-05-01	2020-05-01	12	-1.94	-10.02	-0.84	-0.83	Severamente Seco

Resultados Est. Contumazá: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-06-01	1981-08-01	2	-1.88	-3.52	-1.76	-1.76	Severamente Seco
1982-02-01	1982-09-01	7	-2.02	-9.75	-1.39	-1.18	Extremadamente Seco
1983-07-01	1983-08-01	1	-1.03	-1.03	-1.03	-1.03	Moderadamente Seco
1983-09-01	1983-10-01	1	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22	Moderadamente Seco
1985-02-01	1985-07-01	5	-1.65	-6.85	-1.37	-1.46	Severamente Seco
1985-12-01	1986-05-01	5	-1.96	-4.37	-0.87	-0.71	Severamente Seco
1986-10-01	1987-01-01	3	-3.1	-4.85	-1.62	-1.6	Extremadamente Seco
1987-06-01	1987-08-01	2	-1.75	-3.08	-1.54	-1.54	Severamente Seco
1987-12-01	1988-01-01	1	-1.25	-1.25	-1.25	-1.25	Moderadamente Seco
1988-04-01	1989-02-01	10	-1.12	-6.69	-0.67	-0.73	Moderadamente Seco
1990-01-01	1990-08-01	7	-1.61	-8.47	-1.21	-1.31	Severamente Seco
1990-09-01	1990-10-01	1	-1.71	-1.71	-1.71	-1.71	Severamente Seco
1991-01-01	1991-07-01	6	-1.75	-5.72	-0.95	-0.73	Severamente Seco

1991-08-01	1991-10-01	2	-1.14	-2.18	-1.09	-1.09	Moderadamente Seco
1992-02-01	1992-05-01	3	-1.07	-1.72	-0.57	-0.63	Moderadamente Seco
1992-12-01	1993-03-01	3	-2.01	-3.36	-1.12	-1.03	Extremadamente Seco
1993-08-01	1993-09-01	1	-1	-1	-1	-1	Moderadamente Seco
1994-10-01	1995-01-01	3	-1.48	-2.21	-0.74	-0.36	Moderadamente Seco
1995-05-01	1995-08-01	3	-1.02	-2.02	-0.67	-0.76	Moderadamente Seco
1996-12-01	1997-06-01	6	-3.75	-8.05	-1.34	-0.84	Extremadamente Seco
1998-12-01	1999-02-01	2	-1.78	-2.31	-1.16	-1.16	Severamente Seco
2001-08-01	2001-09-01	1	-1.04	-1.04	-1.04	-1.04	Moderadamente Seco
2003-04-01	2003-07-01	3	-1.21	-3.07	-1.02	-1.1	Moderadamente Seco
2003-09-01	2003-12-01	3	-1.53	-4.03	-1.34	-1.42	Severamente Seco
2004-03-01	2004-09-01	6	-1.18	-4.55	-0.76	-0.93	Moderadamente Seco
2005-02-01	2006-02-01	12	-1.65	-11.69	-0.97	-1	Severamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.35	-1.73	-0.87	-0.87	Moderadamente Seco
2008-07-01	2008-08-01	1	-1.05	-1.05	-1.05	-1.05	Moderadamente Seco
2011-07-01	2011-09-01	2	-1.24	-2.14	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
2011-11-01	2012-02-01	3	-1.04	-1.59	-0.53	-0.54	Moderadamente Seco
2012-08-01	2012-10-01	2	-1.65	-2.68	-1.34	-1.34	Severamente Seco
2013-06-01	2013-07-01	1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	Moderadamente Seco
2013-09-01	2013-10-01	1	-1.65	-1.65	-1.65	-1.65	Severamente Seco
2016-09-01	2017-01-01	4	-1.96	-5.48	-1.37	-1.29	Severamente Seco
2018-09-01	2018-12-01	3	-1.46	-2.41	-0.8	-0.7	Moderadamente Seco
2020-03-01	2020-08-01	5	-1.52	-5	-1	-1.01	Severamente Seco
2020-10-01	2020-12-01	2	-2.76	-3.32	-1.66	-1.66	Extremadamente Seco

Resultados Est. Cospán: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-06-01	1981-08-01	2	-1.74	-2.58	-1.29	-1.29	Severamente Seco
1982-04-01	1982-09-01	5	-1.37	-5.51	-1.1	-1.28	Moderadamente Seco
1985-02-01	1985-07-01	5	-2.28	-8.2	-1.64	-1.77	Extremadamente Seco
1985-11-01	1986-06-01	7	-1.39	-4.94	-0.71	-0.53	Moderadamente Seco

1986-07-01	1986-08-01	1	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	Severamente Seco
1987-05-01	1987-08-01	3	-1.12	-2.2	-0.73	-0.78	Moderadamente Seco
1987-10-01	1988-01-01	3	-2.06	-3.91	-1.3	-1.19	Extremadamente Seco
1988-09-01	1988-10-01	1	-1.25	-1.25	-1.25	-1.25	Moderadamente Seco
1989-12-01	1990-08-01	8	-2.04	-10.99	-1.37	-1.55	Extremadamente Seco
1991-01-01	1991-10-01	9	-2.4	-13.96	-1.55	-1.96	Extremadamente Seco
1992-02-01	1992-07-01	5	-2.31	-6.51	-1.3	-1.24	Extremadamente Seco
1992-12-01	1993-03-01	3	-2.04	-4.54	-1.51	-1.75	Extremadamente Seco
1993-08-01	1993-09-01	1	-1.48	-1.48	-1.48	-1.48	Moderadamente Seco
1994-10-01	1995-02-01	4	-1.81	-3.24	-0.81	-0.57	Severamente Seco
1996-07-01	1996-08-01	1	-1.07	-1.07	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
1996-12-01	1997-08-01	8	-2	-8.63	-1.08	-0.82	Extremadamente Seco
2003-03-01	2003-07-01	4	-1.09	-2.62	-0.66	-0.76	Moderadamente Seco
2003-09-01	2004-07-01	10	-2.39	-9.44	-0.94	-0.78	Extremadamente Seco
2005-06-01	2006-02-01	8	-2.16	-9.99	-1.25	-1.24	Extremadamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.4	-2.61	-1.31	-1.31	Moderadamente Seco
2008-06-01	2008-08-01	2	-1.33	-2.25	-1.13	-1.13	Moderadamente Seco
2008-12-01	2009-01-01	1	-1.47	-1.47	-1.47	-1.47	Moderadamente Seco
2010-01-01	2010-03-01	2	-1.09	-1.35	-0.67	-0.67	Moderadamente Seco
2010-10-01	2011-01-01	3	-2.12	-4.14	-1.38	-1.29	Extremadamente Seco
2011-10-01	2011-12-01	2	-1.79	-3.27	-1.64	-1.64	Severamente Seco
2012-09-01	2012-10-01	1	-1.81	-1.81	-1.81	-1.81	Severamente Seco
2013-09-01	2013-10-01	1	-1.65	-1.65	-1.65	-1.65	Severamente Seco
2015-08-01	2015-11-01	3	-1.24	-2.72	-0.91	-1	Moderadamente Seco
2016-03-01	2016-08-01	5	-1.02	-3.13	-0.63	-0.71	Moderadamente Seco
2016-11-01	2017-01-01	2	-1.74	-2.26	-1.13	-1.13	Severamente Seco
2017-08-01	2017-09-01	1	-1.26	-1.26	-1.26	-1.26	Moderadamente Seco
2018-08-01	2018-09-01	1	-1.38	-1.38	-1.38	-1.38	Moderadamente Seco
2019-06-01	2019-10-01	4	-1.7	-5.33	-1.33	-1.33	Severamente Seco

Resultados Est. Guzmango: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-06-01	1981-08-01	2	-1.38	-2.67	-1.33	-1.33	Moderadamente Seco
1982-03-01	1982-09-01	6	-1.8	-6.4	-1.07	-1.14	Severamente Seco
1985-01-01	1985-07-01	6	-2.28	-10.79	-1.8	-1.86	Extremadamente Seco
1985-11-01	1986-01-01	2	-2.1	-3.18	-1.59	-1.59	Extremadamente Seco
1986-11-01	1987-01-01	2	-1.65	-1.78	-0.89	-0.89	Severamente Seco
1987-07-01	1987-08-01	1	-1.23	-1.23	-1.23	-1.23	Moderadamente Seco
1987-12-01	1988-01-01	1	-1.39	-1.39	-1.39	-1.39	Moderadamente Seco
1988-05-01	1988-06-01	1	-1.14	-1.14	-1.14	-1.14	Moderadamente Seco
1988-07-01	1989-02-01	7	-1.39	-4.37	-0.62	-0.39	Moderadamente Seco
1990-02-01	1990-08-01	6	-1.47	-6.34	-1.06	-1.1	Moderadamente Seco
1991-01-01	1991-07-01	6	-2.04	-6.13	-1.02	-0.78	Extremadamente Seco
1992-12-01	1993-03-01	3	-1.47	-2.64	-0.88	-0.97	Moderadamente Seco
1995-05-01	1995-07-01	2	-1.33	-2.14	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
1995-10-01	1996-01-01	3	-1.02	-2.04	-0.68	-1.01	Moderadamente Seco
1996-06-01	1996-08-01	2	-1.19	-2.04	-1.02	-1.02	Moderadamente Seco
1996-12-01	1997-06-01	6	-1.95	-6.15	-1.02	-0.91	Severamente Seco
1998-12-01	1999-01-01	1	-1.37	-1.37	-1.37	-1.37	Moderadamente Seco
2001-12-01	2002-03-01	3	-1.75	-3.16	-1.05	-1.04	Severamente Seco
2002-07-01	2002-08-01	1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	Moderadamente Seco
2003-03-01	2003-08-01	5	-1.48	-4.92	-0.98	-1.03	Moderadamente Seco
2003-10-01	2003-12-01	2	-1.12	-2.14	-1.07	-1.07	Moderadamente Seco
2004-03-01	2004-08-01	5	-1.65	-5.42	-1.08	-1.17	Severamente Seco
2004-12-01	2006-01-01	13	-1.7	-11	-0.85	-0.72	Severamente Seco
2006-07-01	2006-08-01	1	-1.05	-1.05	-1.05	-1.05	Moderadamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.41	-1.86	-0.93	-0.93	Moderadamente Seco
2010-12-01	2011-06-01	6	-1.17	-4.75	-0.79	-0.84	Moderadamente Seco
2011-07-01	2011-12-01	5	-1.29	-3.89	-0.78	-0.96	Moderadamente Seco
2013-06-01	2013-07-01	1	-1.16	-1.16	-1.16	-1.16	Moderadamente Seco
2015-09-01	2015-11-01	2	-1.05	-1.49	-0.74	-0.74	Moderadamente Seco
2016-07-01	2017-01-01	6	-4.01	-9.03	-1.51	-1.17	Extremadamente Seco

2018-08-01	2018-12-01	4	-2.77	-9.59	-2.4	-2.57	Extremadamente Seco
2019-06-01	2019-12-01	6	-3.86	-9.2	-1.53	-1.06	Extremadamente Seco
2020-03-01	2020-12-01	9	-1.46	-8.82	-0.98	-1.05	Moderadamente Seco

Resultados Est. La Fortuna: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1981-05-01	1981-08-01	3	-1.93	-3.53	-1.18	-1.26	Severamente Seco
1982-03-01	1982-10-01	7	-1.34	-6.12	-0.87	-1.03	Moderadamente Seco
1985-02-01	1985-09-01	7	-2.09	-11.23	-1.6	-1.6	Extremadamente Seco
1985-11-01	1986-01-01	2	-2.54	-3.47	-1.73	-1.73	Extremadamente Seco
1987-10-01	1988-04-01	6	-2.21	-5.32	-0.89	-0.68	Extremadamente Seco
1988-09-01	1988-10-01	1	-1.17	-1.17	-1.17	-1.17	Moderadamente Seco
1989-12-01	1990-10-01	10	-2.67	-12.8	-1.28	-1.2	Extremadamente Seco
1990-12-01	1991-11-01	11	-2.6	-12.52	-1.14	-1.09	Extremadamente Seco
1992-01-01	1992-08-01	7	-3.28	-13.48	-1.93	-1.93	Extremadamente Seco
1992-11-01	1993-03-01	4	-2.98	-7.7	-1.92	-1.68	Extremadamente Seco
1993-07-01	1993-09-01	2	-1.59	-3.03	-1.52	-1.52	Severamente Seco
1994-10-01	1994-12-01	2	-2.54	-3.31	-1.66	-1.66	Extremadamente Seco
1995-05-01	1995-07-01	2	-1.02	-1.28	-0.64	-0.64	Moderadamente Seco
1996-12-01	1997-08-01	8	-1.82	-9.03	-1.13	-1.34	Severamente Seco
2002-09-01	2002-11-01	2	-1.88	-1.93	-0.97	-0.97	Severamente Seco
2003-03-01	2003-07-01	4	-1.01	-3.3	-0.83	-0.9	Moderadamente Seco
2003-10-01	2003-12-01	2	-1.38	-2.32	-1.16	-1.16	Moderadamente Seco
2005-07-01	2006-01-01	6	-1.53	-4.63	-0.77	-0.65	Severamente Seco
2006-10-01	2006-12-01	2	-1.38	-2.17	-1.08	-1.08	Moderadamente Seco
2007-07-01	2007-10-01	3	-1.44	-2.96	-0.99	-0.96	Moderadamente Seco
2008-12-01	2009-02-01	2	-1.3	-1.33	-0.67	-0.67	Moderadamente Seco
2010-10-01	2010-12-01	2	-2.03	-2.73	-1.37	-1.37	Extremadamente Seco
2011-07-01	2011-12-01	5	-2.38	-6.8	-1.36	-1.13	Extremadamente Seco
2015-08-01	2015-11-01	3	-1.54	-3.13	-1.04	-1.09	Severamente Seco
2016-09-01	2017-01-01	4	-1.31	-2.83	-0.71	-0.75	Moderadamente Seco

2018-09-01	2019-02-01	5	-1.31	-2.86	-0.57	-0.46	Moderadamente Seco
2019-08-01	2019-10-01	2	-1.96	-2.82	-1.41	-1.41	Severamente Seco

Resultados Est. Lucma: SPI 03 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median	Clasificacion
1982-03-01	1982-10-01	7	-1.5	-7.26	-1.04	-1.01	Severamente Seco
1985-01-01	1985-09-01	8	-2.45	-12.69	-1.59	-1.6	Extremadamente Seco
1985-11-01	1986-01-01	2	-1.81	-2.77	-1.38	-1.38	Severamente Seco
1987-12-01	1988-06-01	6	-1.9	-3.29	-0.55	-0.27	Severamente Seco
1988-09-01	1988-10-01	1	-1.41	-1.41	-1.41	-1.41	Moderadamente Seco
1989-12-01	1990-10-01	10	-2.83	-13.45	-1.35	-1.31	Extremadamente Seco
1990-12-01	1991-10-01	10	-2.03	-13	-1.3	-1.31	Extremadamente Seco
1992-01-01	1992-08-01	7	-1.84	-8.42	-1.2	-1.3	Severamente Seco
1992-10-01	1993-03-01	5	-2.61	-8.75	-1.75	-1.6	Extremadamente Seco
1993-07-01	1993-09-01	2	-1.44	-2.59	-1.3	-1.3	Moderadamente Seco
1994-10-01	1994-12-01	2	-1.62	-1.78	-0.89	-0.89	Severamente Seco
1995-05-01	1995-07-01	2	-1.1	-1.62	-0.81	-0.81	Moderadamente Seco
1996-12-01	1997-07-01	7	-1.81	-7.95	-1.14	-1.22	Severamente Seco
2002-09-01	2002-10-01	1	-1.37	-1.37	-1.37	-1.37	Moderadamente Seco
2003-04-01	2003-07-01	3	-1.12	-2.88	-0.96	-1.05	Moderadamente Seco
2003-09-01	2003-12-01	3	-2.33	-4.37	-1.46	-1.56	Extremadamente Seco
2004-03-01	2004-09-01	6	-1.06	-4.47	-0.74	-0.9	Moderadamente Seco
2005-06-01	2006-01-01	7	-3.36	-12.63	-1.8	-1.44	Extremadamente Seco
2007-07-01	2007-10-01	3	-1.19	-3.1	-1.03	-1.15	Moderadamente Seco
2008-12-01	2009-01-01	1	-1.25	-1.25	-1.25	-1.25	Moderadamente Seco
2010-10-01	2011-01-01	3	-1.23	-1.68	-0.56	-0.25	Moderadamente Seco
2011-07-01	2011-12-01	5	-1.47	-4.87	-0.97	-1.15	Moderadamente Seco
2012-09-01	2012-10-01	1	-1.71	-1.71	-1.71	-1.71	Severamente Seco
2013-09-01	2013-10-01	1	-1.28	-1.28	-1.28	-1.28	Moderadamente Seco
2016-09-01	2017-01-01	4	-2.67	-6.66	-1.67	-1.59	Extremadamente Seco
2020-03-01	2020-07-01	4	-1.58	-4.41	-1.1	-1.06	Severamente Seco

...

Anexo 03 Resultados SPI 06 meses

Fecha	Asunción	Cachachi	Callancas	Capachique	Casagrande	Cascabamba	Cascas	Contumazá	Cospán	Guzmango	La_Fortuna	Lucma	Marmot	Pte_Coina
Ene-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Feb-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mar-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Abr-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
May-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Jun-81	-0.55	-0.32	-0.02	-0.32	-0.64	-0.26	0.23	-0.27	0.02	0.12	-0.53	0.05	0.11	-0.37
Jul-81	-0.74	-0.36	-0.06	-0.43	-0.49	-0.52	0.18	-0.41	-0.35	0.00	-0.72	-0.07	-0.02	-0.40
Ago-81	-0.77	-1.56	-1.03	-1.39	-0.34	-0.88	-0.01	-0.77	-0.61	-0.16	-1.21	-0.34	-0.37	-1.19
Set-81	-1.55	-2.16	-1.77	-1.75	-1.54	-1.80	-1.32	-1.76	-1.57	-1.21	-2.57	-0.77	-1.26	-1.94
Oct-81	0.67	-0.46	-0.32	-0.58	-1.50	0.10	-0.84	-0.31	-0.43	-0.25	-0.03	0.28	-0.08	0.14
Nov-81	0.77	0.24	-0.18	0.29	-0.80	0.32	0.10	0.10	0.25	0.18	-0.05	0.63	-0.12	0.17
Dic-81	0.82	0.80	-0.08	0.57	-0.54	-0.06	-0.44	-0.07	0.24	0.16	0.36	0.26	-1.04	0.40
Ene-82	0.43	0.44	-0.19	0.41	-0.79	0.12	-0.39	-0.30	0.03	-0.16	0.32	0.23	-0.19	0.19
Feb-82	-0.02	0.03	-0.78	-0.03	-1.05	-0.62	-1.07	-1.05	-0.42	-0.93	-0.33	-0.38	-1.08	-0.43
Mar-82	-0.33	-0.43	-1.19	-0.53	-1.08	-1.23	-1.47	-1.63	-0.78	-1.44	-0.81	-0.84	-1.35	-0.97
Abr-82	-0.47	-0.62	-1.27	-0.78	-1.11	-1.26	-1.52	-1.63	-0.86	-1.36	-0.93	-0.96	-1.54	-1.37
May-82	-0.52	-0.65	-1.18	-0.78	-1.29	-1.26	-1.55	-1.67	-0.89	-1.37	-0.90	-0.97	-1.55	-1.18
Jun-82	-0.60	-1.26	-1.36	-1.02	-1.37	-1.33	-1.57	-1.74	-1.10	-1.53	-1.14	-1.11	-1.45	-1.46
Jul-82	-0.75	-1.28	-1.63	-1.35	-1.22	-1.96	-1.86	-1.96	-1.36	-1.64	-1.50	-1.51	-2.40	-1.73
Ago-82	-0.69	-1.40	-1.41	-1.37	-1.42	-1.50	-1.62	-1.76	-1.36	-1.36	-1.21	-1.35	-1.91	-1.61
Set-82	-0.23	-0.50	-0.51	-0.63	-0.83	-0.24	-0.51	-0.52	-1.21	-0.15	-0.57	-0.75	-1.42	-0.89
Oct-82	0.69	0.84	0.35	0.44	-0.52	0.04	0.24	-0.40	-0.40	-0.05	-0.08	-0.07	-0.54	0.82
Nov-82	1.00	1.41	1.04	1.07	0.13	0.58	0.51	0.00	0.66	0.26	0.36	0.55	0.90	1.31
Dic-82	0.95	1.44	0.99	0.96	0.10	0.98	0.69	0.58	0.47	1.59	0.55	0.61	0.55	1.20

Ene-83	0.80	1.21	1.44	1.37	0.44	1.47	1.36	1.29	0.90	1.73	0.98	1.25	1.38	1.51
Feb-83	0.26	0.43	0.77	0.84	0.50	1.11	0.96	0.71	0.36	1.17	0.72	0.83	1.13	0.79
Mar-83	0.92	0.59	1.04	0.98	0.74	1.64	1.70	1.39	0.82	1.54	0.98	1.24	1.33	0.97
Abr-83	0.97	0.78	1.45	1.45	0.93	2.12	1.96	2.10	1.31	2.10	1.67	1.90	1.69	1.35
May-83	1.01	1.03	1.48	1.49	1.20	2.06	1.96	2.05	1.34	2.10	1.81	1.99	1.69	1.33
Jun-83	1.06	0.93	1.52	1.52	1.50	2.16	2.04	2.08	1.49	2.07	1.87	2.11	1.87	1.34
Jul-83	1.22	1.00	1.44	1.41	1.41	2.16	2.09	2.06	1.57	2.01	1.98	2.23	1.75	1.26
Ago-83	1.91	2.00	2.08	2.02	1.73	2.56	2.83	2.61	2.24	2.40	2.19	2.61	2.11	1.90
Set-83	1.82	2.17	2.71	2.53	2.33	2.47	3.23	3.22	3.48	3.07	2.66	2.99	2.29	2.55
Oct-83	0.22	1.34	1.35	1.34	1.89	0.32	0.46	0.31	1.17	1.16	2.14	2.12	1.26	1.23
Nov-83	-1.72	-0.87	0.04	0.11	0.82	0.02	0.08	0.41	-0.19	0.82	0.02	0.75	0.31	-0.12
Dic-83	-0.21	0.35	0.37	0.41	-0.23	0.85	0.13	0.67	0.91	0.70	0.43	0.95	1.06	0.56
Ene-84	-0.92	-0.33	-0.51	-0.55	-0.56	0.27	-0.19	0.27	0.23	0.13	-0.40	0.50	0.22	-0.18
Feb-84	0.51	1.01	1.12	1.05	-0.11	1.09	0.91	1.27	1.61	0.71	0.69	1.20	0.74	1.35
Mar-84	-0.20	0.88	0.70	0.79	0.00	0.56	0.53	0.50	0.91	0.41	0.14	0.50	0.55	1.01
Abr-84	-0.22	0.95	0.57	0.59	-0.03	0.44	0.45	0.28	0.84	0.17	0.00	0.29	0.27	0.86
May-84	0.06	1.34	0.67	0.69	0.20	0.50	0.47	0.32	0.96	0.20	0.02	0.24	0.35	1.01
Jun-84	-0.13	1.24	0.64	0.63	0.33	0.33	0.48	0.27	0.78	0.16	-0.08	0.10	0.14	0.86
Jul-84	0.21	1.80	1.10	1.23	0.51	0.60	0.72	0.39	1.19	0.29	0.33	0.24	0.43	1.36
Ago-84	-1.22	1.13	-0.02	0.05	0.46	-0.40	-0.48	-0.77	-0.19	-0.20	-0.45	-0.52	-0.06	0.29
Set-84	0.06	1.55	0.45	0.17	0.81	0.17	-0.20	-0.11	0.98	-0.49	0.00	-0.01	-0.21	0.64
Oct-84	1.88	1.94	1.14	1.20	1.14	1.21	1.38	1.49	2.02	1.01	0.81	1.06	1.51	1.30
Nov-84	1.82	1.07	1.32	0.94	0.18	1.49	1.05	1.50	2.04	1.12	1.24	1.70	1.45	1.30
Dic-84	1.26	0.18	0.70	-0.39	-0.22	0.65	0.05	0.79	1.13	0.05	0.22	0.59	0.05	0.69
Ene-85	-0.06	-0.57	-0.31	-1.32	-0.56	-0.26	-0.73	-0.02	-0.40	-1.08	-0.69	-0.78	-1.15	-0.17
Feb-85	-0.76	-1.73	-0.61	-1.38	-0.87	-0.66	-1.36	-0.48	-1.08	-1.64	-1.20	-1.16	-1.40	-0.80
Mar-85	-1.08	-2.19	-0.87	-1.65	-1.00	-0.86	-1.63	-0.98	-1.37	-1.75	-1.40	-1.36	-1.57	-1.17
Abr-85	-1.69	-2.79	-1.26	-2.03	-1.11	-1.45	-1.83	-1.45	-1.86	-2.13	-2.10	-2.12	-1.96	-1.70
May-85	-1.82	-2.80	-1.52	-2.18	-0.89	-1.52	-1.84	-1.46	-1.76	-2.15	-2.15	-2.17	-2.16	-2.10
Jun-85	-1.77	-3.30	-1.70	-1.94	-0.88	-1.63	-1.87	-1.53	-2.08	-2.12	-2.41	-2.54	-2.09	-2.26
Jul-85	-1.65	-3.02	-1.49	-1.68	-0.68	-1.51	-1.76	-1.47	-1.68	-1.82	-2.30	-2.35	-1.74	-2.13

Ago-85	-1.26	-2.03	-1.53	-1.69	-0.59	-1.26	-1.42	-1.46	-1.20	-1.49	-2.12	-2.37	-1.70	-1.85
Set-85	-0.86	-1.15	-1.40	-1.24	0.27	-1.19	-0.62	-0.87	-0.67	-0.92	-2.59	-3.22	-1.10	-1.78
Oct-85	0.03	-0.78	-1.36	-1.25	0.41	-0.43	-0.07	0.06	0.35	0.00	-1.49	-1.13	-1.15	-2.10
Nov-85	-1.86	-1.74	-1.36	-1.99	-0.04	-1.38	-1.16	-0.90	-1.39	-0.76	-2.66	-2.72	-2.40	-1.95
Dic-85	-2.38	-1.15	-1.12	-2.30	-0.26	-1.86	-1.13	-1.50	-0.71	-1.47	-1.06	-0.93	-2.60	-1.44
Ene-86	-1.39	-0.68	0.25	0.27	0.58	-0.26	0.40	-0.33	-0.65	0.15	-0.04	0.05	-0.25	-0.13
Feb-86	-1.38	-0.77	-0.29	0.00	0.11	-1.11	-0.40	-1.42	-0.91	-0.60	-0.22	-0.49	-0.70	-0.22
Mar-86	-1.26	-0.78	-0.62	-0.25	-0.07	-1.03	-0.67	-1.00	-1.07	-0.84	-0.65	-0.82	-1.05	-0.51
Abr-86	-0.64	0.14	-0.27	0.34	-0.02	-0.56	-0.44	-0.35	-0.63	-0.34	0.01	-0.22	-0.41	0.15
May-86	-0.45	0.20	-0.22	0.40	-0.02	-0.51	-0.41	-0.31	-0.59	-0.31	0.09	-0.12	-0.39	0.27
Jun-86	-0.26	0.34	-0.15	0.69	0.12	-0.37	-0.39	-0.18	-0.63	-0.24	0.20	-0.12	-0.24	0.39
Jul-86	-0.32	0.32	-0.68	0.20	-0.33	-0.76	-0.86	-0.34	-0.71	-0.48	-0.04	-0.44	-0.64	0.10
Ago-86	0.08	0.75	-0.28	0.50	-0.13	-0.05	-0.31	0.34	-0.40	-0.05	0.17	-0.01	-0.29	0.27
Set-86	1.06	1.10	0.22	1.23	0.14	0.60	1.02	1.16	0.41	1.10	1.05	0.86	0.71	1.06
Oct-86	-1.21	-0.82	-1.31	-0.33	-0.03	-1.23	-1.68	-1.84	-1.30	-0.96	-0.32	-0.80	-1.67	-0.94
Nov-86	-0.55	-0.29	-0.31	0.24	-0.76	-1.87	-2.86	-2.96	-0.57	-1.24	0.08	-0.45	-0.57	-0.25
Dic-86	0.50	0.09	0.02	0.60	-0.53	0.45	-0.36	-0.26	1.06	-0.20	0.51	0.56	0.74	0.27
Ene-87	1.72	1.07	0.85	1.23	0.32	1.29	1.21	1.06	1.34	0.83	0.89	0.98	0.99	0.87
Feb-87	1.06	0.95	0.32	0.76	0.12	1.01	0.72	0.69	1.14	0.41	0.64	0.69	0.77	0.59
Mar-87	0.46	0.41	-0.01	0.18	-0.08	0.52	0.44	0.31	0.48	0.13	0.01	0.10	0.59	0.05
Abr-87	0.56	0.57	0.10	0.04	-0.11	0.50	0.38	0.13	0.44	0.00	-0.04	0.07	0.47	0.23
May-87	0.51	0.43	-0.01	-0.05	-0.35	0.50	0.38	0.15	0.39	-0.01	-0.09	0.03	0.44	0.13
Jun-87	0.32	0.40	-0.07	-0.21	-0.26	0.29	0.38	0.05	0.02	-0.05	-0.21	-0.15	0.27	-0.01
Jul-87	-0.64	-0.31	-0.66	-1.09	-0.74	-0.49	-0.31	-0.50	-0.46	-0.42	-0.65	-0.62	-0.02	-0.52
Ago-87	-0.72	-0.63	-0.54	-1.14	-1.19	-0.61	-0.40	-0.71	-0.94	-0.49	-0.67	-0.71	-0.11	-0.59
Set-87	0.00	0.37	-0.19	-0.45	-1.13	-0.32	-0.78	-1.31	-0.44	-0.75	-0.08	-0.22	-0.40	0.17
Oct-87	-1.23	-0.91	-1.28	-0.76	-1.09	-1.09	-1.77	-1.28	-1.17	-1.13	-0.92	-0.72	-0.92	-0.99
Nov-87	-0.08	-0.27	-0.78	-0.11	-0.23	-0.08	-0.31	-0.23	-0.35	-0.39	-0.44	-0.36	-0.44	-0.36
Dic-87	-0.80	-1.05	-1.70	-1.05	-0.34	-0.81	-0.66	-0.93	-1.75	-1.09	-2.20	-2.26	-1.23	-1.46
...

Anexo 04. Resultados SPI 12 meses

Fecha	Asuncion	Cachachi	Callancas	Capachique	Casagrande	Cascabamba	Cascas	Contumaza	Cospan	Guzmango	La_Fortuna	Lucma	Marmot	Pte_Coina
Ene-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Feb-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mar-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Abr-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
May-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Jun-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Jul-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Ago-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Set-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Oct-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Nov-81	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Dic-81	-0.29	0.03	-0.09	-0.16	-0.72	-0.31	0.15	-0.33	0.05	0.09	-0.39	0.07	-0.14	-0.23
Ene-82	-0.51	-0.08	-0.24	-0.19	-0.83	-0.49	-0.12	-0.58	-0.36	-0.18	-0.46	-0.03	-0.23	-0.31
Feb-82	-0.53	-0.79	-1.16	-0.83	-0.98	-0.98	-0.78	-1.20	-0.72	-0.76	-1.00	-0.47	-0.98	-1.02
Mar-82	-0.65	-1.09	-1.52	-0.97	-1.57	-1.53	-1.56	-1.86	-1.06	-1.57	-1.37	-0.97	-1.57	-1.43
Abr-82	-0.40	-0.75	-1.34	-0.87	-1.54	-1.20	-1.55	-1.67	-1.01	-1.37	-0.93	-0.93	-1.61	-1.30
May-82	-0.38	-0.62	-1.23	-0.71	-1.40	-1.19	-1.51	-1.64	-0.90	-1.36	-0.90	-0.91	-1.55	-1.13
Jun-82	-0.39	-0.65	-1.25	-0.71	-1.32	-1.19	-1.51	-1.63	-0.94	-1.35	-0.91	-0.94	-1.57	-1.12
Jul-82	-0.37	-0.64	-1.24	-0.71	-1.31	-1.19	-1.51	-1.62	-0.93	-1.35	-0.91	-0.94	-1.56	-1.11
Ago-82	-0.40	-0.68	-1.27	-0.74	-1.32	-1.23	-1.52	-1.66	-0.98	-1.36	-0.95	-0.99	-1.62	-1.17
Set-82	-0.38	-0.59	-1.19	-0.67	-1.26	-1.21	-1.47	-1.61	-0.95	-1.34	-0.92	-0.96	-1.60	-1.11
Oct-82	-0.34	-0.34	-1.08	-0.65	-1.17	-1.20	-1.46	-1.61	-0.88	-1.33	-0.89	-0.92	-1.55	-0.99
Nov-82	-0.26	-0.30	-0.86	-0.56	-1.18	-1.07	-1.45	-1.57	-0.74	-1.31	-0.82	-0.86	-1.27	-0.65
Dic-82	-0.29	-0.35	-0.84	-0.59	-1.00	-0.84	-1.33	-1.42	-0.82	-0.99	-0.82	-0.84	-1.13	-0.67
Ene-83	-0.29	-0.12	-0.34	-0.12	-0.61	-0.30	-0.30	-0.84	-0.54	-0.45	-0.57	-0.47	-0.65	-0.31
Feb-83	-0.26	-0.38	-0.14	-0.09	-0.30	0.12	0.25	-0.44	-0.49	0.08	-0.31	-0.27	-0.05	-0.27
Mar-83	0.81	0.30	0.81	0.71	0.51	1.40	1.63	1.14	0.56	1.35	0.63	0.80	0.91	0.64

Abr-83	1.07	0.92	1.46	1.45	0.79	2.05	1.98	2.09	1.28	2.10	1.63	1.86	1.71	1.44
May-83	1.18	1.29	1.59	1.56	1.17	2.09	1.99	2.08	1.43	2.12	1.83	2.07	1.76	1.56
Jun-83	1.19	1.33	1.61	1.59	1.23	2.11	1.99	2.09	1.47	2.12	1.85	2.10	1.79	1.57
Jul-83	1.19	1.33	1.61	1.58	1.23	2.11	1.99	2.08	1.48	2.12	1.84	2.09	1.78	1.56
Ago-83	1.20	1.35	1.61	1.58	1.22	2.11	1.99	2.08	1.48	2.12	1.86	2.09	1.79	1.56
Set-83	1.19	1.30	1.59	1.56	1.23	2.10	1.98	2.07	1.46	2.12	1.85	2.09	1.78	1.55
Oct-83	0.94	1.07	1.52	1.52	1.20	2.07	1.97	2.06	1.37	2.13	1.83	2.03	1.75	1.43
Nov-83	0.72	0.86	1.40	1.45	1.20	1.99	1.96	2.03	1.27	2.11	1.76	2.00	1.66	1.20
Dic-83	0.91	0.96	1.49	1.50	1.19	2.19	2.05	2.14	1.55	2.13	1.81	2.19	1.95	1.34
Ene-84	0.66	0.55	1.01	0.89	0.99	1.90	1.81	1.97	1.34	1.94	1.53	2.00	1.55	0.91
Feb-84	1.48	1.81	1.88	1.88	1.07	2.16	2.15	2.44	2.37	2.15	1.96	2.33	1.77	1.96
Mar-84	0.22	1.59	1.34	1.47	0.71	1.18	0.93	1.34	1.60	1.22	1.34	1.60	1.20	1.65
Abr-84	-0.24	1.22	0.76	0.76	0.40	0.43	0.45	0.27	1.02	0.24	0.34	0.62	0.38	1.05
May-84	-0.27	1.19	0.63	0.66	0.25	0.46	0.45	0.33	0.93	0.23	0.01	0.30	0.35	0.92
Jun-84	-0.26	1.17	0.64	0.64	0.14	0.46	0.45	0.33	0.92	0.23	0.01	0.30	0.34	0.91
Jul-84	-0.25	1.20	0.66	0.66	0.14	0.48	0.45	0.35	0.93	0.23	0.04	0.34	0.36	0.95
Ago-84	-0.23	1.22	0.67	0.67	0.15	0.48	0.45	0.35	0.96	0.24	0.05	0.36	0.37	0.97
Set-84	-0.20	1.25	0.68	0.70	0.14	0.50	0.47	0.38	0.97	0.24	0.05	0.36	0.37	1.00
Oct-84	0.17	1.41	0.69	0.71	0.18	0.57	0.48	0.41	1.10	0.23	0.09	0.40	0.42	1.01
Nov-84	0.48	1.53	0.82	0.78	0.18	0.66	0.49	0.47	1.20	0.26	0.16	0.42	0.49	1.19
Dic-84	0.20	1.19	0.72	0.44	0.17	0.42	0.44	0.37	0.97	0.12	-0.05	0.20	0.09	0.94
Ene-85	0.04	1.14	0.76	0.47	0.13	0.26	0.33	0.25	0.75	-0.10	-0.07	-0.18	-0.16	1.00
Feb-85	-1.36	-0.43	-0.46	-0.91	-0.29	-0.73	-1.25	-0.87	-0.91	-1.12	-1.01	-1.00	-0.92	-0.37
Mar-85	-1.04	-0.96	-0.63	-1.35	-0.64	-0.71	-1.48	-0.88	-0.99	-1.61	-1.16	-1.09	-1.38	-0.80
Abr-85	-1.16	-1.51	-0.94	-1.58	-0.63	-1.07	-1.60	-1.15	-1.26	-1.85	-1.84	-1.82	-1.57	-1.20
May-85	-1.12	-2.14	-1.11	-1.76	-0.87	-1.10	-1.62	-1.12	-1.24	-1.85	-1.79	-1.79	-1.65	-1.42
Jun-85	-1.16	-2.22	-1.18	-1.81	-0.84	-1.15	-1.63	-1.16	-1.29	-1.85	-1.89	-1.89	-1.71	-1.49
Jul-85	-1.18	-2.29	-1.22	-1.86	-0.84	-1.18	-1.63	-1.18	-1.34	-1.86	-1.95	-1.95	-1.75	-1.56
Ago-85	-1.18	-2.29	-1.21	-1.84	-0.84	-1.14	-1.63	-1.14	-1.35	-1.85	-1.93	-1.93	-1.74	-1.54
Set-85	-1.20	-2.27	-1.13	-1.81	-0.80	-1.15	-1.63	-1.16	-1.36	-1.84	-1.92	-1.93	-1.71	-1.50
Oct-85	-1.61	-2.78	-1.39	-2.08	-0.86	-1.46	-1.76	-1.38	-1.60	-2.01	-2.16	-2.14	-2.02	-1.95

Nov-85	-2.10	-3.11	-1.68	-2.42	-0.86	-1.65	-1.87	-1.52	-1.90	-2.15	-2.38	-2.37	-2.35	-2.41
Dic-85	-2.24	-3.34	-1.91	-2.50	-0.82	-2.01	-2.05	-1.84	-2.03	-2.38	-2.45	-2.54	-2.56	-2.53
Ene-86	-2.33	-2.47	-1.08	-1.15	-0.27	-1.47	-1.17	-1.48	-1.72	-1.58	-1.72	-1.69	-1.56	-1.70
Feb-86	-1.86	-1.66	-1.03	-0.95	-0.35	-1.51	-1.08	-1.87	-1.40	-1.43	-1.36	-1.58	-1.51	-1.17
Mar-86	-1.43	-1.14	-0.91	-0.60	-0.10	-1.23	-0.73	-1.10	-1.15	-0.97	-1.23	-1.42	-1.27	-0.96
Abr-86	-0.70	-0.11	-0.51	0.15	-0.03	-0.63	-0.45	-0.38	-0.62	-0.36	-0.15	-0.37	-0.60	-0.22
May-86	-0.83	-0.17	-0.45	0.16	-0.06	-0.70	-0.47	-0.45	-0.84	-0.39	-0.14	-0.36	-0.63	-0.12
Jun-86	-0.83	-0.16	-0.44	0.19	-0.04	-0.70	-0.47	-0.45	-0.84	-0.40	-0.12	-0.35	-0.62	-0.09
Jul-86	-0.84	-0.17	-0.42	0.21	-0.04	-0.70	-0.47	-0.45	-0.83	-0.40	-0.10	-0.33	-0.60	-0.04
Ago-86	-0.83	-0.14	-0.38	0.22	-0.04	-0.71	-0.47	-0.46	-0.82	-0.39	-0.06	-0.29	-0.58	-0.03
Set-86	-0.87	-0.21	-0.50	0.15	-0.11	-0.73	-0.50	-0.50	-0.84	-0.42	-0.11	-0.33	-0.61	-0.12
Oct-86	-0.82	-0.12	-0.45	0.25	-0.10	-0.71	-0.49	-0.49	-0.78	-0.40	-0.04	-0.31	-0.57	-0.04
Nov-86	-0.56	0.10	-0.28	0.40	-0.11	-0.70	-0.49	-0.51	-0.67	-0.40	0.08	-0.18	-0.45	0.16
Dic-86	-0.14	0.29	-0.19	0.76	-0.08	-0.27	-0.48	-0.28	-0.23	-0.32	0.28	-0.01	-0.08	0.38
Ene-87	0.63	0.79	-0.17	0.78	-0.20	0.16	-0.03	0.04	0.15	-0.23	0.34	0.06	-0.07	0.43
Feb-87	0.78	1.05	0.00	0.77	-0.11	0.59	0.34	0.53	0.56	0.10	0.41	0.32	0.26	0.48
Mar-87	0.61	0.73	0.01	0.50	-0.16	0.56	0.50	0.52	0.50	0.34	0.39	0.35	0.65	0.33
Abr-87	0.38	0.30	-0.12	-0.04	-0.22	0.34	0.33	-0.03	0.24	-0.08	-0.10	-0.05	0.32	0.01
May-87	0.36	0.33	-0.10	-0.03	-0.46	0.31	0.32	-0.06	0.29	-0.10	-0.09	-0.04	0.36	0.02
Jun-87	0.37	0.34	-0.10	-0.04	-0.42	0.32	0.32	-0.06	0.29	-0.10	-0.08	-0.03	0.37	0.02
Jul-87	0.38	0.36	-0.10	-0.04	-0.42	0.33	0.32	-0.04	0.32	-0.09	-0.08	-0.02	0.38	0.02
Ago-87	0.38	0.35	-0.12	-0.04	-0.42	0.34	0.32	-0.02	0.32	-0.09	-0.10	-0.04	0.36	0.02
Set-87	0.39	0.42	-0.10	-0.01	-0.38	0.35	0.33	0.00	0.34	-0.08	-0.09	-0.03	0.36	0.05
Oct-87	0.37	0.28	-0.09	-0.08	-0.38	0.35	0.33	0.01	0.25	-0.08	-0.15	-0.02	0.36	0.02
Nov-87	0.43	0.33	-0.14	-0.09	-0.38	0.45	0.36	0.10	0.31	-0.05	-0.15	-0.02	0.37	0.01
Dic-87	0.09	-0.09	-0.47	-0.53	-0.35	0.06	0.28	-0.16	-0.40	-0.22	-0.74	-0.61	0.00	-0.48
...

Anexo 05. Características de las sequías en cada una de las estaciones (SPI 12)

Resultados Est. Cartavio: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-03-01	12	-1.45	-13.39	-1.12	-1.2
1991-01-01	1993-02-01	25	-1.65	-21.57	-0.86	-0.4
2000-12-01	2001-02-01	2	-1.04	-1.23	-0.62	-0.62
2003-02-01	2007-05-01	51	-2.7	-68.6	-1.35	-1.31
2010-01-01	2011-01-01	12	-1.85	-6.77	-0.56	-0.47
2016-12-01	2017-01-01	1	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22
		17.17	-1.65	18.80		

Resultados Est. Cachachi: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-03-01	12	-1.1	-6.14	-0.51	-0.57
1985-04-01	1986-11-01	19	-2.84	-26.4	-1.39	-1.7
1990-02-01	1993-11-01	45	-3.63	-71.36	-1.59	-1.45
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.77	-14.35	-1.43	-1.58
2003-12-01	2006-03-01	27	-1.68	-24.77	-0.92	-0.91
2016-03-01	2017-04-01	13	-1.33	-13.29	-1.02	-1.05
		21.00	-2.06	26.05		

Resultados Est. LaFortuna: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-03-01	12	-1.34	-9.27	-0.77	-0.82
1985-02-01	1986-11-01	21	-2.14	-23.13	-1.1	-1.34
1990-02-01	1993-12-01	46	-3.83	-85.38	-1.86	-2.01
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.96	-15.99	-1.6	-1.71
		22.25	-2.32	33.44		

Resultados Est. Contumazá: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-02-01	1983-03-01	13	-1.97	-19.79	-1.52	-1.7
1985-04-01	1987-01-01	21	-1.97	-21.26	-1.01	-1.18
1988-03-01	1989-03-01	12	-1.26	-11.74	-0.98	-1
1990-04-01	1993-03-01	35	-1.93	-30.5	-0.87	-0.95
1997-03-01	1997-12-01	9	-1.32	-8.23	-0.91	-0.94
2003-11-01	2006-03-01	28	-1.51	-33.48	-1.2	-1.2
		19.67	-1.66	20.83		

Resultados Est. Asunción: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1985-02-01	1987-01-01	23	-2.28	-28.46	-1.24	-1.22
1990-02-01	1994-01-01	47	-2.52	-64.56	-1.37	-1.33
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.45	-11.62	-1.16	-1.25
2003-10-01	2006-03-01	29	-1.72	-32.76	-1.13	-1.15
		27.25	-1.99	34.35		

Resultados Est. PtePalmira: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-02-01	1983-02-01	12	-1.33	-13	-1.08	-1.27
1985-01-01	1987-02-01	25	-1.58	-22.7	-0.91	-0.99
1988-12-01	1989-01-01	1	-1.18	-1.18	-1.18	-1.18
1990-01-01	1993-02-01	37	-1.55	-34.7	-0.94	-0.87
1997-02-01	1997-11-01	9	-1.1	-7.73	-0.86	-0.88
2003-12-01	2006-02-01	26	-1.17	-21.19	-0.81	-0.8
2020-02-01	2020-12-01	10	-1.63	-13.12	-1.31	-1.23
		17.14	-1.36	16.77		

Resultados Est. Guzmango: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-02-01	11	-1.67	-14.48	-1.32	-1.42
1985-02-01	1987-02-01	24	-2.43	-29.49	-1.23	-1.35
1989-01-01	1989-03-01	2	-1.16	-1.59	-0.8	-0.8
1990-04-01	1992-04-01	24	-1.84	-26.57	-1.11	-1.09
1997-03-01	1997-12-01	9	-1.44	-7.43	-0.83	-0.8
2003-04-01	2006-03-01	35	-1.93	-38.61	-1.1	-1.1
2011-03-01	2012-03-01	12	-1.01	-9.51	-0.79	-0.87
		16.71	-1.64	18.24		

Resultados Est. Capachique: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1985-03-01	1986-04-01	13	-2.18	-19.37	-1.49	-1.61
1990-02-01	1993-09-01	43	-3.62	-79.65	-1.85	-1.74
1995-04-01	1996-03-01	11	-1.29	-11.35	-1.03	-1.14
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.44	-12.32	-1.23	-1.35
2004-03-01	2006-02-01	23	-1.25	-16.89	-0.73	-0.73
2018-03-01	2019-04-01	13	-1.91	-19.95	-1.53	-1.75
		18.83	-1.95	26.59		

Resultados Est. Cascabamba: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-02-01	1983-02-01	12	-1.65	-14.12	-1.18	-1.28
1985-04-01	1987-01-01	21	-2.1	-23.58	-1.12	-1.19
1990-03-01	1993-12-01	45	-1.96	-41.53	-0.92	-0.77
1997-03-01	1997-12-01	9	-1.07	-8.94	-0.99	-1.03
2003-11-01	2006-03-01	28	-1.57	-29.64	-1.06	-1.08
2010-10-01	2014-04-01	42	-1.68	-34.12	-0.81	-0.75
		26.17	-1.67	25.32		

Resultados Est. Cospan: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-03-01	12	-1.12	-10.66	-0.89	-0.96
1985-03-01	1987-01-01	22	-2.04	-26.07	-1.19	-1.25
1990-02-01	1993-12-01	46	-2.5	-61.18	-1.33	-1.43
1997-01-01	1997-12-01	11	-1.42	-13.95	-1.27	-1.32
2003-12-01	2006-03-01	27	-1.53	-20.93	-0.78	-0.74
2016-11-01	2017-03-01	4	-1.09	-3.45	-0.86	-0.9
		20.33	-1.62	22.71		

Resultados Est. Casagrande: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-02-01	1983-03-01	13	-1.68	-16.16	-1.24	-1.38
1990-10-01	1993-02-01	28	-1.26	-16.79	-0.6	-0.52
2003-03-01	2007-01-01	46	-1.39	-34.66	-0.75	-0.78
		29.00	-1.44	22.54		

Resultados Est. Cascas: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-02-01	11	-1.74	-16.61	-1.51	-1.65
1985-02-01	1987-02-01	24	-2.18	-28.03	-1.17	-1.22
1989-01-01	1989-02-01	1	-1.33	-1.33	-1.33	-1.33
1990-03-01	1993-03-01	36	-2.05	-37.76	-1.05	-0.93
2003-11-01	2006-02-01	27	-1.5	-24.92	-0.92	-0.85
		19.80	-1.76	21.73		

Resultados Est. Callancas: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-02-01	1983-03-01	13	-1.52	-12.87	-0.99	-1.16
1985-05-01	1987-03-01	22	-1.73	-16.61	-0.76	-0.7
1990-02-01	1993-10-01	44	-3.75	-80.63	-1.83	-1.85
1997-03-01	1997-12-01	9	-1.27	-9.42	-1.05	-1.03
2004-01-01	2006-03-01	26	-1.23	-19.76	-0.76	-0.75
		22.80	-1.90	27.86		

Resultados Est. PteCoina: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-02-01	1983-03-01	13	-1.39	-11.35	-0.87	-1.03
1985-04-01	1986-11-01	19	-2.23	-18.32	-0.96	-1.17
1990-02-01	1993-10-01	44	-3.84	-81.21	-1.85	-1.67
1995-03-01	1996-03-01	12	-1.37	-12.29	-1.02	-1.15
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.4	-11.7	-1.17	-1.31
2004-01-01	2006-03-01	26	-1.13	-17.26	-0.66	-0.59
2016-12-01	2017-03-01	3	-1.1	-2.61	-0.87	-0.77
		18.14	-1.78	22.11		

Resultados Est. Marmot: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-03-01	12	-1.53	-14.78	-1.23	-1.47
1985-03-01	1987-02-01	23	-2.3	-25.89	-1.13	-1.34
1990-02-01	1993-10-01	44	-2.94	-72.6	-1.65	-1.92
1997-03-01	1997-12-01	9	-1.52	-7.34	-0.82	-0.73
		22.00	-2.07	30.15		

Resultados Est. Usquil: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1982-03-01	1983-03-01	12	-1.37	-11.63	-0.97	-1.11
1985-04-01	1986-12-01	20	-1.83	-16.66	-0.83	-0.93
1990-02-01	1993-11-01	45	-3.2	-74.64	-1.66	-1.73
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.37	-8.99	-0.9	-0.95
2005-02-01	2006-03-01	13	-1.19	-11.43	-0.88	-0.92
		20.00	-1.79	24.67		

Resultados Est. San Juan: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1985-02-01	1986-12-01	22	-3.34	-30.34	-1.38	-1.58
1990-03-01	1993-12-01	45	-3.52	-69.1	-1.54	-1.52

1997-04-01	1997-12-01	8	-1.2	-8.24	-1.03	-1.07
2004-01-01	2006-03-01	26	-1.9	-23.46	-0.9	-0.62
2016-05-01	2017-03-01	10	-1.39	-9.73	-0.97	-1.14
		22.20	-2.27	28.17		

Resultados Est. Lucma: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1985-02-01	1986-12-01	22	-2.4	-26.77	-1.22	-1.5
1990-02-01	1993-12-01	46	-2.77	-79.97	-1.74	-1.71
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.71	-13.5	-1.35	-1.46
2004-01-01	2006-03-01	26	-1.14	-16.38	-0.63	-0.67
		26.00	-2.01	34.16		

Resultados Est. Quiruvilca: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1985-02-01	1986-04-01	14	-2.58	-22.88	-1.63	-1.73
1991-08-01	1993-10-01	26	-3.77	-54.49	-2.1	-2.66
1995-03-01	1996-03-01	12	-1.55	-14.53	-1.21	-1.31
1997-03-01	1998-01-01	10	-1.45	-11.55	-1.16	-1.26
2004-01-01	2005-04-01	15	-1.71	-16.53	-1.1	-1.09
2015-09-01	2017-03-01	18	-1.44	-16.08	-0.89	-0.88
		15.83	-2.08	22.68		

Resultados Est. Cachicadán: SPI 12 meses

start_date	end_date	duration	peak	sum	average	median
1985-02-01	1986-04-01	14	-2.13	-21.2	-1.51	-1.69
1991-10-01	1993-03-01	17	-3.22	-41.01	-2.41	-2.78
1995-03-01	1996-03-01	12	-1.97	-19.06	-1.59	-1.82
1997-02-01	1998-01-01	11	-1.97	-17.83	-1.62	-1.82
2003-11-01	2006-06-01	31	-2.04	-30.08	-0.97	-1
2011-02-01	2012-02-01	12	-1.02	-7.62	-0.63	-0.66
		16.17	-2.06	22.80		

...

Anexo 06. Resultados BFI: Pte. Coina

DIA	MES	AÑO	CAUDAL	Filtros gráficos		Algoritmo de 1 parámetro		Algoritmo de 2 parámetros
				Mínimos Locales	Intervalos Ajustados	Filtro de Lyne & Hollick	Filtro de Chapman	Filtro de Eckhardt
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
1	1	2020	13.58	6.13	11.19	11.71	6.66	10.23
2	1	2020	11.28	6.28	11.19	11.28	6.57	9.64
3	1	2020	9.05	6.43	6.87	9.05	6.26	8.69
4	1	2020	7.96	6.58	6.87	7.96	5.84	7.79
5	1	2020	10.01	6.72	6.87	10.01	5.56	7.7
6	1	2020	6.87	6.87	6.87	6.87	5.28	6.85
7	1	2020	6.87	6.73	6.54	6.87	4.89	6.29
8	1	2020	6.62	6.58	6.54	6.62	4.57	5.85
9	1	2020	6.59	6.44	6.54	6.59	4.31	5.55
10	1	2020	6.54	6.3	6.54	6.54	4.09	5.34
11	1	2020	6.6	6.15	5.72	6.6	3.92	5.21
12	1	2020	6.15	6.01	5.72	6.15	3.77	5.01
13	1	2020	6.02	5.86	5.72	6.02	3.62	4.85
14	1	2020	5.72	5.72	5.72	5.72	3.47	4.66
15	1	2020	5.58	5.58	5.36	5.58	3.34	4.5
16	1	2020	5.44	5.44	5.36	5.44	3.22	4.36
17	1	2020	5.36	5.36	5.36	5.36	3.11	4.25
18	1	2020	6.06	5.31	5.36	6.06	3.06	4.35

19	1	2020	6.3	5.25	5.09	6.3	3.06	4.47
20	1	2020	6.25	5.2	5.09	6.25	3.08	4.54
21	1	2020	5.13	5.13	5.09	5.13	3.03	4.31
22	1	2020	5.09	5.09	5.09	5.09	2.93	4.15
23	1	2020	4.88	4.88	4.88	4.88	2.84	3.99
24	1	2020	4.96	4.96	4.88	4.96	2.76	3.9
25	1	2020	7.36	5.04	4.88	6.26	2.83	4.44
26	1	2020	7.18	5.11	4.88	6.37	3	4.75
27	1	2020	6.35	5.19	5.8	6.35	3.08	4.75
28	1	2020	5.8	5.27	5.8	5.8	3.07	4.62
29	1	2020	6.37	5.35	5.8	6.35	3.06	4.67
30	1	2020	6.59	5.42	5.8	6.36	3.1	4.76
31	1	2020	5.71	5.5	5.58	5.71	3.09	4.6
1	2	2020	5.58	5.58	5.58	5.58	3.04	4.46
2	2	2020	6.55	5.78	5.58	6.24	3.04	4.61
3	2	2020	6.64	5.98	5.58	6.28	3.09	4.73
4	2	2020	6.64	6.18	6.64	6.32	3.14	4.82
5	2	2020	8.66	6.38	6.64	6.47	3.28	5.37
6	2	2020	8.9	6.57	6.64	6.72	3.51	5.8
7	2	2020	8.95	6.77	6.64	6.96	3.71	6.11
8	2	2020	7.23	6.97	7.17	7.09	3.78	5.88
9	2	2020	7.17	7.17	7.17	7.1	3.74	5.71
10	2	2020	9.26	6.97	7.17	7.22	3.82	6.12
11	2	2020	8.41	6.77	7.17	7.4	3.95	6.18
12	2	2020	7.89	6.57	7.33	7.48	3.97	6.1
13	2	2020	7.99	6.38	7.33	7.53	3.97	6.06
14	2	2020	7.97	6.18	7.33	7.58	3.98	6.03
15	2	2020	7.33	5.98	7.33	7.33	3.94	5.86
16	2	2020	6.91	5.78	5.16	6.91	3.86	5.63

17	2	2020	6.15	5.58	5.16	6.15	3.74	5.29
18	2	2020	5.58	5.38	5.16	5.58	3.57	4.93
19	2	2020	5.16	5.16	5.16	5.16	3.38	4.58
20	2	2020	5.16	4.99	4.59	5.16	3.22	4.34
21	2	2020	5.01	4.79	4.59	5.01	3.08	4.15
22	2	2020	4.59	4.59	4.59	4.59	2.93	3.91
23	2	2020	5.14	4.58	4.59	5.14	2.83	3.89
24	2	2020	5.14	4.56	4.52	5.14	2.77	3.88
25	2	2020	5.01	4.55	4.52	5.01	2.73	3.84
26	2	2020	4.59	4.53	4.52	4.59	2.66	3.71
27	2	2020	4.52	4.52	4.52	4.52	2.58	3.6
28	2	2020	4.3	4.3	4.3	4.3	2.5	3.48
29	2	2020	4.38	4.38	4.3	4.38	2.43	3.41
1	3	2020	4.96	4.93	4.3	4.96	2.41	3.52
2	3	2020	7.78	5.25	4.3	5.48	2.57	4.28
3	3	2020	7.76	5.56	6.63	5.73	2.85	4.79
4	3	2020	7.24	5.88	6.63	5.93	3.04	5.01
5	3	2020	6.63	6.2	6.63	6.04	3.13	4.99
6	3	2020	6.66	6.51	6.63	6.11	3.17	4.99
7	3	2020	6.83	6.83	6.83	6.18	3.21	5.04
8	3	2020	7.89	6.79	6.83	6.31	3.31	5.33
9	3	2020	7.37	6.75	6.83	6.45	3.41	5.39
10	3	2020	8.56	6.71	6.83	6.62	3.53	5.73
11	3	2020	9.03	6.67	9.03	6.86	3.71	6.08
12	3	2020	14.66	6.62	9.03	7.41	4.18	7.71
13	3	2020	11.37	6.58	9.03	8.03	4.66	7.98
14	3	2020	11.3	6.54	9.03	8.39	4.87	8.14
15	3	2020	12.52	6.5	8.98	8.78	5.1	8.56
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Anexo 07. Resultados BFI: Pte. Palmira.

DIA	MES	AÑO	CAUDAL	Filtros gráficos		Algoritmo de 1 parámetro		Algoritmo de 2 parámetros
				Mínimos Locales	Intervalos Ajustados	Filtro de Lyne & Hollick	Filtro de Chapman	Filtro de Eckhardt
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
1	1	2020	1.14	0.4	0.82	0.82	0.48	0.54
2	1	2020	0.82	0.39	0.82	0.82	0.48	0.52
3	1	2020	0.89	0.38	0.82	0.84	0.47	0.52
4	1	2020	0.8	0.37	0.59	0.8	0.46	0.5
5	1	2020	0.72	0.36	0.59	0.72	0.44	0.48
6	1	2020	0.67	0.35	0.59	0.67	0.42	0.45
7	1	2020	0.59	0.34	0.59	0.59	0.4	0.42
8	1	2020	0.55	0.33	0.31	0.55	0.38	0.4
9	1	2020	0.41	0.32	0.31	0.41	0.35	0.36
10	1	2020	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
11	1	2020	0.44	0.31	0.31	0.44	0.28	0.3
12	1	2020	0.59	0.31	0.59	0.59	0.28	0.31
13	1	2020	0.6	0.3	0.59	0.6	0.28	0.31
14	1	2020	0.65	0.3	0.59	0.64	0.29	0.32
15	1	2020	0.63	0.3	0.59	0.63	0.3	0.33
16	1	2020	0.57	0.3	0.36	0.57	0.3	0.32
17	1	2020	0.51	0.3	0.36	0.51	0.29	0.31
18	1	2020	0.43	0.29	0.36	0.43	0.28	0.3

19	1	2020	0.36	0.29	0.36	0.36	0.26	0.28
20	1	2020	0.29	0.29	0.29	0.29	0.24	0.25
21	1	2020	0.65	0.32	0.29	0.54	0.24	0.27
22	1	2020	0.61	0.35	0.29	0.55	0.26	0.29
23	1	2020	0.61	0.38	0.29	0.56	0.27	0.3
24	1	2020	0.6	0.41	0.6	0.56	0.27	0.3
25	1	2020	0.61	0.44	0.6	0.57	0.28	0.31
26	1	2020	0.72	0.47	0.6	0.58	0.29	0.33
27	1	2020	0.93	0.5	0.6	0.61	0.32	0.37
28	1	2020	0.9	0.53	0.62	0.64	0.35	0.4
29	1	2020	0.81	0.56	0.62	0.67	0.36	0.41
30	1	2020	0.65	0.59	0.62	0.65	0.36	0.4
31	1	2020	0.62	0.62	0.62	0.62	0.35	0.38
1	2	2020	0.67	0.67	0.67	0.67	0.35	0.38
2	2	2020	1.03	0.68	0.67	0.69	0.36	0.42
3	2	2020	0.99	0.68	0.67	0.72	0.39	0.45
4	2	2020	1.03	0.69	0.67	0.76	0.42	0.47
5	2	2020	0.97	0.7	0.97	0.78	0.44	0.49
6	2	2020	1.06	0.71	0.97	0.81	0.45	0.51
7	2	2020	1.09	0.71	0.97	0.84	0.47	0.53
8	2	2020	1.22	0.72	0.97	0.87	0.49	0.56
9	2	2020	1.22	0.73	1.18	0.91	0.52	0.58
10	2	2020	1.22	0.73	1.18	0.95	0.54	0.6
11	2	2020	1.23	0.74	1.18	0.98	0.55	0.62
12	2	2020	1.18	0.75	1.18	1	0.56	0.63
13	2	2020	1.07	0.76	0.99	1.02	0.56	0.62
14	2	2020	1.07	0.76	0.99	1.02	0.56	0.61
15	2	2020	1.05	0.77	0.99	1.03	0.55	0.6
16	2	2020	0.99	0.78	0.99	0.99	0.54	0.59

17	2	2020	0.94	0.79	0.8	0.94	0.53	0.57
18	2	2020	0.91	0.79	0.8	0.91	0.52	0.56
19	2	2020	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	0.53
20	2	2020	0.98	0.79	0.8	0.98	0.49	0.53
21	2	2020	1.05	0.77	0.99	0.98	0.49	0.54
22	2	2020	1.01	0.76	0.99	0.99	0.5	0.55
23	2	2020	1	0.74	0.99	0.99	0.5	0.55
24	2	2020	0.99	0.73	0.99	0.99	0.5	0.55
25	2	2020	0.98	0.71	0.85	0.98	0.5	0.54
26	2	2020	0.99	0.7	0.85	0.99	0.5	0.54
27	2	2020	0.9	0.68	0.85	0.9	0.49	0.53
28	2	2020	0.85	0.67	0.85	0.85	0.48	0.52
29	2	2020	0.76	0.65	0.64	0.76	0.46	0.5
1	3	2020	0.64	0.64	0.64	0.64	0.44	0.47
2	3	2020	0.87	0.64	0.64	0.87	0.43	0.47
3	3	2020	0.88	0.64	0.64	0.88	0.43	0.47
4	3	2020	0.93	0.63	0.63	0.9	0.43	0.48
5	3	2020	0.91	0.63	0.63	0.9	0.44	0.48
6	3	2020	0.86	0.63	0.63	0.86	0.44	0.48
7	3	2020	0.63	0.63	0.63	0.63	0.43	0.45
8	3	2020	0.68	0.68	0.68	0.68	0.4	0.44
9	3	2020	0.81	0.68	0.68	0.81	0.4	0.44
10	3	2020	0.93	0.68	0.68	0.85	0.41	0.45
11	3	2020	0.93	0.68	0.68	0.86	0.42	0.47
12	3	2020	1.1	0.68	0.88	0.88	0.44	0.5
13	3	2020	1	0.69	0.88	0.9	0.46	0.51
14	3	2020	0.89	0.69	0.88	0.89	0.46	0.5
15	3	2020	0.88	0.69	0.88	0.88	0.46	0.5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Anexo 08. Resultados BFI: Pte. Tambo.

DIA	MES	AÑO	CAUDAL	Filtros gráficos		Algoritmo de 1 parámetro		Algoritmo de 2 parámetros
				Mínimos Locales	Intervalos Ajustados	Filtro de Lyne & Hollick	Filtro de Chapman	Filtro de Eckhardt
1	1	2020	37.53	15.71	23.75	24.22	14.57	28.11
2	1	2020	36.15	15.53	23.75	25.38	15.25	28.39
3	1	2020	24.98	15.36	23.75	24.98	15.25	24.98
4	1	2020	25.33	15.18	23.75	25.33	14.78	23.58
5	1	2020	23.75	15.01	23.75	23.75	14.34	21.95
6	1	2020	23.63	14.83	17.53	23.63	13.9	20.87
7	1	2020	20.73	14.66	17.53	20.73	13.41	19.34
8	1	2020	18.9	14.48	17.53	18.9	12.79	17.84
9	1	2020	18.31	14.31	17.53	18.31	12.18	16.71
10	1	2020	17.53	14.13	17.53	17.53	11.61	15.75
11	1	2020	17.34	13.96	15.3	17.34	11.1	15.08
12	1	2020	16.03	13.78	15.3	16.03	10.61	14.28
13	1	2020	16.03	13.61	15.3	16.03	10.16	13.76
14	1	2020	15.3	13.43	15.3	15.3	9.75	13.22
15	1	2020	15.3	13.26	15.3	15.3	9.38	12.87
16	1	2020	14.59	13.08	12.56	14.59	9.04	12.45
17	1	2020	13.9	12.91	12.56	13.9	8.7	11.97
18	1	2020	12.89	12.73	12.56	12.89	8.35	11.38
19	1	2020	12.56	12.56	12.56	12.56	8	10.91

20	1	2020	12.56	12.56	12.56	12.56	7.7	10.6
21	1	2020	13.05	12.56	12.56	13.05	7.47	10.54
22	1	2020	12.56	12.56	12.56	12.56	7.28	10.37
23	1	2020	12.89	12.88	12.56	12.89	7.12	10.35
24	1	2020	12.89	12.89	12.56	12.89	7	10.34
25	1	2020	18.9	13.52	12.56	16.25	7.17	12.04
26	1	2020	20.32	13.84	17.43	16.56	7.63	13.54
27	1	2020	20.32	14.16	17.43	16.91	8.08	14.5
28	1	2020	17.43	14.47	17.43	17.09	8.32	14.3
29	1	2020	18.7	14.79	17.43	17.18	8.44	14.54
30	1	2020	17.63	15.11	17.43	17.27	8.56	14.38
31	1	2020	16.49	15.43	15.75	16.49	8.55	13.96
1	2	2020	15.75	15.75	15.75	15.75	8.46	13.48
2	2	2020	19.6	15.57	15.75	17.2	8.53	14.26
3	2	2020	20.11	15.4	15.75	17.44	8.78	14.91
4	2	2020	21.68	15.22	15.75	17.76	9.07	15.78
5	2	2020	22.97	15.04	21.47	18.18	9.44	16.7
6	2	2020	21.47	14.86	21.47	18.55	9.73	16.87
7	2	2020	23.75	14.69	21.47	18.92	10.01	17.63
8	2	2020	24.87	14.51	21.47	19.42	10.39	18.43
9	2	2020	28.89	14.33	21.47	20.11	10.93	20.1
10	2	2020	27.44	14.16	15.3	20.85	11.48	20.76
11	2	2020	26.96	13.98	15.3	21.43	11.85	21.05
12	2	2020	25.1	13.8	15.3	21.86	12.06	20.7
13	2	2020	20.42	13.62	15.3	20.42	11.94	19.15
14	2	2020	15.3	13.45	15.3	15.3	11.41	15.3
15	2	2020	15.3	13.27	12.56	15.3	10.75	15.11
16	2	2020	14.59	13.09	12.56	14.59	10.17	13.89
17	2	2020	13.9	12.91	12.56	13.9	9.63	12.9

18	2	2020	12.89	12.74	12.56	12.89	9.12	11.98
19	2	2020	12.56	12.56	12.56	12.56	8.63	11.29
20	2	2020	12.56	12.56	12.56	12.56	8.22	10.85
21	2	2020	17.82	13.17	12.56	17.82	8.11	12.06
22	2	2020	18.7	13.79	12.56	17.87	8.29	13.09
23	2	2020	19.3	14.4	12.56	17.98	8.5	13.93
24	2	2020	19.91	15.02	12.56	18.13	8.73	14.64
25	2	2020	20.21	15.63	17.92	18.3	8.96	15.18
26	2	2020	19.7	16.24	17.92	18.46	9.14	15.39
27	2	2020	19.1	16.86	17.92	18.54	9.24	15.35
28	2	2020	17.92	17.47	17.92	17.92	9.24	14.99
29	2	2020	18.7	18.09	17.92	18.52	9.23	14.98
1	3	2020	18.7	18.7	18.7	18.54	9.25	14.97
2	3	2020	30.75	19.12	18.7	19.11	9.8	18.4
3	3	2020	30.38	19.55	18.7	20.16	10.76	20.5
4	3	2020	26.72	19.97	18.7	20.93	11.38	20.81
5	3	2020	25.79	20.4	18.7	21.42	11.69	20.75
6	3	2020	24.53	20.82	24.53	21.77	11.85	20.35
7	3	2020	24.87	21.25	24.53	22.04	11.93	20.19
8	3	2020	27.44	21.67	24.53	22.42	12.14	20.81
9	3	2020	27.92	22.1	24.53	22.9	12.44	21.36
10	3	2020	31.77	22.52	24.53	23.54	12.87	22.8
11	3	2020	31.52	22.95	31.52	24.29	13.39	23.66
12	3	2020	31.77	23.37	31.52	24.97	13.82	24.28
13	3	2020	32.81	23.79	31.52	25.64	14.23	24.98
14	3	2020	32.42	24.22	31.52	26.28	14.6	25.32
15	3	2020	32.81	24.64	31.52	26.87	14.9	25.65
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Anexo 09. Resultados BFI: Salinar.

DIA	MES	AÑO	CAUDAL	Filtros gráficos		Algoritmo de 1 parámetro		Algoritmo de 2 parámetros
				Mínimos Locales	Intervalos Ajustados	Filtro de Lyne & Hollick	Filtro de Chapman	Filtro de Eckhardt
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
1	1	2020	57.63	24.59	36	36.18	23.57	41.46
2	1	2020	51.02	23.87	36	37.47	24.06	40.71
3	1	2020	46.28	23.16	36	38.27	24.1	39.30
4	1	2020	42.83	22.45	36	38.71	23.85	37.62
5	1	2020	36	21.73	36	36	23.28	35.13
6	1	2020	34.55	21.02	22.53	34.55	22.5	32.97
7	1	2020	30.36	20.31	22.53	30.36	21.64	30.36
8	1	2020	27.01	19.6	22.53	27.01	20.64	27.01
9	1	2020	24.51	18.88	22.53	24.51	19.57	24.51
10	1	2020	22.53	18.17	22.53	22.53	18.5	22.53
11	1	2020	21.13	17.46	15.63	21.13	17.46	21.13
12	1	2020	20.5	16.74	15.63	20.5	16.49	20.38
13	1	2020	18.57	16.03	15.63	18.57	15.57	18.57
14	1	2020	16.18	15.32	15.63	16.18	14.62	16.18
15	1	2020	15.63	14.6	15.63	15.63	13.71	15.63
16	1	2020	14.57	13.89	11.04	14.57	12.86	14.57
17	1	2020	13.54	13.18	11.04	13.54	12.06	13.54
18	1	2020	12.55	12.47	11.04	12.55	11.3	12.55
19	1	2020	11.78	11.75	11.04	11.78	10.58	11.78

20	1	2020	11.04	11.04	11.04	11.04	9.91	10.97
21	1	2020	12.07	11.22	11.41	12.07	9.35	10.52
22	1	2020	11.41	11.41	11.41	11.41	8.87	10.06
23	1	2020	11.97	11.67	11.41	11.97	8.45	9.81
24	1	2020	12.26	11.94	11.41	12.26	8.12	9.66
25	1	2020	14.67	12.2	11.41	14.67	7.93	9.98
26	1	2020	21.38	12.47	16.62	20.89	8.08	11.40
27	1	2020	20.26	12.73	16.62	20.26	8.4	12.29
28	1	2020	16.62	12.99	16.62	16.62	8.51	12.33
29	1	2020	17.3	13.26	16.62	17.3	8.51	12.48
30	1	2020	16.84	13.52	16.62	16.84	8.51	12.52
31	1	2020	15.63	13.79	14.05	15.63	8.46	12.33
1	2	2020	14.05	14.05	14.05	14.05	8.32	11.91
2	2	2020	19.89	14.16	14.05	19.38	8.34	12.61
3	2	2020	20.88	14.26	14.05	19.45	8.59	13.33
4	2	2020	23.98	14.37	14.05	19.66	8.95	14.42
5	2	2020	28.01	14.48	27.15	20.11	9.51	15.96
6	2	2020	27.15	14.58	27.15	20.64	10.1	17.00
7	2	2020	28.88	14.69	27.15	21.17	10.63	18.09
8	2	2020	34.23	14.8	27.15	21.91	11.34	19.87
9	2	2020	36	14.9	27.15	22.84	12.19	21.54
10	2	2020	36	15.01	26.86	23.78	12.99	22.82
11	2	2020	34.71	15.12	26.86	24.6	13.63	23.57
12	2	2020	30.51	15.22	26.86	25.17	14	23.41
13	2	2020	26.86	15.33	26.86	25.42	14.05	22.64
14	2	2020	31.88	15.44	26.86	25.7	14.14	22.94
15	2	2020	27.15	15.55	19.65	25.97	14.22	22.34
16	2	2020	24.51	15.65	19.65	24.51	14.04	21.41
17	2	2020	22.27	15.76	19.65	22.27	13.72	20.31
18	2	2020	20.13	15.87	19.65	20.13	13.29	19.09

19	2	2020	19.65	15.97	19.65	19.65	12.83	18.07
20	2	2020	18.69	16.08	16.4	18.69	12.39	17.12
21	2	2020	17.52	16.19	16.4	17.52	11.93	16.19
22	2	2020	16.73	16.29	16.4	16.73	11.47	15.33
23	2	2020	16.4	16.4	16.4	16.4	11.03	14.62
24	2	2020	17.07	16.22	16.4	17.07	10.66	14.20
25	2	2020	17.64	16.04	15.31	17.64	10.39	13.97
26	2	2020	16.73	15.86	15.31	16.73	10.14	13.64
27	2	2020	17.3	15.67	15.31	17.3	9.92	13.48
28	2	2020	15.63	15.49	15.31	15.63	9.69	13.07
29	2	2020	15.31	15.31	15.31	15.31	9.42	12.70
1	3	2020	15.31	15.31	15.31	15.31	9.18	12.41
2	3	2020	43.19	16.05	15.31	21.07	9.93	17.10
3	3	2020	38.5	16.79	15.31	22.48	11.37	19.86
4	3	2020	28.44	17.54	15.31	23.26	12.1	20.20
5	3	2020	26.72	18.28	15.31	23.56	12.34	20.16
6	3	2020	23.44	19.02	22.79	23.44	12.36	19.56
7	3	2020	22.79	19.76	22.79	22.79	12.25	18.98
8	3	2020	26.72	20.5	22.79	23.71	12.27	19.23
9	3	2020	26.16	21.25	22.79	23.91	12.4	19.32
10	3	2020	30.81	21.99	22.79	24.23	12.65	20.21
11	3	2020	32.97	22.73	32.97	24.78	13.11	21.27
12	3	2020	51.02	23.47	32.97	26	14.19	25.25
13	3	2020	49.48	24.22	32.97	27.72	15.69	28.03
14	3	2020	47.03	24.96	32.97	29.18	16.85	29.73
15	3	2020	54.58	25.7	32.97	30.72	18.02	32.36
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮