

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS:

**Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región
Ayacucho para el periodo 2003 - 2022**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. Erson MARTINEZ GOMEZ

ASESOR:

M.Sc. Eleazar CHUCHÓN ANGULO

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios por otorgarme la salud y fortaleza para hacer realidad mis objetivos.

A mis padres, cuyo sacrificio y voluntad abrieron el camino hacia mis estudios, apoyándome incondicionalmente en cada paso para alcanzar mis metas.

A mis amigos, por su constante motivación y por ofrecerme su apoyo en los momentos más difíciles. Su presencia ha sido fundamental en este logro.

AGRADECIMIENTO

A mi alma máter Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) Facultad de Ciencias Agrarias. Del mismo modo con los docentes quienes me inculcaron y formaron con valores.

Agradezco a mi asesor de tesis M.Sc. Eleazar Chuchón Angulo. Por su apoyo incondicional de la presente tesis.

A los miembros de jurado de tesis, Ing. David Jorge Alarcón Ataucusi e Ing. Efraín Chuchón Prado y al presidente de la comisión presidida por el M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, por los comentarios y sugerencias a la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. <i>En el ámbito internacional</i>	3
1.1.2. <i>En el ámbito nacional</i>	4
1.2. Eventos de incidencia de sequías	5
1.2.1. <i>Eventos de sequías ocurridos en América</i>	5
1.2.2. <i>Eventos de ocurrencia de sequías en el Perú</i>	6
1.3. Cambio climático	6
1.4. Precipitación.....	7
1.4.1. <i>Tipos de precipitación</i>	7
1.5. Análisis de series de datos de precipitación	7
1.5.1. <i>Análisis exploratorio de datos de precipitación</i>	7
1.5.2. <i>Análisis de tendencia</i>	8
1.5.3. <i>Análisis de conglomerados o clúster</i>	8
1.5.4. <i>Método de vector regional</i>	8
1.5.5. <i>Parámetros estadísticos</i>	9
1.6. Sequía	10
1.7. Impactos de sequías.....	11
1.7.1. <i>Económico</i>	11
1.7.2. <i>Social</i>	11
1.7.3. <i>Ambiental</i>	11
1.8. Tipos de sequía.....	12
1.8.1. <i>Sequía meteorológica</i>	12

1.8.2. Sequía agrícola.....	12
1.8.3. Sequía hidrológica.....	12
1.8.4. Sequía socioeconómica.....	13
1.9. Índice de sequías	14
1.9.1. Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).....	15
1.10. Caracterización de sequías	18
1.10.1. Duración (L).....	18
1.10.2. Severidad (D).....	18
1.10.3. Intensidad (I)	18
1.11. Software.....	18
1.11.1. Hec-04	18
1.11.2. ArcGis 10.5.....	19
1.11.3. Past 4.03	19
1.11.4. Trend.....	19
1.11.5. Hydraces	19
1.11.6. SPIgenerator.....	19
1.12. Definición de términos.	20
1.12.1. Ciclo hidrológico.....	20
1.12.2. Precipitación	20
1.12.3. Evapotranspiración	20
1.12.4. Percentiles	20
1.12.5. Fenómeno el Niño.....	20
CAPÍTULO II	22
METODOLOGÍA.....	22
2.1. Ubicación de la zona de estudio	22
2.1.1. Ubicación geográfica	22
2.1.2. Ubicación política	22
2.2. Caracterización de la zona de estudio	24
2.2.1. Población.....	24
2.2.2. Fisiografía	24
2.2.3. Hidrografía.....	26
2.2.4. Clima	28
2.3. Materiales y equipos.....	30
2.3.1. Materiales.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Condiciones de sequías según el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).</i>	17
Tabla 2 <i>Población y superficie de la región Ayacucho</i>	24
Tabla 3 <i>Clasificación fisiográfica de la región Ayacucho.....</i>	25
Tabla 4 <i>Cuencas hidrográficas del departamento de Ayacucho</i>	27
Tabla 5 <i>Variabilidad climática de la región Ayacucho.</i>	29
Tabla 6 <i>Estaciones pluviométricas para el periodo de registro (2003-2022).</i>	37
Tabla 7 <i>Clasificación del SPI.....</i>	40
Tabla 8 <i>Reporte de incidencias de sequía por provincia.....</i>	42
Tabla 9 <i>Datos ausentes y atípicos.....</i>	42
Tabla 10 <i>Curva doble acumulada de la precipitación.....</i>	47
Tabla 11 <i>Prueba estadística para las estaciones Huanta, Quinua y San Pedro de Cachi.....</i>	51
Tabla 12 <i>Prueba estadística para las estaciones Wayllapampa, Inia y Pucaloma. ...</i>	51
Tabla 13 <i>Prueba estadística para las estaciones Tambillo, Chiara, Chontaca.</i>	51
Tabla 14 <i>Prueba estadística para las estaciones Cuchoquesera, Allpachaca, Pampa Cangallo.....</i>	51
Tabla 15 <i>Prueba estadística para las estaciones Sachabamba, Huancapi, Vilcas Huamán.....</i>	51
Tabla 16 <i>Prueba estadística para las estaciones Chilcayoc, Huancasancos y Paucaray.....</i>	52
Tabla 17 <i>Prueba estadística para las estaciones Huac Huas, Lucanas y Llauta.</i>	52
Tabla 18 <i>Prueba estadística para las estaciones Puquio, Pampas Galeras y Lampa.</i>	52
Tabla 19 <i>Prueba estadística para las estaciones Cora Cora y Pauza.....</i>	52
Tabla 20 <i>Caracterización de SPI para el periodo de análisis (2003 al 2022).</i>	62
Tabla 21 <i>Caracterización de las sequías más severas registradas durante el periodo de estudio (2003 a 2022).....</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Desfase temporal en la propagación de anomalías pluviométricas hacia los diversos niveles del ciclo hidrológico.....</i>	13
Figura 2 <i>Sequías y sus efectos asociados al déficit de precipitación.....</i>	14
Figura 3 <i>Transformación de la lluvia observada mediante la función de distribución acumulativa Gamma (CDF) y la CDF de la variable normal estandarizada al SPI.....</i>	16
Figura 4 <i>Características de las sequías basadas en el SPI.....</i>	18
Figura 5 <i>Episodios extraordinarios de El Niño en el Perú.....</i>	21
Figura 6 <i>Mapa de ubicación de la región Ayacucho.....</i>	23
Figura 7 <i>Mapa fisiográfico de la región Ayacucho.....</i>	26
Figura 8 <i>Mapa hidrográfica.....</i>	28
Figura 9 <i>Mapa de clasificación climática de la región Ayacucho.....</i>	30
Figura 10 <i>Ventana principal de la plataforma de INDECI.....</i>	33
Figura 11 <i>Ventana emergente de INDECI para consultar el reporte de fenómenos registrados.....</i>	33
Figura 12 <i>Plataforma de Earthdata Search Vertex.....</i>	34
Figura 13 <i>Descarga del modelo de elevación digital del terreno.....</i>	35
Figura 14 <i>Ventanas de edición, software ArcGis 10.5.....</i>	36
Figura 15 <i>Distribución espacial de las estaciones con registro de precipitación mensual.....</i>	38
Figura 16 <i>Agrupamiento preliminar de los estacones, mediante el Software past4.03</i>	39
Figura 17 <i>Mapa de incidencias según el reporte de INDECI para el periodo (2003 - 2021).....</i>	41
Figura 18 <i>Histograma de precipitación anual, estación Huanta y Quinua.....</i>	43
Figura 19 <i>Histograma de precipitación anual, estación San Pedro de Cachi y Wayllapampa.....</i>	43
Figura 20 <i>Histograma de precipitación anual, estación Inia y Pucaloma.....</i>	43
Figura 21 <i>Histograma de precipitación anual, estación Tambillo y Chiara.....</i>	44
Figura 22 <i>Histograma de precipitación anual, estación Chontaca y Cuchoquesera.....</i>	44
Figura 23 <i>Histograma de precipitación anual, estación Allpachaca y Pampa Cangallo.....</i>	44
Figura 24 <i>Histograma de precipitación anual, estación Sachabamba y Huancapi.....</i>	44

Figura 25	<i>Histograma de precipitación anual, estación Vilcas Huamán y Chilcayoc.</i>	45
Figura 26	<i>Histograma de precipitación anual, estación Huancasancos y Paucaray.</i>	45
Figura 27	<i>Histograma de precipitación anual, estación Huac Huas y Lucanas.</i>	45
Figura 28	<i>Histograma de precipitación anual, estación Llauta y Puquio.</i>	45
Figura 29	<i>Histograma de precipitación anual, estación Pampas Galeras y Lampa ...</i>	46
Figura 30	<i>Histograma de precipitación anual, estación Cora Cora y Pauza.</i>	46
Figura 31	<i>Histograma de la precipitación acumulada anual de las estaciones</i>	50
Figura 32	<i>Diagrama de doble masa de la precipitación anual con la estación promedio.</i>	50
Figura 33	<i>Dendograma del agrupamiento preliminar, mediante el programa past4.03.</i>	53
Figura 34	<i>Distribución espacial de las estaciones por grupo.</i>	54
Figura 35	<i>Índice anual del vector regional para el grupo I.</i>	54
Figura 36	<i>Índices acumulados de las estaciones del grupo I.</i>	55
Figura 37	<i>Índice anual del vector regional para el grupo II.</i>	55
Figura 38	<i>Índices acumulados de las estaciones del grupo II.</i>	55
Figura 39	<i>Variación temporal del SPI a una escala de 1 mes del grupo I.</i>	57
Figura 40	<i>Variación temporal de la sequía a una escala de 1 mes del grupo II.</i>	57
Figura 41	<i>Variación temporal de la sequía a una escala de 3 meses del grupo I.</i>	58
Figura 42	<i>Variación temporal de sequía a escala de tiempo 3 meses del grupo II.</i>	59
Figura 43	<i>Variación temporal de sequía a una escala de 6 meses del grupo I.</i>	60
Figura 44	<i>Variación temporal de sequía a una escala de 6 meses del grupo II.</i>	60
Figura 45	<i>Variación temporal de sequía a una escala de 12 meses del grupo I.</i>	61
Figura 46	<i>Variación temporal de sequía a una escala de 12 meses del grupo II.</i>	62
Figura 47	<i>Tendencias de sequía a escala de tiempo SPI-6 para el grupo 1.</i>	64
Figura 48	<i>Tendencias de sequía a escala de tiempo SPI-6 para el grupo II.</i>	64

RESUMEN

La sequía es un fenómeno meteorológico natural que se ha intensificado en los últimos años debido a la variabilidad climática, generando incertidumbre en la agricultura y gestión de recursos hídricos. Esta tesis se centra en el análisis de la variabilidad espacio-temporal de las sequías en la región de Ayacucho, mediante el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI). Por ello se recopilieron datos sobre incidencia de sequías según al reporte de INDECI y registros históricos de precipitaciones mensuales acumuladas en 26 estaciones, para un periodo de análisis de 2003-2022, mediante las instituciones SENAMHI, ANA y OPEMAN. Se identificó grupos homogéneas por el método de Ward y vector regional. La completación y extensión de datos por el software Hec-04, la consistencia y la confiabilidad verificadas con el software tren y el programa SPIgenerator, empleado para obtener los valores de SPI. Se elaboró mapa de variabilidad espacial de las sequías basado en el reporte de INDECI, con registros de incidencias a nivel distrital Chuschi, Querobamba, Sancos y Totos presentaron mayores incidencias; a nivel provincial, Lucanas con 73 registros y a nivel regional, se registró 457 incidencias de sequías. La variabilidad temporal de sequías fue determinada en términos de número de eventos, duración, intensidad y severidad; categorizadas en sequías moderadas, severas y extremas a escalas temporales de corto, mediano y largo plazo. A corto plazo, el grupo I mostró mayor impacto en número de eventos, duración, severidad e intensidad y el grupo II presentó mayor duración y número de eventos; a largo plazo, ambos grupos presentaron similitudes en el número de eventos e intensidad, aunque el grupo I presentó mayor duración y severidad. El análisis tendencial fue a escala de 6 meses, revelando una ligera disminución de las sequías, con pendientes positivas de 0.0034 y 0.0014 para los grupos de análisis.

Palabras clave: sequía, incidencia de eventos, precipitación, intensidad, severidad.

INTRODUCCIÓN

Según el Consejo Consultivo del Agua (2015), la sequía se considera uno de los desastres naturales que ocasiona el mayor impacto económico.

Según GREENPEACE (2017), que es una organización ecologista internacional, independiente política y económicamente para la defensa del medio ambiente y de la paz, Los efectos de las sequías indican un aumento en la mortalidad de los árboles y un deterioro de los ecosistemas forestales. Además, se prevé una disminución de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, así como un deterioro de la calidad del agua, atribuido al incremento de las temperaturas y a la reducción de las precipitaciones. Por otro lado, se anticipa un aumento en el riesgo de extinción de especies como resultado de la interacción con el cambio climático. (GREENPEACE, 2017).

La ocurrencia de sequías produce los impactos en lo económico, social y ambiental. Debido a esta ocurrencia se generan pérdidas de producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera, de la misma forma ocasionan efectos como desempleo, disminución de ingresos, migración, erosión y pérdida del suelo, daños al ecosistema, problemas de salud, baja la calidad de vida y conflictos sociales (Gallardo & Brown, 2020).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2010), en su informe sobre las condiciones de sequías y las estrategias en Perú, señala que gran parte del territorio nacional se encuentra vulnerable a sequías periódicas. Esto incluye regiones clave de la costa y la sierra, cuya intensidad parece estar relacionada con la presencia de condiciones climáticas específicas que contrarrestan el fenómeno de El Niño.

El fenómeno de El Niño se asocia principalmente, en el Perú, con un incremento anómalo de las precipitaciones en la costa norte. No obstante, también se ha relacionado con episodios de sequía en la región sur del país." (Endara et al., 2019).

Esta investigación será un aporte en la comprensión de variabilidad espacio temporal de las sequías que han ocurrido en la región de Ayacucho en las últimas décadas. Para la identificación de estos episodios de sequía, se recopilarán datos caracterizados mediante diversos parámetros climatológicos, hidrológicos y agrícolas. Dichos datos

permitirán establecer relaciones entre variables como la precipitación y el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).

Objetivo general

Identificar y analizar la variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022.

Objetivos específicos

1. Generar mapas de incidencias de sequías en base al reporte de INDECI en la región Ayacucho, para el periodo 2003-2022.
2. Analizar la variabilidad espacial temporal de la sequía mediante el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para una escala de tiempo ajustado de la región de Ayacucho, para el periodo 2003-2022.
3. Identificar las tendencias en las sequías en la región Ayacucho, para el periodo 2003-2022.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. En el ámbito internacional

García (2014), en su investigación de tesis sobre el índice de vulnerabilidad a la sequía en la cuenca del río Bravo, para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería, en la Universidad Nacional Autónoma de México, utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice de Sequía en Corrientes (SDI) en función de los caudales. Como resultado obtuvo que ambas metodologías coinciden en los periodos de sequía en general, por lo que se comprueba que existen una buena correlación entre los índices de sequía meteorológica y sequía hidrológica. El SPI 12 y 24 tienen un mejor ajuste con los periodos de sequía según el SDI para todo el año hidrológico, por lo que recomienda el uso del SPI12 y SPI24 como indicador de sequía hidrológica en los casos donde no se disponga de estaciones hidrométricas.

Del Valle (2017), en su investigación de tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias de la Ingeniería, en la Universidad Nacional de Córdoba. Priorizó su investigación en la identificación y evaluación de sequías meteorológicas e hidrológicas, analizando su evolución temporal y variabilidad espacial en tres cuencas seleccionadas con características y tamaños diferentes dentro de la región central de la República Argentina. En el aspecto metodológico, utilizó datos de estaciones de superficie y tecnología de teledetección. En resultados muestra que las sequías meteorológicas, evaluadas mediante el índice SPI a 12 meses, revela un comportamiento similar en las estaciones de cada grupo, mostrando períodos de sequía comparables. En particular, se identificó períodos de sequías severas y/o extremas en los años 1989, 1995-1997 y 2008-2009 en todas las estaciones, junto con eventos aislados de sequías intensas a fines de la década de 1990. Esto sugiere la existencia de un posible déficit hidro-meteorológico regional en la segunda mitad de cada década.

En comparación con los resultados obtenidos en la cuenca alta del río Suquía para el período 1980-1999, se corrobora que hacia fines de la década de 1990, específicamente en 1999, también ocurrieron sequías extremas. Además, se observa que hacia el este de la región central de Argentina, los períodos húmedos se intensificaron a partir de finales de esa misma década. En cuanto a las sequías hidrológicas, evaluadas mediante el índice SDI en la cuenca del río San Antonio y en barrio El Canal, estas se caracterizaron como de intensidad suave a moderada, sin evidencia de la ocurrencia de sequías extremas (Del Valle, 2017).

Colotti et al. (2013), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar la influencia de la sequía meteorológica en la variación de la superficie agrícola vegetal de la isla de Margarita, en la Universidad Central de Venezuela. En la metodología utilizaron el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para determinar la magnitud de la sequía y el índice de dinámica agrícola para analizar la superficie agrícola. Obtuvieron como resultado que la isla de Margarita experimenta el fenómeno de la sequía meteorológica, siendo mayo el mes más seco, mientras que junio y diciembre resultaron los más húmedos durante todo el período estudiado. Asimismo, se observa un aumento considerable en la superficie agrícola durante el período de 1993-2004.

1.1.2. En el ámbito nacional

Niwdel (2021), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Agrícola, en la Universidad Nacional del Altiplano. El objetivo de la investigación fue el análisis espacio temporal de Sequías Meteorológicas, utilizando la información pluviométrica y la aplicación del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para el periodo 1964-2018, en la región Puno. En el aspecto metodológico, empleó el SPI para caracterizar las sequías en función de los registros de estaciones pluviométricas.

La investigación concluyó que el SPI permite determinar el comportamiento de las sequías meteorológicas en ocho regiones homogéneas. La variabilidad espacio-temporal del SPI-1 predominó en la región 1, mientras que el SPI-3 evidenció condiciones de sequía extrema en las regiones 2, 5 y 7. Asimismo, las regiones 3 y 8 mostraron un mayor impacto en la severidad de las sequías meteorológicas en las escalas temporales del SPI-1 y SPI-3. Finalmente, identificó que la región 4 es la más vulnerable, mostrando tendencias significativas hacia la ocurrencia de sequías, (Niwdel, 2021).

Acuña (2014), en su investigación sobre el análisis probabilístico de sequías en las cuencas de los ríos Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro. Con el objetivo de

contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del recurso hídrico en estas cuencas, basándose en un enfoque científico sólido para identificar áreas vulnerables ante episodios de sequía. en la metodología, empleó las directrices de los manuales preparados por CAZALAC, elaborados entre 2008 y 2012, para estandarizar los métodos de análisis utilizados en la creación del Atlas Regional de Sequías, que abarca a los países de América Latina y el Caribe. Para el estudio, se recopilaban datos de 50 estaciones meteorológicas, seleccionando información de precipitaciones con más de 10 años.

Los resultados indican que, mediante el análisis de homogeneidad y el test de Pettitt, detectó cambios en la media en 17 de 59 estaciones. Para verificar la estacionariedad utilizó el test estadístico de Mann-Kendall, que revela tendencias en 10 de 59 estaciones (incluyendo La Oroya, Río Blanco, Tingo, Chalilla, Panchangara, Parquín, Carampoma, Casapalca, Huenge y Huarochirí). Definió cinco regiones pluviométricas homogéneas basadas en 48 estaciones, de las cuales cuatro (R1, R3, R4 y R5) se ubican en las cuencas de los ríos Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro. caracterizando situaciones de sequía meteorológica con valores de 0.2, 0.4 y 0.6 respecto al valor normal de la precipitación anual, lo que corresponde a deficiencias del 80%, 60% y 40% respectivamente (Acuña, 2014).

Estudio sobre el monitoreo de sequía por SENAMHI, con el objetivo de analizar la distribución espacio temporal de las sequías meteorológicas en el Perú, enfocándose en su intensidad y severidad. Para ello, emplearon el SPI de tres meses (enero, febrero y marzo) durante el período 1981-2018. (Endara, 2019)

En el aspecto metodológico, utilizaron la base de datos PISCO (Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations), que combina datos geoestadísticos de la red de estaciones del SENAMHI con productos satelitales de precipitación. Como resultado, identificaron 10 episodios de sequías meteorológicas de mayor severidad en los años 1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992, 2004, 2005 y 2016, con intensidades que oscilan entre moderada-extremas y con severidades de 4.2 a 15.2. Estos episodios afectaron desde 3 departamentos (1982) a 19 departamentos (1990) (Endara, 2019).

1.2. Eventos de incidencia de sequías

1.2.1. Eventos de sequías ocurridos en América

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2018), realizó un estudio sobre la vulnerabilidad a los desastres en América

Latina y el Caribe durante el período 1900-2007, en el cual se registraron al menos 10 eventos de sequía considerados intensos. Estos eventos afectaron principalmente el noroeste de Brasil, el noroeste de México, la región andina y partes de América Central.

1.2.2. Eventos de ocurrencia de sequías en el Perú

Según UNESCO (2018), la ocurrencia de los eventos de sequías en el Perú “a lo largo de su historia han ocurrido sequías de gran magnitud” (p. 109).

En la caracterización espacio temporal de las sequías en los departamentos altoandinos del Perú (1982-218), se utilizó el SPI y la base de datos de precipitación PISCO. En este análisis, se identificaron 10 eventos de sequía que variaron de moderados a extremos, con diferentes niveles de cobertura espacial. Estos eventos ocurrieron en los años 1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992, 2004, 2005 y 2016, destacándose un mayor porcentaje de condiciones extremas (Endara et al., 2019).

El Instituto Nacional de Defensa Civil, señala que según los registros del SINPAD (Registros del Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres), la sequía de 2003-2013 afectó a 13 departamentos, 53 provincias y 344 distritos en todo el país. Esto generó pérdidas económicas en las poblaciones afectadas a los cultivos, cosechas y animales, que son fundamentales para el sustento económico de las comunidades ubicadas principalmente en las zonas rurales (INDECI, 2014)

La sequía de 2020-2021 se caracterizó por condiciones extremadamente secas, siendo noviembre de 2020 en la sierra central y sur, así como febrero de 2021 en la región andina, los meses más críticos. Este fenómeno ocasionó una disminución de las temperaturas nocturnas y propició la propagación de incendios forestales (SENAMHI, 2021).

1.3. Cambio climático

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992), define el cambio climático como 'un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Según GREENPEACE (2022), que es una organización ecologista internacional, independiente política y económicamente, para la defensa del medio ambiente y de la paz. “El cambio climático es la modificación de la temperatura y del resto de variables del

clima” (párr. 1), como consecuencia de la actividad humana. El cambio climático se manifiesta a través de los fenómenos meteorológicos, tormentas, olas de calor, incendios, sequías. Es un problema global que alcanza una perspectiva ambiental, política, económica y social.

1.4. Precipitación

La precipitación toda forma de humedad que se origina en las nubes y alcanza la superficie terrestre, presentándose en forma de lluvia, granizo, llovizna o nieve. Desde el punto de vista de ingeniería hidráulica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre (Villón, 2002).

1.4.1. Tipos de precipitación

Precipitación de convección. En tiempo caluroso, la evaporación desde la superficie del agua genera grandes masas de vapor que, al estar más calientes, ascienden y se enfrían siguiendo las tasas de enfriamiento adiabático seco o húmedo. Estas masas de vapor se concentran en áreas específicas denominadas células de convección, (Villón, 2002).

Precipitación orográfica. Ocurre cuando el vapor de agua generado sobre la superficie del agua es desplazado por el viento hacia las montañas. Las nubes ascienden por las laderas hasta alcanzar altitudes donde se dan las condiciones propicias para la condensación. (Villón, 2002).

Precipitación ciclónica. Se produce cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con distinta temperatura y humedad se encuentran. Las masas de aire más cálidas son forzadas abruptamente a ascender a mayores altitudes, donde se producen la condensación y la precipitación, (Villón, 2002).

1.5. Análisis de series de datos de precipitación

1.5.1. Análisis exploratorio de datos de precipitación.

Según Niwdel (2021), el análisis exploratorio de datos se realiza para la información pluviométrica, mediante una descripción estacional multianual de las precipitaciones mensuales. Este análisis permite detectar posibles errores o inconsistencia en los datos de partida; se elabora cajas de Box-plots, para tener una primera aproximación del comportamiento pluviométrico de las estaciones analizadas (calidad de datos).

1.5.2. Análisis de tendencia

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

1.5.3. Análisis de conglomerados o clúster

El Análisis de Conglomerados o Clúster (AC) no es más que un conjunto de técnicas que se utilizan para clasificar los objetos o casos en grupos relativamente homogéneos llamados conglomerados (clúster). Los objetos en cada grupo (conglomerado), tienden a ser similares entre sí (alta homogeneidad interna dentro del clúster) y diferentes a los objetos de los otros grupos (alta heterogeneidad externa entre clúster) con respecto a algún criterio de selección predeterminado. De este modo, si la clasificación es un éxito, los objetos dentro del clúster estarán muy cercanos unos de otros en la representación geométrica y los clústeres diferentes estarán muy apartados. Este análisis se conoce también como análisis de clasificación o taxonomía numérica (SENAMHI, 2014).

1.5.4. Método de vector regional

El Método de Vector Regional (MVR), actualmente este método viene incorporado como utilitario dentro del programa Hydraccess creado por el IRD-Francia. La idea básica del vector regional de índices pluviométricos anuales es la siguiente: en vez de comparar dos por dos estaciones por correlación o doble masa como se hace en los métodos clásicos, vamos a elaborar a partir de los datos disponibles una estación ficticia que sea una especie de promedio de todas las estaciones de la zona, con la cual vamos a comparar cada una de las estaciones. El MVR de índices pluviométricos anuales, está basado sobre estas ideas sencillas. Si consideramos una zona del país con “M” estaciones y un período de estudio de “N” años, podemos buscar por el método de mínimos cuadrados cuales son los índices pluviométricos “regionales” anuales Z_i y las precipitaciones promedio extendidas que minimicen la sumatoria (SENAMHI, 2014).

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_j} - Z_i \right)^2 \dots\dots\dots 01$$

Donde:

I: índice de año.

j: índice de estación.

N: número de años.

M: número de estaciones.

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

P_j: precipitación media extendida al período de N años.

Z_i: índice pluviométrico regional del año i.

1.5.5. Parámetros estadísticos

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

1.5.5.1. Hipótesis

El punto de inicio de una prueba o test estadístico es definir una hipótesis nula (H₀) y una hipótesis alternativa H₁; Por ejemplo, un test para la tendencia.

Hipótesis nula: H₀, no hay tendencia en los datos.

Hipótesis alterna: H₁, hay una tendencia incremental o descendente.

1.5.5.2. Test estadístico

Es un medio de comparación entre H₀ y H₁, representa un valor numérico calculado de las series de datos que están siendo testeadas.

1.5.5.3. Nivel de significancia (α)

Al contrastar una cierta hipótesis, la máxima probabilidad con la que estamos dispuestos a correr el riesgo de cometer un error de tipo I se llama nivel de significancia.

1.5.5.4. Análisis de tendencias

Existen varios métodos estadísticos (paramétricos y no paramétricos), que se han desarrollado para detectar las tendencias de las series temporales, entre ellos tenemos la prueba de Mann-Kendall, Spearman's Rho, Regresión Lineal, Student's y procedimiento bayesiano, entre otros. En este estudio utilizamos Mann-Kendall y Spearman's Rho, son analizados para detectar las tendencias de precipitación, y la Regresión Lineal para calcular la magnitud de la tendencia a través de la pendiente, (SENAMHI, 2013).

1.5.5.5. Test paramétricos

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

Son valores que tienden a sintetizar o servir de una descripción promedio del conjunto de datos, cuya finalidad es presentar un individuo o conjunto que pueda considerarse como el representativo de la distribución, (Castro & Carvajal, 2010).

1.5.5.6. Test no paramétricos

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

1.5.5.7. Prueba de Mann Kendall (MK)

De acuerdo a los estudios por SENAMHI (2014), la prueba de MK, también llamada prueba de Kendall tau por Mann (1945) y Kendall (1975), es la prueba no paramétrica basada en el rango para evaluar la importancia de una tendencia y ha sido ampliamente utilizado en detección de tendencia en estudios hidrológicos. (SENAMHI, 2014)

La hipótesis nula H_0 : no existe una tendencia en la serie $\{X_i, i = 1, 2, \dots, n\}$.

La hipótesis alternativa es H_a : hay una tendencia en la serie:

El estadístico S de Tau de Kendall se define como sigue.

$$s = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \dots \dots \dots 02$$

Donde, el X_j son los valores de datos secuenciales, n es la longitud del conjunto de datos y:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \theta > 0 \\ 0 & \text{si } \theta = 0 \\ -1 & \text{si } \theta < 0 \end{cases} \dots \dots \dots 03$$

1.6. Sequía

La sequía es un evento climático extremo de origen natural, que resulta de la deficiencia de lluvias considerablemente inferiores a lo considerado como normal, generando impactos negativos asociados a la vulnerabilidad de los sistemas expuestos.

Cuando este evento se prolonga en el tiempo (meses y años), la disponibilidad de agua llega a ser insuficiente para satisfacer la demanda habitual de la sociedad y del ambiente (SENAMHI, 2021, p. 24).

La sequía es uno de los fenómenos meteorológicos que causa más estragos a nivel ecológico económico y social en el mundo. Es un fenómeno extremo que consiste en la nula precipitación o en su reducción por debajo del promedio durante un periodo de tiempo (Carrasco & Huaico, 2021).

INDECI, Instituto Nacional de Defensa Civil (2014), señala que “la sequía es el tiempo seco de larga duración, con ausencia prolongada de lluvias. Durante la sequía, el agua disponible de una determinada región geográfica se ubica por debajo de los parámetros habituales” (p. 10).

1.7. Impactos de sequías

Existe diferentes formas en que la sequía tiene un impacto; directas e indirectas, simples o acumulativas, inmediatas o tardías, algunas afectan de forma permanente a grandes extensiones, otras en forma semipermanentes y algunas en forma aislada.

Los impactos fundamentales que se producen como consecuencia de la ocurrencia de sequía son del tipo económico, social y ambiental (Gallardo & Brown, 2020).

1.7.1. Económico

La sequía causa daños a la agricultura, disminuyendo el rendimiento de la producción de cultivos y ganadería, recursos hídricos, industria alimentaria, pesca, comercio, turismo y energía, (Gallardo & Brown, 2020).

1.7.2. Social

En impactos sociales, la sequía provoca efectos negativos, en la salud pública y seguridad pública. también es un factor que causa migración, conflictos e inestabilidad política, (Gallardo & Brown, 2020).

1.7.3. Ambiental

La sequía conduce a pérdidas y daños a las especies de plantas y animales, hábitat silvestre, calidad del aire, y agua, incendios, pérdida de biodiversidad, erosión del suelo, con efectos a corto plazo, largo plazo y permanente (Gallardo & Brown, 2020).

1.8. Tipos de sequía

Según Marcos (2001), “Wilhite y Glantz detectaron más de 150 definiciones de este tipo, categorizándolas en cuatro grupos según la disciplina científica desde la que sea analizado el fenómeno: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola y sequía socioeconómica” (p. 60).

1.8.1. Sequía meteorológica

Basada en datos climáticos, es una expresión de la desviación de precipitación respecto a la media durante un período de tiempo determinado. En la mayoría de casos, las definiciones de sequía meteorológica presentan información específica para cada región particular, que varía en función de las características del clima regional. Por tanto, es imposible extrapolar una definición de una región a otra (Marcos, 2001, p. 60).

1.8.2. Sequía agrícola

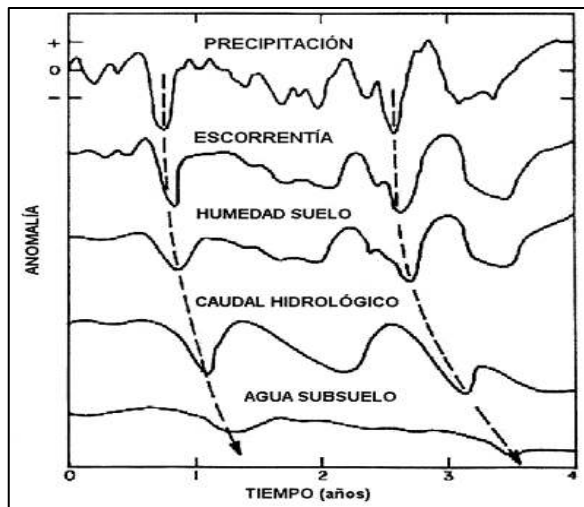
Es cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni tan siquiera para una única área geográfica (Marcos, 2001, p. 60).

1.8.3. Sequía hidrológica

Según Marcos (2001), hace referencia a una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, lagos, entre otros). Al producirse un desfase entre la escasez de lluvias o nieves y la reducción del caudal de ríos o el nivel de lagos y embalses, las mediciones hidrológicas no pueden ser utilizadas como un indicador del inicio de la sequía, pero sí de su intensidad (p. 61).

Figura 1

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



Nota. Adoptada de *Sequías: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación* (Marcos, 2001).

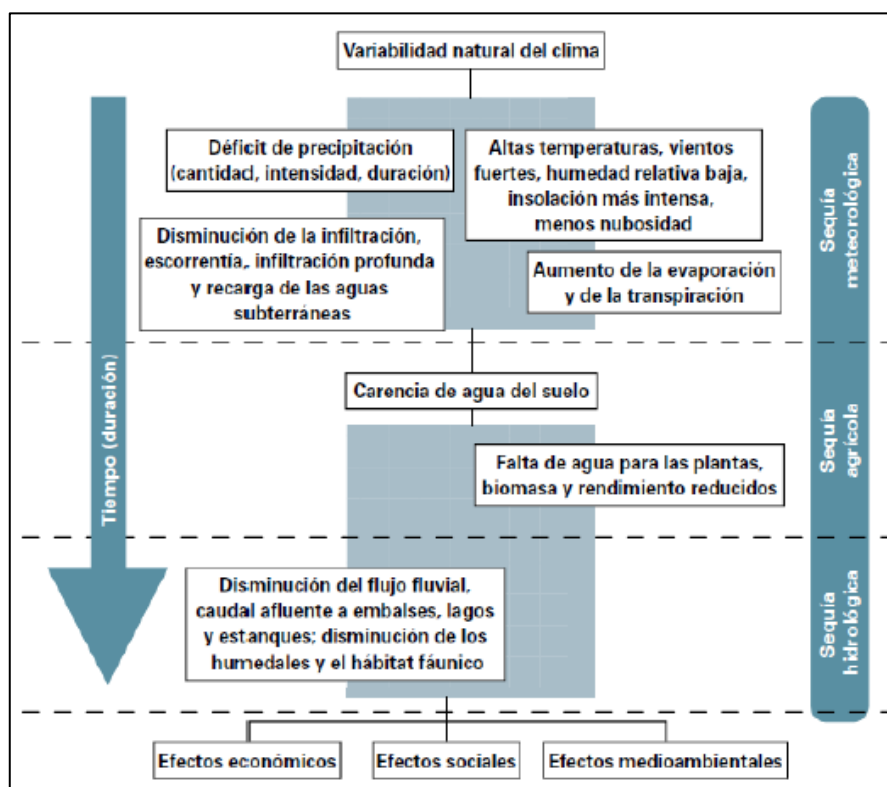
1.8.4. Sequía socioeconómica

Según Marcos (2001), la sequía socioeconómica “se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias” (p. 63). La sequía socioeconómica sucede a la agrícola en regiones menos desarrolladas, donde este sector tiene un mayor peso en la economía y su incidencia es más directa e inmediata que en regiones desarrolladas, la sequía agrícola constituye en sí misma el inicio de la sequía socioeconómica. Son tan determinantes la magnitud y la duración del evento seco como la forma en que la economía y la sociedad desarrollan sus actividades.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), recomienda para el monitoreo de las sequías a nivel nacional, todos los servicios meteorológicos e hidrológicos deberían utilizar el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), (SENAMHI, 2016).

Figura 2

Sequías y sus efectos asociados al déficit de precipitación



Nota. Adoptado de *monitoreo de sequías para sistemas de alerta temprana* (Endara, 2019).

1.9. Índice de sequías

a. Indicadores. Según OMM (2012), son variables para describir las condiciones de las sequías.

b. Índices. OMM (2012), define representaciones numéricas de la gravedad de las sequías, determinadas mediante datos climáticos o hidrometeorológicos, tienen por objeto analizar el estado cualitativo de las sequías en el entorno en un período de tiempo determinado. Para lo cual existen diferentes métodos de índices a continuación, se nombra algunos de ellos:

b.1. Índice de Precipitación Estandarizado (SPI). Desarrollado por McKee (1992), en la Universidad del Estado de Colorado (Estados Unidos). Es un método de probabilidad que cuantifica las sequías en condiciones húmedas y secas, en base a datos de precipitación mensual. Este método tiene una escala de intensidad, en la que se calculan valores positivos y negativos, que sirve para detectar episodios de humedad y sequía.

b.2. índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI). Según OMM (2012), fue creada en 1960 como uno de los primeros métodos en intentar por detectar

sequía, específicamente en detectar las sequías que afectan a la agricultura, en base a datos de precipitación y temperatura mensual.

b.3 Índice de Precipitación Estandarizado y Evapotranspiración (SPEI).

OMM (2012), indica que el SPEI fue creado por Vicente-Serrano y otros en el Instituto Pirenaico de Ecología en Zaragoza España. Este método utiliza como base al SPI y que incluye los datos de temperatura.

1.9.1. Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).

SENAMHI (2016), fue desarrollado por Mckee en 1993, es una probabilidad que nos da una representación de los periodos secos y húmedos; cuantificando el déficit de precipitación en distintas escalas de tiempo. Se basa en el uso de series de tiempo de precipitación mensual y su correspondiente ajuste a la función de distribución de probabilidad Gamma, que posteriormente es transformada en la función normal.

Según Mckee et al. (1993), el SPI fue desarrollado en base a datos de precipitación para un periodo determinado continuo de 30 años; para lo cual se selecciona un conjunto de periodos promedios, para determinar el conjunto de escalas de tiempo “i” meses donde i es 3, 6, 12, 24 y 48 meses. Estas escalas son representaciones de tiempos arbitrarias pero típicas; el conjunto de datos se mueve en el sentido de que cada mes se determine un nuevo valor a partir de los “i” meses anteriores. Cada uno de los conjuntos de datos se ajusta a una función gamma para definir la relación entre la probabilidad y la precipitación. Una vez establecida la relación, a partir de los registros históricos, la probabilidad de cualquier punto de datos de precipitación observado, se calcula y se utiliza junto con una estimación de la normal inversa para calcular la desviación de la precipitación, para una densidad de probabilidad distribuida normalmente con una media de cero y desviación estándar de la unidad, este valor es el SPI, para el punto de datos de precipitación particular. Cuando los periodos son pequeños 3 o 6 meses, el SPI se mueve con frecuencia por encima y por debajo de cero, a medida que la escala de tiempo se amplía a 12, 24 y 48 meses, el SPI responde más lentamente a los cambios en la precipitación. Los periodos con un SPI negativo y positivo se vuelven menos numerosos pero más largos.

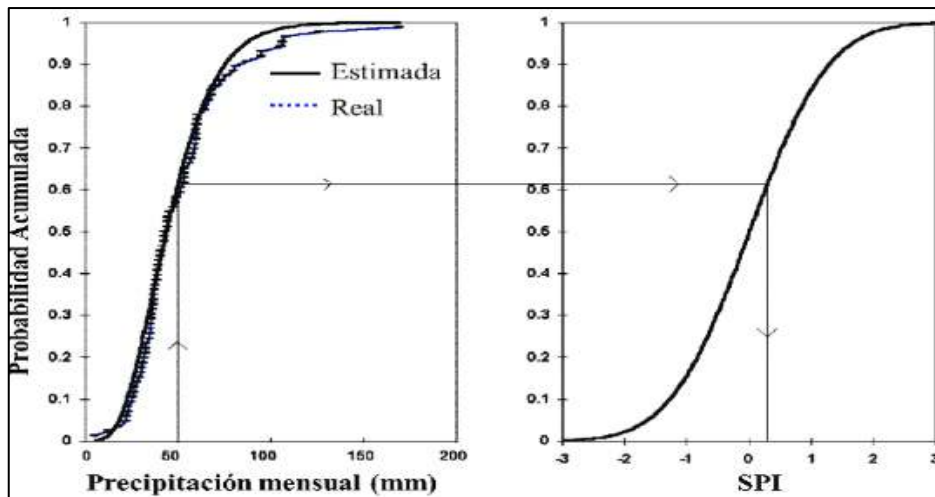
Utilizando el SPI como indicador se puede establecer una definición funcional y cuantitativa de sequía para cada escala temporal. Un evento de sequía para la escala de tiempo se detiene aquí como un periodo en el que el SPI es continuamente negativo y alcanza un valor de “-1” o menos. La sequía comienza cuando el SPI cae por primera vez

por debajo de cero y termina con el valor positivo del SPI después de un valor de “-1” o menos.

El procedimiento de transformación de la lluvia observada a través de las funciones de distribución acumulativa (CDF) de la distribución Gamma y la variable normal estandarizada (ver Figura 3).

Figura 3

Transformación de la lluvia observada mediante la función de distribución acumulativa Gamma (CDF) y la CDF de la variable normal estandarizada al SPI.



Nota. Adoptada de Edwards & McKee, 1997. por (Olivares, 2018)

Para el cálculo del SPI, las series de datos de precipitación de cada estación se ajustan a una función de distribución de probabilidad Gamma.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{para } x > 0 \quad \dots\dots\dots 04$$

$x > 0$ es la precipitación acumulada.

$\alpha > 0$ es un parámetro de uniformidad.

$\beta > 0$ es un parámetro de escala.

$\Gamma(\alpha)$ define la función gamma.

Las soluciones de máxima verosimilitud se utilizan para estimar óptimamente los parámetros de distribución gamma, α y β para cada estación y para cada uno de los intervalos de tiempo (3 y 6 meses).

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad \dots\dots\dots 05$$

$$\hat{\beta} = \left(\frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \right) \quad \dots\dots\dots 06$$

$$A = \ln(\bar{x}) - n^{-1} \sum \ln(x) \dots \dots \dots 07$$

Donde:

α y β son parámetros de forma y escalar, pueden ser estimados con un procedimiento iterativo, para un mes dado y una escala de tiempo. La probabilidad acumulado $G(x)$ de una cantidad de precipitación, está dado por:

$$G(x) = \frac{1}{\hat{\beta} r(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}} e^{-x/\hat{\beta}} dx \dots \dots \dots 08$$

Dado que, $t = x/\beta$ se reduce a la siguiente función, llamada función Gamma incompleta:

$$G(x) = \frac{1}{r(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-1} dx \dots \dots \dots 09$$

La distribución Gamma no está definida para $x = 0$ y la probabilidad de precipitación en cero $q = p(x = 0)$ viene a ser positiva, entonces la función probabilidad acumulada se convierte en:

$$H(x) = q + (1 - q) G(x) \dots \dots \dots 10$$

Donde, “q” es la probabilidad $x = 0$, es decir la frecuencia de ocurrencia de $x = 0$ en todas las series observadas, cuando son transformadas en función de distribución estándar normal, el SPI se expresa como:

$$SPI = \begin{cases} -\left(t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{H_{(x)}^2}\right)}, 0 < H_{(x)} \leq 0.5 \\ \left(t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{H_{(x)}^2}\right)}, 0.5 < H_{(x)} \leq 1 \end{cases} \dots 11$$

Donde, las constantes equivalen a: $c_0 = 2.515517$, $c_1 = 0.802853$, $c_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$ y $d_3 = 0.001308$.

Tabla 1

Condiciones de sequías según el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).

Tipos de sequía	SPI
Extremadamente seco	-2.0 y menor
Severamente seco	-1.5 a -1.99
Moderadamente seco	-1.0 a -1.49
Normal	-0.99 a 0.99
Húmedo	1.0 a 1.49
Muy húmedo	1.5 a 1.99
Extremadamente húmedo	2.0 y mayor

Nota. Caracterización de sequías, (OMM, 2012).

1.10. Caracterización de sequías

1.10.1. Duración (L)

Según Vargas (2021), es el “número de sucesiones temporales consecutivas e interrumpidas (uno o más meses) con una precipitación inferior al nivel promedio registrado en un periodo de tiempo relativamente largo, expresado en meses o años consecutivos” (p. 52).

1.10.2. Severidad (D)

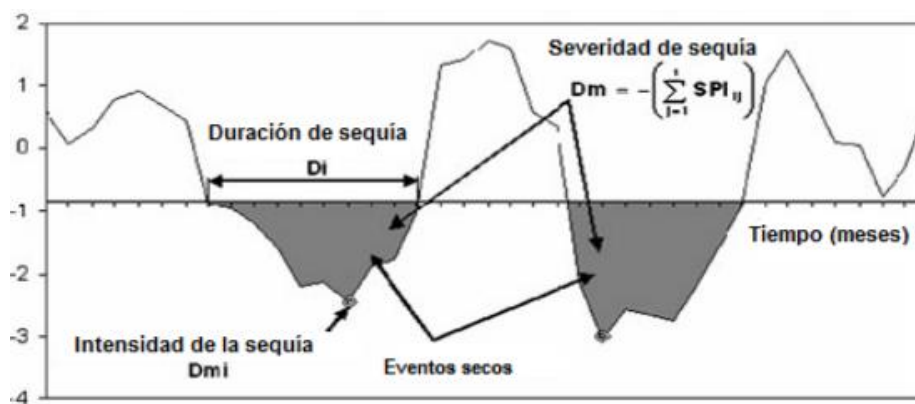
Según Vargas (2021), es una referencia de la acumulación de deficiencia de las sequías según el umbral x_0 definido. Es decir, la suma del déficit durante la longitud o duración, el cual se cuantifica mediante la sucesión negativa acumulada” (p. 52).

1.10.3. Intensidad (I)

Vargas (2021), es una medida de severidad del evento, máximo valor del déficit ocurrido durante el evento, conocido como intensidad máxima.

Figura 4

Características de las sequías basadas en el SPI



Nota. Según (SENAMHI, 2015).

1.11. Software

1.11.1. Hec-04

Este software se utiliza en hidrología para respaldar la gestión de los recursos hídricos. está diseñado para extender y completar los datos de precipitaciones. Calcula los registros de precipitaciones faltantes o incompletos y garantiza la continuidad de los datos para un modelado y análisis de cuencas hidrográficas.

1.11.2. ArcGis 10.5

ArcGIS es un paquete de software de Sistema de Información Geográfica (SIG) integral desarrollado. Permite a los usuarios visualizar, analizar y gestionar datos espaciales de forma eficaz. Ofrece una variedad de herramientas para crear mapas interactivos y realizar análisis espaciales, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en planificación urbana, gestión ambiental y logística. El software integra datos de múltiples fuentes, que facilita la toma de decisiones informadas basadas en información geográfica.

1.11.3. Past 4.03

Past es un software libre para análisis de datos científicos, con funciones de manipulación de datos, representación gráfica, estadísticas univariadas y multivariadas, análisis ecológico, series de tiempo y análisis espacial, morfometría y estratigrafía. (Comarch, 2020).

1.11.4. Trend

Diseñado para facilitar pruebas estadísticas para la tendencia, el cambio y la aleatoriedad en series de tiempo hidrológicas. Este programa incluye 12 pruebas estadísticas fundamentadas en el trabajo de expertos de la OMM y UNESCO, presentadas durante un taller enfocado en la detección de tendencias y cambios en datos hidrológicos. TREND es esencial para el análisis preciso de la variabilidad y estabilidad en el comportamiento de los recursos hídricos (Igores2, 2015).

1.11.5. Hydracces

Es un software hidrológico multilingüe, desarrollado por Philippe Vauchel del IRD, que permite importar, almacenar y procesar datos hidrológicos en Microsoft Access 2000. Disponible gratuitamente, ofrece herramientas para crear tablas y gráficos personalizables en Word y Excel. Este programa es ideal para investigadores y técnicos, facilitando el análisis de datos desde microcuencas hasta grandes ríos, y permite la separación de eventos hidrológicos. Su diseño flexible permite la traducción y adaptación a diferentes idiomas por parte del usuario, (Hybam, 2018).

1.11.6. SPIgenerator

Según National Drought Mitigation Center (NDMC, 2018). Es una aplicación que genera datos del Índice de Precipitación Estándar (SPI) a partir de datos históricos de

precipitación, permitiendo análisis en diversas escalas temporales. Calcula el SPI usando una distribución gamma, donde los valores positivos indican condiciones húmedas y los negativos secos; requiere únicamente como dato de ingreso a la precipitación acumulada mensual en (mm). Su principal ventaja es la capacidad de comparar datos entre diferentes regiones climáticas. Además, puede calcular índices estandarizados para otras variables, aunque se requiere precaución en su uso para variables no relacionadas con la precipitación.

1.12. Definición de términos.

1.12.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es un proceso en el que el agua cambia de estado físico y de ubicación. Todos los medios forman parte de este ciclo del agua, desde el océano y los mares hasta la tierra firme y la atmósfera. Cuando se produce un cambio de estado del agua, referido a que puede pasar de estado sólido a líquido y gaseoso (Rothschuh, 2022).

1.12.2. Precipitación

Según Núñez (2020), la precipitación consiste en la caída de agua de las nubes hasta la superficie de la tierra, sea de forma líquida o sólida” (párr. 1).

1.12.3. Evapotranspiración

Según Novillo (2019), este concepto incluye tanto la evaporación de las aguas superficiales como a la transpiración de las plantas, dando lugar a la formación de nubes y contribuyendo a la saturación de agua de cada ecosistema. Esta combinación de fenómenos posibilita el llamado "ciclo del agua".

1.12.4. Percentiles

El percentil se simboliza por P_k , es el valor numérico de la variable, k es el porcentaje de los datos ordenados, está por debajo de ese valor. En efecto son los 99 valores que dividen la serie de datos en 100 partes iguales; que dan los valores al 1%, 2%, 3%, 99% de los datos (Lopez, 2019).

1.12.5. Fenómeno el Niño

“Son modificaciones de las condiciones climáticas; que permite evaluar el daño potencial del actual proceso de cambio climático” (MINAM, 2009, P. 16).

Es el incremento de la temperatura superficial del agua del mar en el litoral de la costa oeste de Sudamérica, con ocurrencia de lluvias intensas. Antes, era considerado como un fenómeno local, actualmente se le reconoce como el principal modulador de la variabilidad climática interanual en todo el mundo (SENAMHI, 2014, p. 9).

Figura 5

Episodios extraordinarios de El Niño en el Perú

Episodio El Niño	Anomalías de temperatura mínima	Anomalías de precipitación
El Niño 1982-1983	+8,0 °C (Chiclayo) +10,0 °C (Chimbote)	En la costa norte: 3000 mm entre setiembre y mayo; en verano, mayores núcleos en Piura. En la sierra sur¹: déficit severo de precipitación.
El Niño 1997-1998	+8,0 °C desde Chiclayo al Norte Chico	Costa norte: 3000 mm entre setiembre y mayo; en verano, mayores núcleos en Piura y Tumbes; incrementos de alrededor 2000% en algunas estaciones costeras norteñas: Miraflores, Talara (Piura), Tumbes; lluvias intensas en Lambayeque; Lluvias en Lima. En la sierra sur: déficit de precipitación

Nota. Anomalías de precipitación (SENAMHI, 2014).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación de la zona de estudio

2.1.1. Ubicación geográfica

El área de estudio está ubicada en la región Ayacucho cuenta con un área total de 43 821 km², que pertenece al área meridional de los Andes entre los paralelos 12° 07' 30" y 15° 37' 00" de latitud sur y entre los meridianos 72°50' 19" y 75° 07' 00" de longitud oeste, con coordenada UTM WGS 84, zona 18S (ver Figura 6).

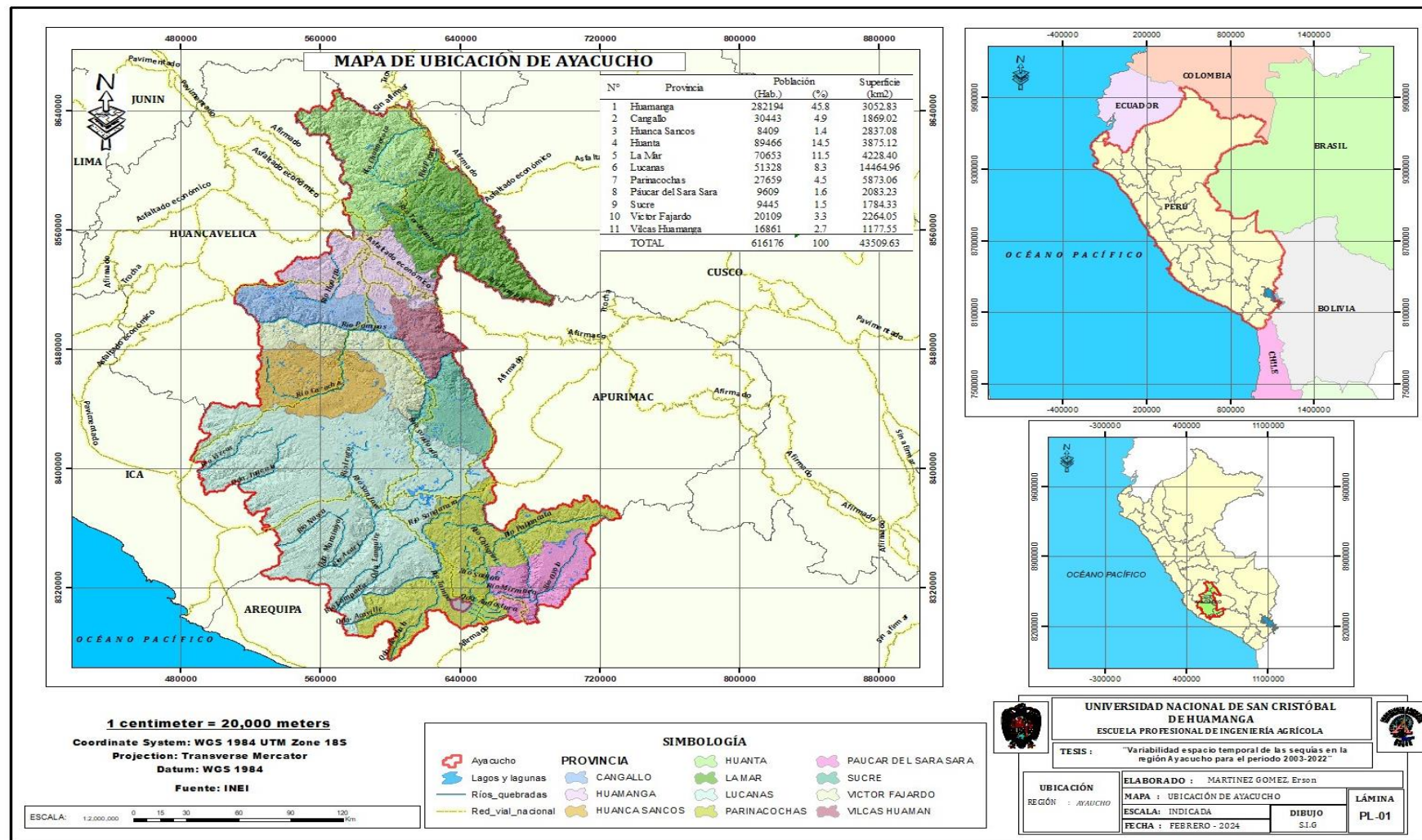
2.1.2. Ubicación política

La creación política de la región Ayacucho, está dividido en 11 provincias y 119 distritos, ubicado en la zona sur – central de los andes, situada en la vertiente oriental de los andes a 2791msnm. A su vez tiene como límites a las siguientes regiones:

Por el norte	: Junín.
Por el sur	: Arequipa.
Por el este	: Apurímac.
Por el oeste	: Ica.
Por el noroeste	: Huancavelica.
Por el nor-este	: Cusco.

Figura 6

Mapa de ubicación de la región Ayacucho



2.2. Caracterización de la zona de estudio

2.2.1. Población

La población de Ayacucho está conformada en 11 provincias (ver Tabla 2).

Tabla 2

Población y superficie de la región Ayacucho

N°	Provincia	Población		Superficie (Km ²)
		(Hab.)	(%)	
1	Huamanga	282194	45.8	3052.83
2	Cangallo	30443	4.9	1869.02
3	Huancá Sancos	8409	1.4	2837.08
4	Huanta	89466	14.5	3875.12
5	La Mar	70653	11.5	4228.40
6	Lucanas	51328	8.3	14464.96
7	Parinacochas	27659	4.5	5873.06
8	Páucar del Sara Sara	9609	1.6	2083.23
9	Sucre	9445	1.5	1784.33
10	Víctor Fajardo	20109	3.3	2264.05
11	Vilcas Huamán	16861	2.7	1177.55
TOTAL		616176	100	43509.63

Nota. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018).

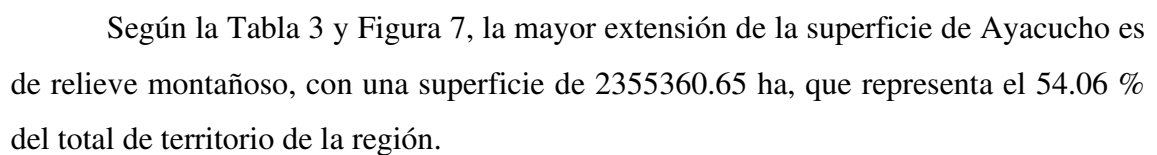
2.2.2. Fisiografía

La región de Ayacucho se distingue por su variada fisiografía, la cual abarca múltiples categorías que, a su vez, contienen paisajes con diversas formaciones geológicas y litologías. Esta información se detalla en la Tabla 3 y está disponible en el geoportal del MINAM, dentro del apartado de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), en formato shapefile. Dicho formato puede descargarse a través del siguiente enlace: <https://geoservidor.minam.gob.pe/zee-aprobadas/zee-aprobadas/>

Tabla 3*Clasificación fisiográfica de la región Ayacucho*

CODF ISIO	SIMB	GRAN PAISA	PAISAJE	DES_FISIOGRAFÍA	ÁREA	
					(Ha)	(%)
1	CMmye	Montañoso	Montaña de litología sedimentaria/volcanica	Cima e Montaña de litología sedimentaria/volcanica muy empinada.	691205.00	15.86
5	CTB3	Colinoso	Colinas del terciario de litología pizarras/intrusiva	Colina baja del terciario de litología pizarras/intrusiva fuertemente disectada.	88993.70	2.04
8	CB1	Colinoso	Colinas de litología volcanica/intrusiva	Colinas Bajas de litología volcanica/intrusiva ligeramente disectada.	48751.75	1.12
10	Cdyfi	Planicie	coluvio aluvial	Cono de deyeccion fuertemente inclinado.	7401.43	0.17
12	CQL	Colinoso	Colinas del cuaternario	Lomada del Cuaternario moderadamente empinada.	13567.64	0.31
13	MBjLe	Montañoso	Montaña baja	Montaña baja de Ladera empinada.	83722.41	1.92
14	MBLee	Montañoso	Montaña de litología sedimentaria/volcanica /intrusiva	Montaña de litología sedimentaria/volcanica/intrusiva de Ladera	2355360.65	54.06
19	Mi	Montañoso	Montaña de litología volcanica	Monte Isla ligeramente inclinado.	582.13	0.01
20	Pmfi	Planicie	coluvio aluvial	Piedemonte fuertemente	64137.17	1.47
23	Tm	Planicie	aluvial sub reciente	Planicie aluvial sub reciente de Terraza media no inundable.	14994.25	0.34
26	PFW	Planicie	Lacustrina	Planicie Lacustrina.	16292.78	0.37
27	PLfi	Planicie	Litología Sedimentaria	Planicie de litología Sedimentaria fuertemente	386204.37	8.86
32	PLdfi	Planicie	Litología Volcanica	Planicie de litología Volcanica disectada fuertemente	213783.16	4.91
37	Pe	Planicie	Material de arena inconsolidado	Planicie eolica Plana a ligeramente ondulada.	377.59	0.01
38	Esc	Montañoso	Montaña de litología volcanica	Talud - Escarpe	42067.09	0.97
39	Td	Planicie	Estructural volcanica	Talud de terraza estructural.	154935.04	3.56
42	Ve	Planicie	Coluvio aluvial	Valle coluvio aluvial erosional.	96319.65	2.21
45	CVf	Planicie	Fluvio glacial	Valle Fluvio Glacial moderada	47404.16	1.09
99	LAG	Laguna	Laguna	Laguna	15326.11	0.35
996	AU	Area Urbana	Area Urbana	Area Urbana	4839.11	0.11
998	Rio	Rio	Rio	Rio	10853.04	0.25
TOTAL					4357118.23	100.00

Mapa fisiográfico de la región Ayacucho.



La red hidrográfica de Ayacucho drena hacia dos grandes regiones hidrográficas: la del Pacífico y Amazonas, cada una con sus respectivas cuencas.

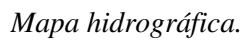
26

Tabla 4*Cuencas hidrográficas del departamento de Ayacucho*

CÓDIGO	NOMBRE	NOMB_UH_N1	ÁREA	
			(Ha)	(%)
13712	Cuenca Pescadores - Caraveli	Región Hidrográfica del Pacífico	197.25	0.005
137156	Cuenca Chala	Región Hidrográfica del Pacífico	32813.44	0.754
137154	Cuenca Chaparra	Región Hidrográfica del Pacífico	184.87	0.004
13719	Intercuenca 13719	Región Hidrográfica del Pacífico	55025.69	1.265
49959	Intercuenca 49959	Región Hidrográfica del Amazonas	3.98	0.000
1372	Cuenca Grande	Región Hidrográfica del Pacífico	468837.30	10.775
13718	Cuenca Acari	Región Hidrográfica del Pacífico	349274.10	8.028
13716	Cuenca Yauca	Región Hidrográfica del Pacífico	377138.72	8.668
136	Cuenca Ocoña	Región Hidrográfica del Pacífico	568567.32	13.068
4996	Cuenca Mantaro	Región Hidrográfica del Amazonas	523152.96	12.024
4998	Cuenca Pampas	Región Hidrográfica del Amazonas	1578823.30	36.287
4999	Intercuenca Alto Apurímac	Región Hidrográfica del Amazonas	421.04	0.010
4997	Intercuenca Bajo Apurímac	Región Hidrográfica del Amazonas	396513.91	9.113
137158	Cuenca Honda	Región Hidrográfica del Pacífico	9.40	0.0002
TOTAL			4350963.30	100

Según la Tabla 4, se destaca que la cuenca Pampas es la más representativa en cuanto a superficie, abarcando 1578823.30 ha, siendo el 36.29 % del territorio de Ayacucho. Esta cuenca, que tributa a la vertiente del Amazonas, tiene una importancia significativa en la región.

Mapa hidrográfica.



2.2.4. *Clima*

Ayacucho se caracteriza por una gran diversidad de climas y relieves accidentados, debido a la presencia de la cordillera de los Andes, que atraviesa la región de sur a norte, cubriendo el 90 % de su superficie, la cual pertenece a la región serranía (MINAM, 2012).

Las cordilleras de Razuhuilca y Huanzo son determinantes en la configuración de las zonas geográficas de Ayacucho, que se dividen en tres: la ceja de selva al noreste, la serranía abrupta en el centro y la altiplanicie al sur. Cada una de estas zonas presenta variabilidad climática. La ceja de selva tiene un clima lluvioso y templado, con inviernos secos; la serranía posee un clima frío y lluvioso, con otoños e inviernos secos; mientras que la altiplanicie presenta un clima árido y frío, también con inviernos secos (SENAMHI, 2021).

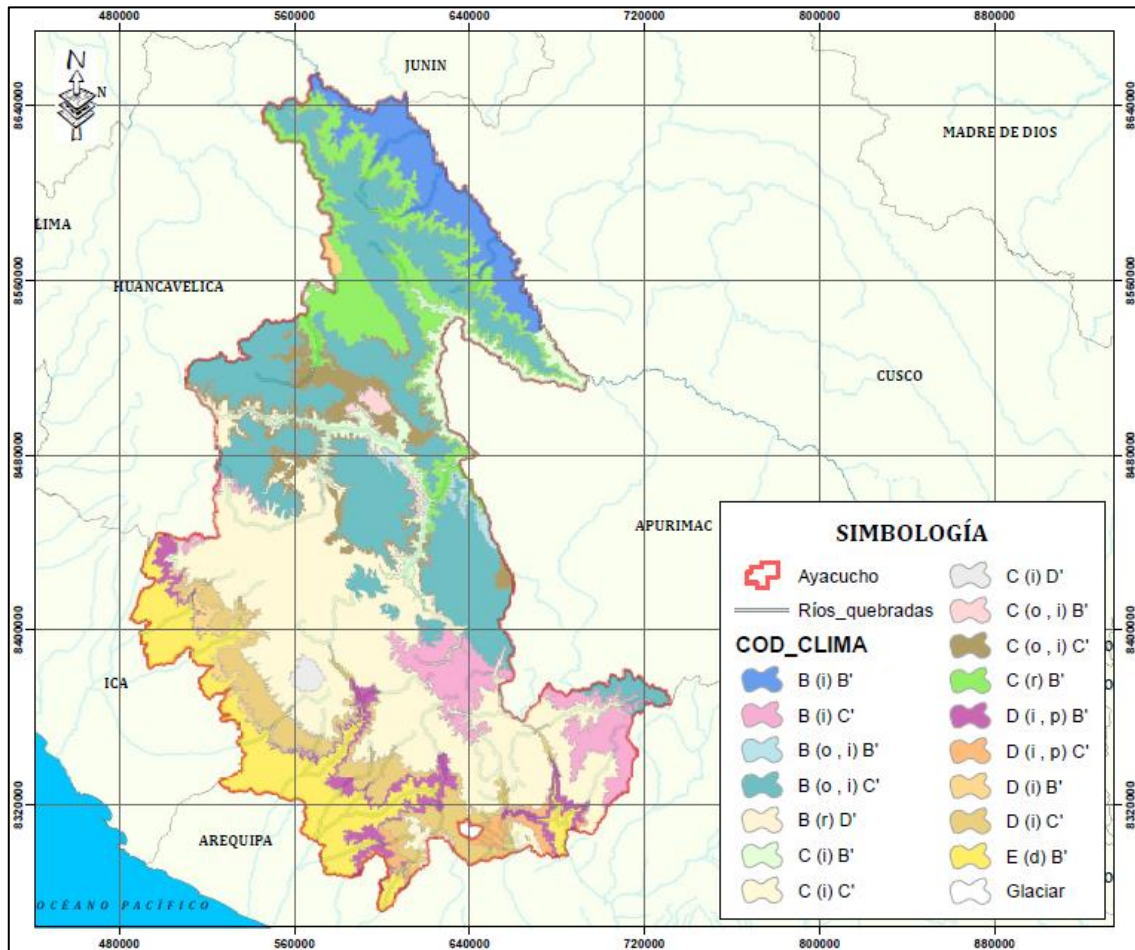
Tabla 5*Variabilidad climática de la región Ayacucho.*

CODIGO	DESCRIPCIÓN	AREA (Km ²)	AREA (%)
D (i) B'	Semiárido con invierno seco. Templado	647.25	1.49
C (i) B'	Semiseco con invierno seco. Templado	1749.62	4.02
C (r) B'	Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año	3941.71	9.06
B (o , i) B'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado	270.64	0.62
B (o , i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío	10189.67	23.42
C (o , i) B'	Semiseco con otoño e invierno secos. Templado	287.01	0.66
B (r) D'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año	2.97	0.01
B (i) C'	Lluvioso con invierno seco. Frío	2205.54	5.07
C (o , i) C'	Semiseco con otoño e invierno secos. Frío	1984.70	4.56
C (i) C'	Semiseco con invierno seco. Frío	11661.83	26.80
C (i) D'	Semiseco con invierno seco. Semifrío	175.69	0.40
D (i) C'	Semiárido con invierno seco. Frío	2502.59	5.75
B (i) B'	Lluvioso con invierno seco. Templado	2226.61	5.12
E (d) B'	Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año	3815.81	8.77
D (i , p) B'	Semiárido con invierno y primavera secos. Templado	1350.21	3.10
D (i , p) C'	Semiárido con invierno y primavera secos. Frío	497.00	1.14
Glaciar	Hielo perenne	0.81	0.002
TOTAL		43509.63	100.00

En la Tabla 5, se observa la relación de variabilidad climática de la región Ayacucho, con 17 tipos de clima de los cuales el de mayor presencia es de tipo clima semiseco frío con invierno seco (C (i) C') con una extensión de 11661.83 Km², que es el 26.80% del total de superficie de la región. Esta clasificación se ha determinado en base a datos procesados por SENAMHI mapa de clasificación climática, que se encuentra disponible en la página de geogps Perú en formato de tipo shapefile, en la dirección: <https://geogpsperu.com/2018/02/mapa-climatico-shapefile-memoria.html>

Figura 9

Mapa de clasificación climática de la región Ayacucho.



2.3. Materiales y equipos

2.3.1. Materiales

- ✓ **Sistema de Información Geográfica (SIG).** Para la determinación del área de estudio se ha recopilado información del sistema hidrográfico del Perú en base a datos de Autoridad Nacional de Agua (ANA), así mismo se recurrió a diferentes plataformas, entre ellos para la información cartográfica en formato de tipo shapefile, se ha visitado a la página de geoservidor MINAM de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) y geogps Perú, información basada en SENAMHI, ANA, INDECI, ente otros.

Para entender la distribución espacial del terreno en relación a la elevación, se ha obtenido el Modelo de Elevación Digital (DEM) alos palsar con resolución 12.5 m por pixel, operativo de 2006 hasta 2011, información disponible

en la plataforma de data search vertex en la siguiente dirección:
<https://search.asf.alaska.edu/#/>

Para la información de los eventos de sequías de la región Ayacucho se ha visitado a la plataforma de INDECI, quien brinda la información de reporte de emergencias de los fenómenos en el Perú operativo de 2003 al 2021.

- ✓ ***Datos de precipitación.*** Teniendo en cuenta el periodo de reporte de la emergencia de fenómenos por INDECI y la recomendación de Organización Meteorológica Mundial (OMM), para el cálculo de análisis de variabilidad climática en el ámbito de SPI se puede realizar el cálculo posterior a un registro mínimo de 20 años (OMM, 2016).

Con referencia a estos criterios se ha recabado información de serie cronológica de 20 años de precipitación mensual acumulada para el periodo de 2003 al 2022, dicha información se ha obtenido a través de las diferentes instituciones, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Oficina de Operación y Mantenimiento Hidráulico (OPEMAN) de gobierno regional Ayacucho.

2.3.2. Equipos y software

- ✓ Laptop core i5
- ✓ Materiales de escritorio
- ✓ Microsoft office 2016
- ✓ Hec-04
- ✓ ArcGis 10.5
- ✓ Past 4.03
- ✓ Trend
- ✓ Hydraces
- ✓ SPIgenerator

2.4. Problema general

¿Cómo es la variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho, para el periodo 2003-2022?

2.5. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los mapas de incidencias de sequías en base al reporte de INDECI de la región Ayacucho, para el periodo 2003-2022?
- ¿Cómo es la variabilidad espacial temporal de la sequía mediante el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para una escala de tiempo ajustado en la región Ayacucho, para el periodo 2003-2022?
- ¿Cómo es el comportamiento tendencial de las sequías en la región Ayacucho, para el periodo 2003-2022?

2.6. Metodología

La metodología de este estudio se ha estructurado en dos etapas para cumplir con los objetivos planteados: fase preliminar y fase de gabinete.

2.6.1. Fase preliminar

En esta fase se recopiló información del reporte de emergencias por sequías registradas en la región Ayacucho y asimismo se ha recabado información de la base de datos de series de precipitación mensual acumulada. Para los cuales, se llevaron a cabo los siguientes procesos:

Paso 1. Información sobre el reporte de sequías, para obtener información sobre las incidencias de sequías en la región Ayacucho, se visita a la plataforma del INDECI, que es de acceso público y no requiere registro previo. Los datos se obtienen a través de la dirección proporcionada en dicha plataforma:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMDMxOGYwNWItYmI0Yy00YWl2LTlhNzYtMTY1YTdjNjhiYWE3IiwidCI6IjNlZW5kMjZlLTlhNTUtNDg4MjY0ODEyLWEzMGZjZGU3OGEyZCJ9&pageName=ReportSectioncd99edcca07a5ff10551>

Esta plataforma ofrece información sobre los fenómenos de emergencia ocurridos en el Perú durante el periodo de 2003 al 2021. La Figura 10 muestra la ventana principal de la plataforma de INDECI.

Ventana principal de la plataforma de INDECI.

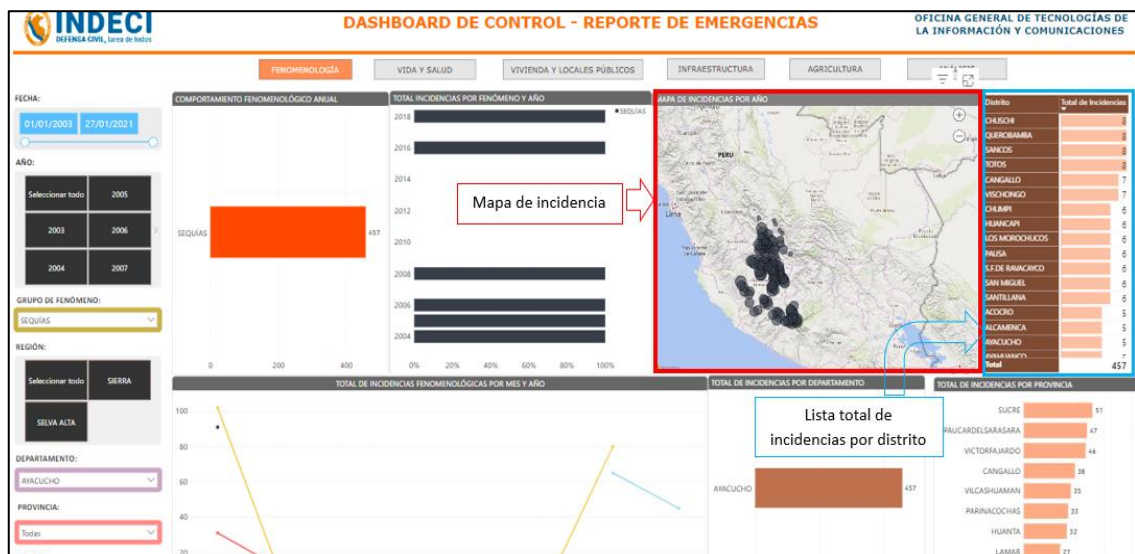


Nota. Plataforma de INDECI sobre el reporte de emergencia de fenómenos en el Perú.

Estando en la ventana emergente, seleccione el fenómeno de interés para la zona de estudio. Como resultado, en la parte derecha de la pantalla se presenta la distribución espacial de las incidencias registradas de 2003 a 2021, con coordenadas geográficas (ver Figura 11).

Figura 11

Ventana emergente de INDECI para consultar el reporte de fenómenos registrados.



Nota. Incidencias de sequías ocurridas en la región Ayacucho.

(<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieMDMxOGYwNWItYmI0Yy00YWY1L2LThNzYtMTY1YTdjNjhiYWE3IiwidCI6IjNlZW5kMjZlLTlhNTUtNDg4MCM0ODEyLWExMGZjZGU3OGEyZCJ9&pageName=ReportSectioncd99edcca07a5ff10551>).

Obtenida la información de las incidencias de sequías con sus respectivas coordenadas, los datos se procesan en microsoft excel y posteriormente en el software ArcGIS 10.5. Para el procesamiento en ArcGIS, se debe contar con cartas nacionales en formato tipo shapefile.

Paso 2. Descargar de cartas nacionales en formato tipo shapefile, ingresar a la página oficial de GeoGPS Perú a través del siguiente enlace: <https://www.geogpsperu.com/>

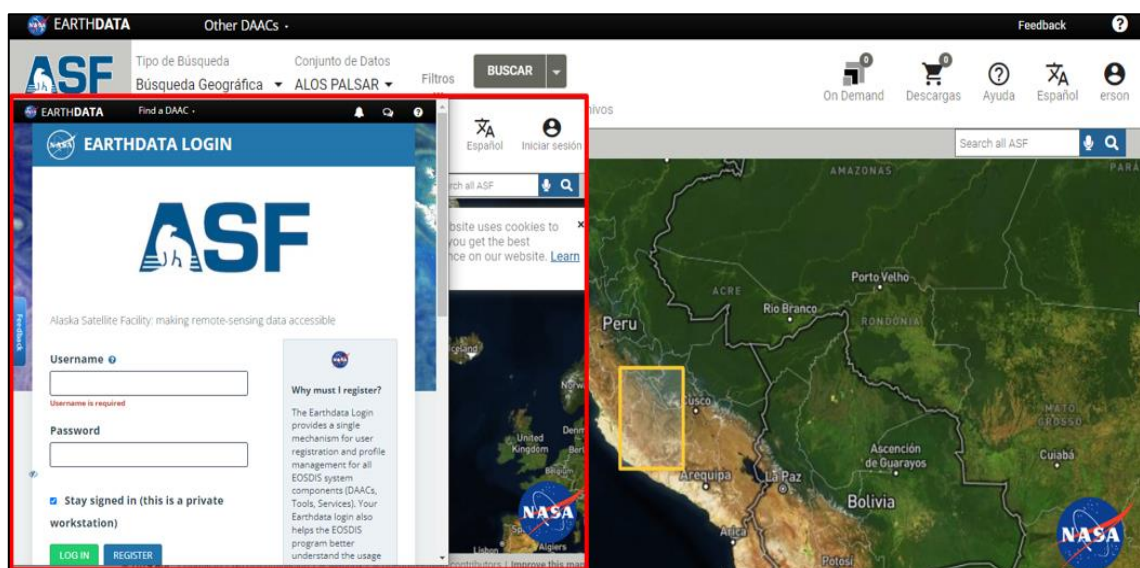
Para acceder a esta página no se requiere registro previo. Ingresado a la página, seleccione el área de interés, para este estudio Ayacucho y elija el formato de archivo tipo (.shp), ya que es el que se requiere para su posterior procesamiento en el software ArcGIS. Finalmente, haga clic en el enlace de la descarga para obtener dicho archivo.

Paso 3. Descarga del Modelo de Elevación Digital (DEM), la descarga del DEM se obtiene mediante la plataforma de Earthdata Search Vertex, disponible en la siguiente dirección: <https://search.asf.alaska.edu/#/>

Esta página ofrece datos del satélite Alos Palsar pixeleado con una resolución de 12.5 m. x 12.5 m. para iniciar sesión es necesario registrarse en la página y confirmar el registro mediante un correo electrónico. Una vez obtenido el usuario, se procede a iniciar sesión.

Figura 12

Plataforma de Earthdata Search Vertex.



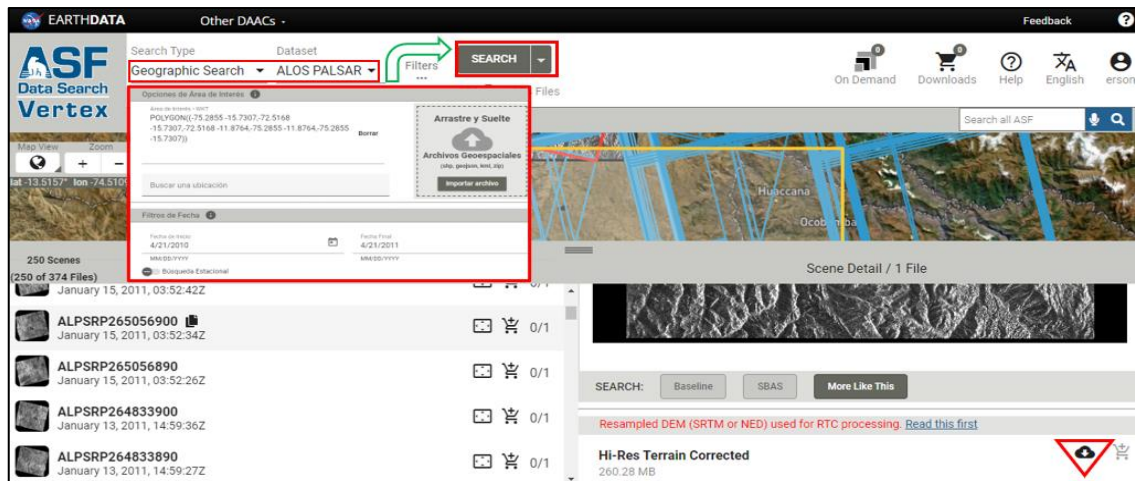
Nota. Ventana principal de Earthdata Search Vertex para la descarga de Modelo Digital de Elevación. (DEM) (<https://search.asf.alaska.edu/#/>).

Iniciado sesión se traza el polígono del área de interés, marcado de color amarillo, como se muestra en la Figura 12. Después de delinear el polígono, se selecciona la fecha

de inicio y fin (4/21/21/010 al 4/21/2011) para aplicar el filtro a las capas. Finalmente, en la parte inferior de la ventana se localizan los cuadrantes del área de estudio y se procede a descargar los datos en la ventana emergente hi-res (ver Figura 13).

Figura 13

Descarga del modelo de elevación digital del terreno.



Nota. Cuadrantes del área de estudio y los datos en la ventana emergente hi-res (<https://search.asf.alaska.edu/#/>).

Paso 4. Datos de precipitación, la base de datos de registro histórico de precipitación mensual se ha recopilado para un periodo de tiempo de 20 años (2003-2022), en base al reporte disponible de las incidencias de sequía en Ayacucho por INDECI y la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Estas series de datos se obtuvo a partir de diversas fuentes, como la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (Ana) y la Oficina de Operación y Mantenimiento Hidráulico (OPEMAN) de gobierno regional de Ayacucho.

2.6.2. Fase gabinete

En esta fase se realizó los siguientes procesos:

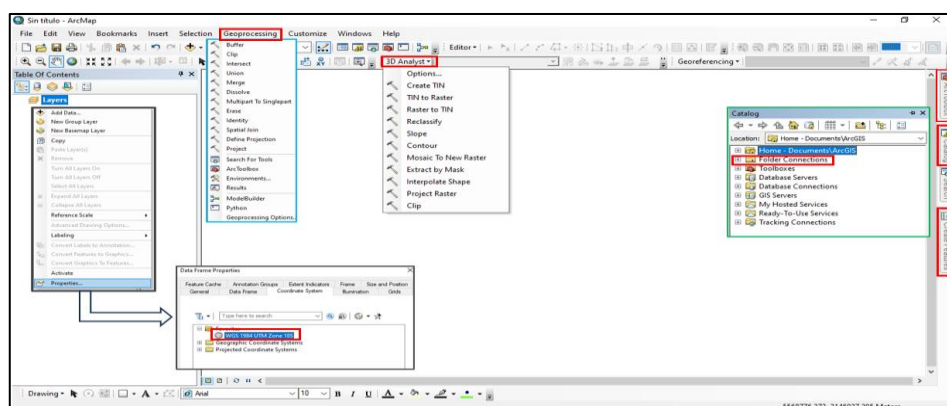
- Generación de mapas sobre incidencias de sequía en Ayacucho mediante el software ArcGis 10.5.
- Selección de estaciones meteorológicas y pluviométricas.
- Tratamiento de datos de precipitación.
- Estimación del índice de precipitación estandarizado (SPI) a una escala de tiempo a corto plazo (1 y 3 meses), mediano plazo (6 meses) y a largo plazo (> 12 meses).

2.6.2.1. Generación de mapa sobre incidencia de sequías en Ayacucho.

Se desarrolla en base al reporte de incidencias proporcionada por INDECI, las cartas nacionales del servidor GeoGps y el modelo digital de elevación (DEM). Para el mapeo, se utilizó el software ArcGIS 10.5. En primer lugar, se georreferencia la hoja de trabajo en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM). Posteriormente, se rutea la carpeta de trabajo en el software a fin de realizar el procesamiento, previo preparado los datos en una hoja de excel. Estos datos son importados al ArcGIS de acuerdo a sus coordenadas. En seguida, se ejecuta las ediciones necesarias mediante las ventanas emergentes de geoprocessing y arctoolbox, específicamente utilizando 3D analyst para los formatos shapefile y raster, respectivamente. Finalmente, tras el procesamiento se obtiene el mapa de los eventos de sequía para la región de Ayacucho (ver Figura 17).

Figura 14

Ventanas de edición, software ArcGis 10.5.



2.6.2.2. Análisis y tratamiento de los datos de precipitación.

Para análisis y tratamiento de los datos se realizó los siguientes procesos:

Paso 1. Selección de las estaciones meteorológicas y pluviométricas. Para el presente estudio se ha obtenido datos de registro históricos de precipitación mensual, seleccionando 26 estaciones para un periodo de análisis de 20 años. La mayoría de las estaciones tienen menos del 20% de datos faltantes para el período comprendido entre 2003 al 2022 (ver Tabla 6).

Tabla 6

Estaciones pluviométricas para el periodo de registro (2003-2022).

N°	ESTACIÓN	PROPIETA RIO	COORDENADAS UTM		Altitud (msnm)	DF (%)	PERIODO DE REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)																REGISTRO COMPLETO	REGISTRO INCOMPLET	REGISTRO VACÍO				
			ESTE	NORTE			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018				2019	2020	2021	2022
1	Huanta	Senamhi	577755.890	8572560.887	2485	22.1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	4	16	0	
2	Quinua	Senamhi	593070.302	8556572.306	3215	6.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	16	4	0	
3	San Pedro De Cachi	Senamhi	566054.857	8553117.021	3247	20.0	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	2	1	1	6	13	1	
4	Wayllapampa	Senamhi	584940.101	8554273.008	2470	9.2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	2	2	1	15	4	1
5	Inia	GR Ayacucho	584227.916	8544026.499	2735	23.3	1	2	2	3	2	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	4	2
6	Pucaloma	GR Ayacucho	575923.420	8539980.962	3493	30.4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	13	1	6
7	Tambillo	GR Ayacucho	596832.088	8538524.605	3343	0.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	0	0
8	Chiara	GR Ayacucho	585460.888	8530614.099	3400	0.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	0	0
9	Chontaca	GR Ayacucho	605518.131	8529973.227	3497	25.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	15	0	5
10	Cuchoquesra	GR Ayacucho	571194.110	8515148.307	3740	25.0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	3	3	3	3	11	5	4
11	Allpachaca	GR Ayacucho	579162.674	8519439.227	3550	0.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	0	0
12	Pampa Cangallo	GR Ayacucho	588241.876	8501309.674	3375	23.8	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	14	2	4
13	Sachabamba	GR Ayacucho	597357.583	8511754.378	3544	21.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	15	1	4
14	Huancapi	Senamhi	600747.638	8479838.033	3117	12.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	3	1	17	1	2
15	Vilcas Huaman	Senamhi	613298.125	8488656.881	3518	14.2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	2	2	2	14	5	1
16	Chilcayoc	Senamhi	637573.235	8464848.913	3395	8.8	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	11	9	0
17	Huancasancos	Senamhi	571991.070	8461358.506	3440	15.4	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	8	12	0
18	Paucaray	Senamhi	647000.882	8446995.025	3232	14.2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	12	8	0
19	Huac Huas	Senamhi	506363.596	8437634.647	3180	8.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	17	3	0
20	Lucanas	Senamhi	582628.001	8383520.655	3350	11.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	15	5	0
21	Llauta	Senamhi	508038.161	8425000.629	2569	8.8	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	13	7	0
22	Puquio	Senamhi	593492.122	8374755.307	3176	2.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	18	2	0
23	Pampas Galeras	Senamhi	564214.792	8378180.486	3998	54.6	3	2	2	3	3	3	2	1	2	2	2	2	3	3	3	2	1	1	1	1	5	8	7
24	Lampa	Senamhi	677484.973	8320576.967	2797	5.4	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	13	7	0
25	Cora Cora	Senamhi	631250.409	8340052.134	3200	10.4	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	9	11	0
26	Pauza	Senamhi	678134.319	8310547.170	2489	5.4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	14	6	0

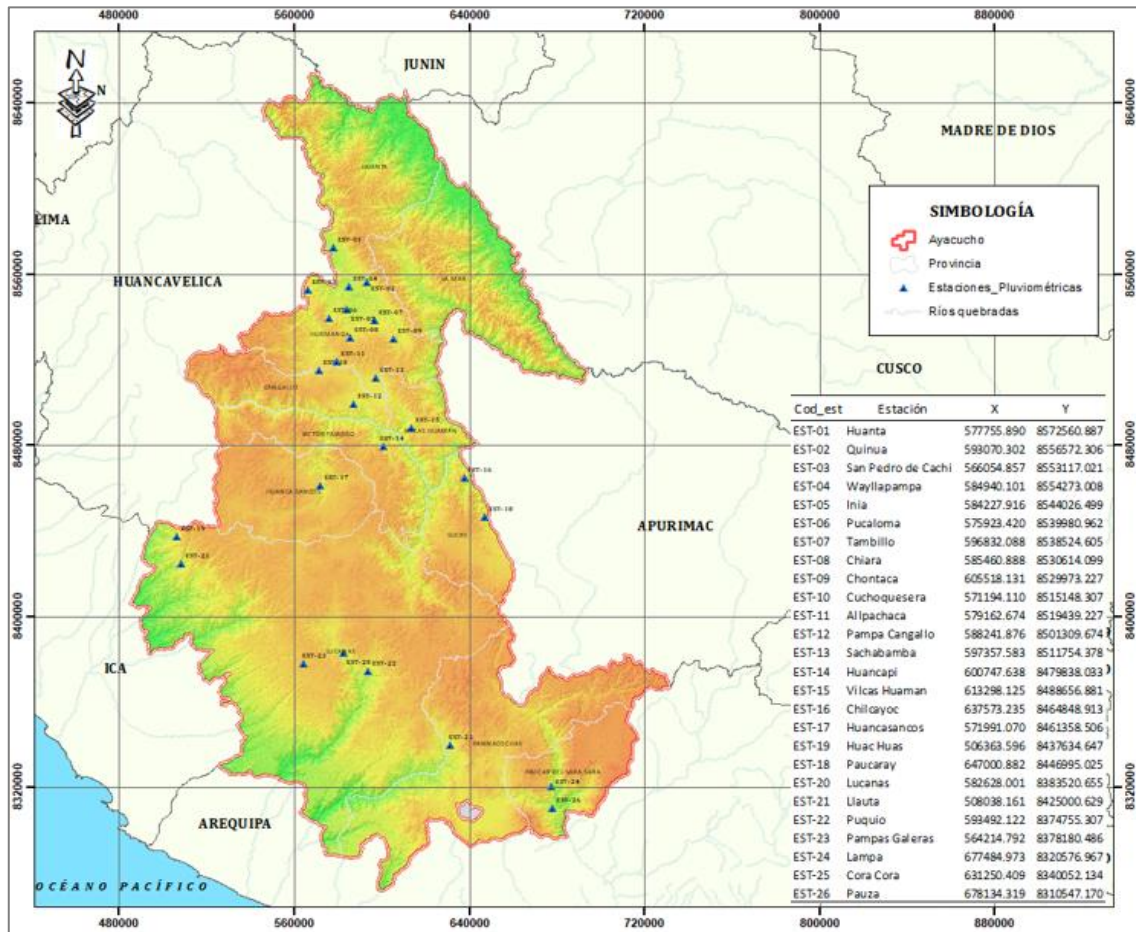
Fuente: Elaboración propia

1	Registro completo
2	Registro incompleto
3	Registro vacío

Nota. DF, es el dato faltante y GR, gobierno regional.

Figura 15

Distribución espacial de las estaciones con registro de precipitación mensual.



Paso 2. Análisis exploratorio de datos de precipitación mensual, los datos de precipitación mensual son sometidos a un proceso de análisis y pruebas estadísticas con el fin de evaluar su calidad y confiabilidad. Para determinar las series de datos mensuales faltantes, se utilizó el criterio de Parra & Cortez (2005) establecen, si falta al menos un dato en el mes, no se calcula el valor mensual, considerándose perdido. Esto se debe a que el valor mensual es la suma acumulada de las lluvias diarias y los datos faltantes pueden comprometer la representatividad de los resultados utilizados en el estudio.

El análisis exploratorio de la serie de datos de precipitación mensual se realizó por estación, este análisis proporciona una vista general de todos los datos a ser analizados, identificando posibles datos atípicos (outliers) y estaciones no homogéneas. Para ello, se emplearon herramientas como diagramas de caja (box plot), histogramas, curvas de doble masa y pruebas estadísticas. Los posibles datos atípicos identificados son puestos a evaluados en comparación con estaciones cercanas. Con base en la información histórica de precipitación mensual, se determinó si los datos dudosos debían ser eliminados o incluidos en la siguiente fase del análisis.

Paso 3. Análisis estadístico preliminar, se evalúa los cambios en la media y la homogeneidad de los datos en base a la información histórica de precipitación mensual. Posteriormente, se filtra los datos mensuales faltantes para detectar saltos y tendencias mediante pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, utilizando el software trend. Este software facilita las pruebas estadísticas para el análisis posterior de saltos y tendencias.

Paso 4. Completación y extensión de datos de precipitación mensual, se ha desarrollado mediante el software Hec-04 para los datos faltantes y atípicos que fueron tratados como datos faltantes.

Paso 5. Consistencia de los datos de precipitación mensual, se ha evaluado mediante las pruebas “T” de Student y “F” de Fisher. A partir de la media y desviación estándar determinando que las series son homogéneas con 5% de nivel de significancia.

Paso 6. Grupos homogéneas, la formación de grupos homogéneas se realiza en dos etapas. En la Primera etapa se realiza un agrupamiento preliminar de las 26 estaciones mediante el software past4.03 por el método clúster de Ward, basado en la media de los datos de precipitación anual para el período 2003 a 2022 (ver Figura 16). Como resultado, se genera un dendrograma, que es un diagrama de árbol que muestra la formación de conglomerados en cada paso según sus niveles de similitud.

Segunda etapa, en esta etapa se realiza el método del vector regional (MVR) a través del software Hydraccess, que permite agrupar estaciones de comportamientos similares.

Figura 16

Agrupamiento preliminar de los estacones, mediante el Software past4.03

Unfiled

File

Edit

Transform

Plot

Univariate

Multivariate

Model

Diversity

Timeseries

Geometry

Stratigraphy

Script

Help

Show

Row attributes

Column attributes

Click mode

Select

Drag rows/columns

Edit

Cut

Copy

Paste

Select all

View

Bands

Recover windows

Binary

Decimals: -

2003

2004

2005

2006

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022

HUANTA

428.45

460.4

488.95

547.1

312.5

439.86

512.1

681.12

516.92

605.27

563.21

570.16

496.27

551.43

571.57

613.42

340.84

369.4

218.62

QUINUA

795.4

669.8

634.7

704.5

818.9

628.8

797.8

808.87

688.08

622.94

612.9

523.56

587.23

388.3

864

748.6

919.19

626.73

938.9

564.8

SAN PEDRO

742.09

632.88

526.3

748.02

664.34

487.8

840.1

738.32

917.15

832.15

965.36

754.84

740.12

819.39

1000.53

716.9

1000.8

491.35

726.2

608.8

WAYLLAPAMI

548

575.1

409.2

624.4

568.39

381.7

636

520.5

774.6

751.89

715.2

639.7

747.23

687

635.8

619.8

708.7

356.82

568.48

475

NIA

672.3

569.36

636.31

592.86

562.5

465.3

523.03

523.42

739.2

672.9

612.1

528.7

578.5

394.1

564.3

496.9

605.4

336.3

431.61

493.5

PUCALOMA

666.77

623.98

635.65

587.85

509.63

453.93

470.78

538.2

777.08

668.4

456.5

544.75

428.69

392.5

690.48

511.93

625.03

584.38

506.73

555.92

JAMBILLO

628.08

675.8

638.8

579.95

660.27

505.59

709.8

654.5

929.31

945.4

741.3

900.4

762.12

472.96

881

659.16

784.08

536.44

696.2

620.71

CHIARA

635.65

695.92

634.49

734.9

522.55

509.2

833.5

576

907.61

967.7

791.9

867.79

722.05

461.4

963.5

768.4

791.2

661.4

736.9

447.2

CHONTACA

846.06

450.7

510.3

735.5

589.9

624.8

631.8

611.96

890.9

853.8

695.1

742.6

878

516.4

819.5

844.94

899.92

843.17

943.1

746.38

CUCHOQUES

812.4

698.2

682.42

923.45

798.6

778.79

724.55

676.8

1012

820.46

888.62

904.53

857.34

627.3

1001.81

999.98

748.72

900.84

766.67

851.43

ALLPACHACA

771.2

763.33

705.12

818.6

684.25

714.3

860.1

790.3

1006.52

900.3

757.34

755

789.2

492.3

1036.87

701.7

909.65

601.6

797.6

695.2

PAMPA CANE

771.1

688.4

580.7

758.9

689.49

712.6

697.1

784.6

998.7

769.22

720.3

832.6

781.5

456.8

940.1

846.53

899.16

810.67

737.18

744.49

SACHABAM

1077.4

860.32

828.4

1035.4

893.8

993.66

1067.8

1052.44

1163.89

1248.78

977.06

1134.7

761.7

690.1

1090.8

1011.79

1122.8

958.68

1088.88

1131.45

HUANCAPÍ

815.5

698

569.3

876.7

817.8

701.4

830.56

930

814.94

871.19

716.9

735.51

722.54

861.42

949.8

826.6

870.2

310.8

907.62

650

VILCAS HUAM

698.3

728.6

708.1

915.9

735.8

675.3

826.76

775

968.6

910.9

793.3

826.9

752.3

792.69

954.6

803.2

918.8

616.88

908.03

787.15

CHILCAYOC

946.8

749.41

786.14

1067.14

988.4

740.07

992.61

894.32

1132.29

1146.91

899.2

864.2

871.16

810.14

1120.5

926.6

1062.2

867.5

1079.06

839.91

HUANCASAM

444.1

579.68

457.93

867.15

374.94

880.08

614.16

422.6

875.11

783.25

635.96

603.35

629.09

601.5

801.19

547.5

572.61

793.45

585.6

668.55

PAUCARAY

773.6

747.62

782.54

753.48

871.77

703.14

814.4

595.8

909.3

906.3

716.2

774.2

788.55

784.49

1031

727.5

867.5

662.79

930.3

662.1

HUAC HUAS

444.1

576.21

453.63

857.76

365.55

869.38

604.46

414.5

872.21

783.25

635.96

591.67

618.56

593.47

799.99

544.8

570.6

792.35

584.4

665.01

UCANAS

470.61

430.2

409.5

573.06

551

665.5

693.9

664.63

801.33

778.48

791.25

558.52

1013.5

612.9

1102.98

795.84

1119.08

1123.89

759.47

744.12

LAUTA

128.24

155.74

166.58

323.57

107.45

390.78

311.54

123.31

327.64

314.89

260.46

199.7

341.6

135.1

481.74

270.35

420.6

206.4

293.99

231.19

UQUICO

270.2

411.6

301

425.8

395.5

412.3

436.8

333.6

488.96

563.2

360.2

411.6

323.26

425.8

472.37

578.47

634.36

541.8

554.64

579.52

HUANCASAM

526.45

399.27

399.27

425.93

323.27

516.91

594.01

709.39

569.25

473.77

473.77

569.25

425.93

425.93

516.91

594.01

709.39

569.25

473.77

473.77

569.25

2.6.2.3. Estimación del índice de precipitación estandarizado (SPI) a una escala de tiempo a corto, mediano y largo plazo.

La estimación de la sequía se desarrolla mediante el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el cual requiere únicamente como dato de ingreso a series mensuales de precipitación, se obtiene una definición cuantitativa de sequía para cada escala temporal, siendo estas de 1, 3, 6, y 12 meses para el periodo 2003 a 2022. Las escalas temporales inferiores a 1 mes y superiores a 24 meses pueden no ser confiables. La sequía comienza cuando el valor del SPI cae por debajo de cero por primera vez y finaliza cuando el SPI vuelve a ser positivo (McKee y otros, 1993).

El cálculo del SPI se desarrolla para cada escala temporal: corto plazo (1 y 3 meses), mediano plazo (6 meses) y largo plazo (> a 12 meses). El ajuste del SPI se realiza en dos etapas: primero, se aplica una distribución Gamma a la serie de precipitación y luego se transforma a una distribución Normal estandarizada con media cero y varianza unitaria.

Según McKee et al. (1993), la intensidad de sequía se clasifica según los resultados del SPI, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Clasificación del SPI.

SPI	CATEGORÍA	PROBABILIDAD (%)
>2	Extremadamente húmedo	2.3
1.5 - 1.99	Muy húmedo	4.4
1 - 1.49	Moderadamente húmedo	9.2
-0.99 - 0.99	Cercano normal	68.2
-1 a -1.49	Moderadamente seco	9.2
-1.5 a -1.99	Muy seco	4.4
<-2	Extremadamente seco	2.3

Nota. Adoptado de (McKee y otros, 1993).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DICUSIÓN

3.1. Mapa de incidencia de sequía según el reporte de INDECI

La Figura 17, muestra el reporte de la distribución espacial de los registros de incidencias ocurridas en la región de Ayacucho.

Figura 17

Mapa de incidencias según el reporte de INDECI para el periodo (2003 - 2021).

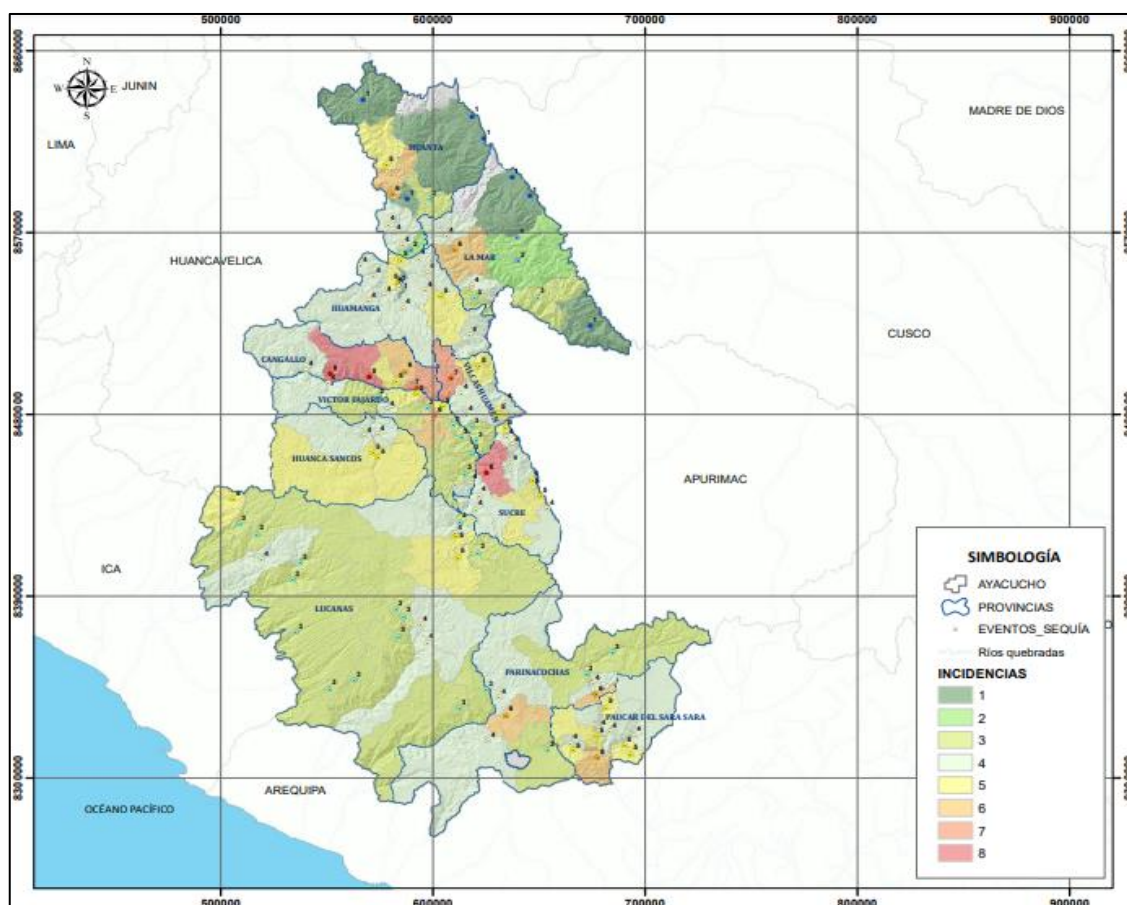


Tabla 8, presenta el registro de incidencias de sequía por provincia. Según esta tabla, la provincia de Lucanas reportó el mayor número de incidencias, con 73 registros lo que representa el 16% del total en la región de Ayacucho. El registro por distritos,

según el informe de INDECI, corresponde a los distritos de Chuschi en la provincia de Cangallo y Querobamba en la provincia de Sucre. Para mayor detalle, consulte el Anexo 2 adjunto.

Tabla 8

Reporte de incidencias de sequía por provincia.

PROVINCIA	INCIDENCIAS	
	REGISTRO	(%)
Lucanas	73	16.0
Huamanga	57	12.5
Sucre	51	11.2
Paucar del Sara Sara	47	10.3
Victor Fajardo	46	10.1
Cangallo	38	8.3
Vilcas Huaman	35	7.7
Parinacochas	33	7.2
Huanta	32	7.0
Lamar	27	5.9
Huancasancos	18	3.9
TOTAL	457	100.0

3.2. Análisis exploratorio de datos de precipitación

Este análisis se llevó a cabo para las 26 estaciones pluviométricas, con un total de 5330 datos registrados y 910 datos faltantes, lo que representa el 14.58% del total de la serie analizada. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (ver Tabla 9).

3.2.1. Análisis de caja box plot e histogramas

Mediante el diagrama de caja (box plot), se identificó 2.44% de datos dudosos, (ver Tabla 9).

Tabla 9

Datos ausentes y atípicos.

Descripción	Dato (mes)	Dato (%)
datos atípicos con la probabilidad de ser eliminados	152	2.44%
Datos ausentes	910	14.58%
Total, de datos	6240	100.00%

De acuerdo al análisis efectuado, las estaciones evidencian notable consistencia. Según los histogramas obtenidas se evidencia que en los primeros años de registro presentan picos bajo, los cuales indica que hubo poca precipitación; en cambio en los

registros de 2011 a 2019 muestran histogramas de picos alto, indica que hubo presencia de lluvia; mientras tanto en los últimos años de registro los histogramas de las estaciones analizadas muestran picos bajos con descenso de lluvia. De las estaciones analizadas, Sachabamba es la estación con registro de mayor precipitación anual (en mm), mientras que la estación de Lampa presenta menor registro anual (en mm). A continuación, se muestran los histogramas correspondientes para cada estación.

Figura 18

Histograma de precipitación anual, estación Huanta y Quinua.

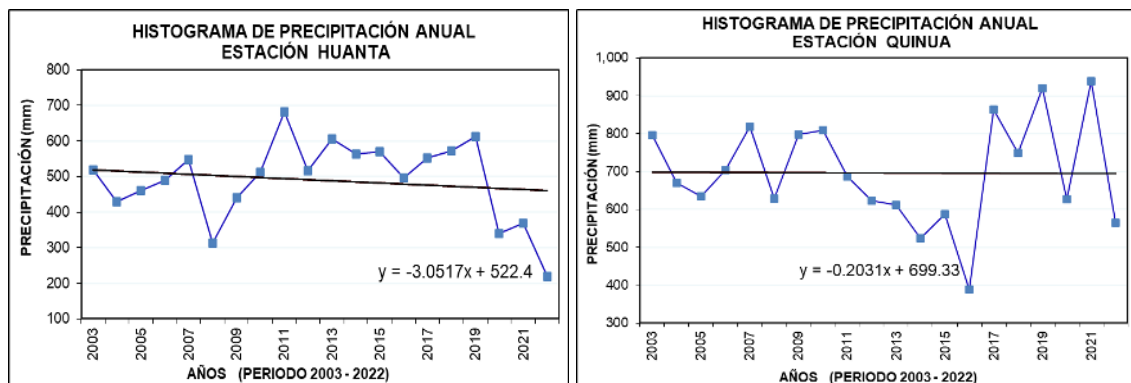


Figura 19

Histograma de precipitación anual, estación San Pedro de Cachi y Wayllapampa.

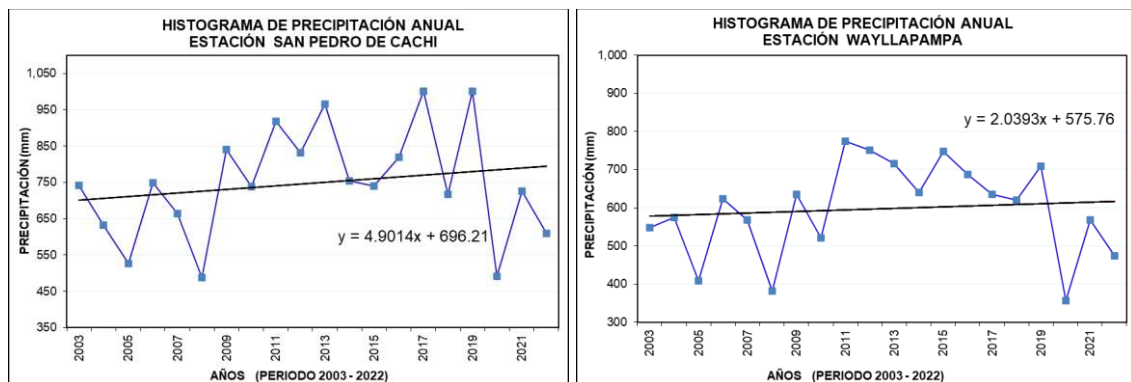


Figura 20

Histograma de precipitación anual, estación Inia y Pucalloma.

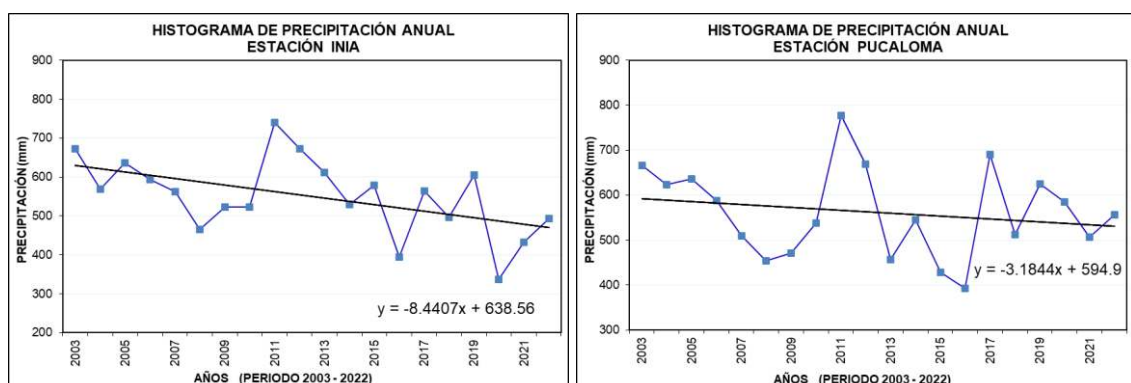


Figura 21

Histograma de precipitación anual, estación Tambillo y Chiara.

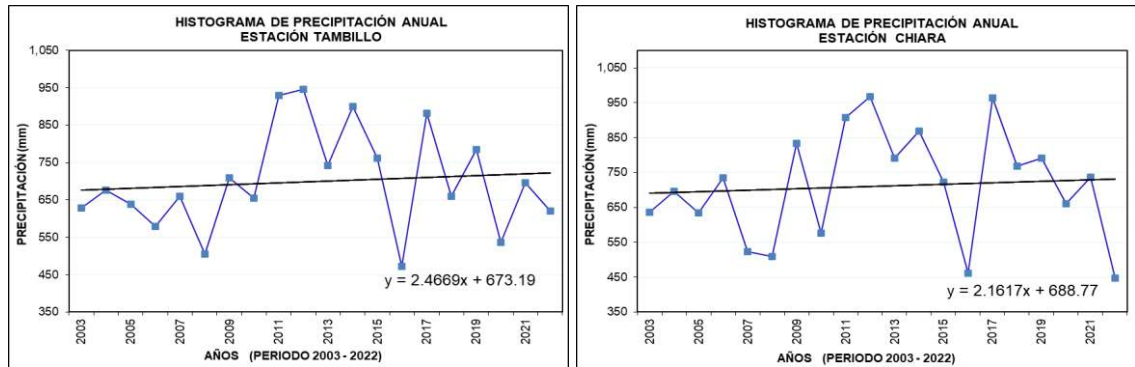


Figura 22

Histograma de precipitación anual, estación Chontaca y Cuchoquesera.

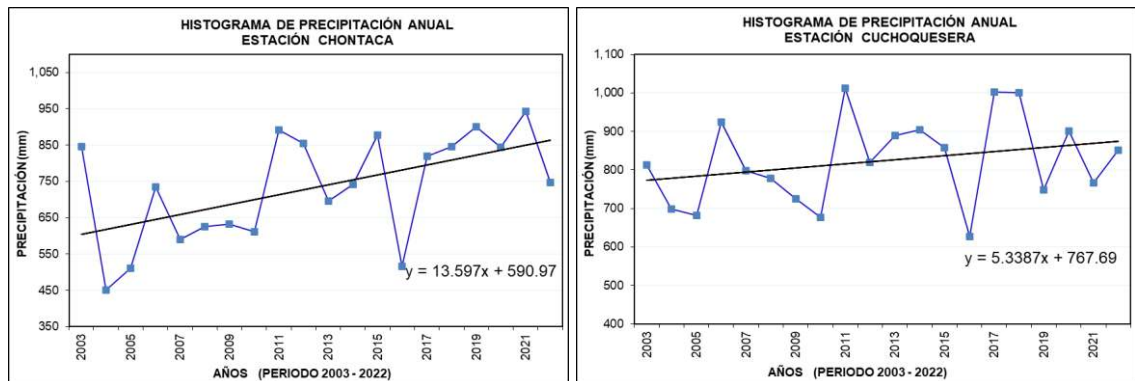


Figura 23

Histograma de precipitación anual, estación Allpachaca y Pampa Cangallo.

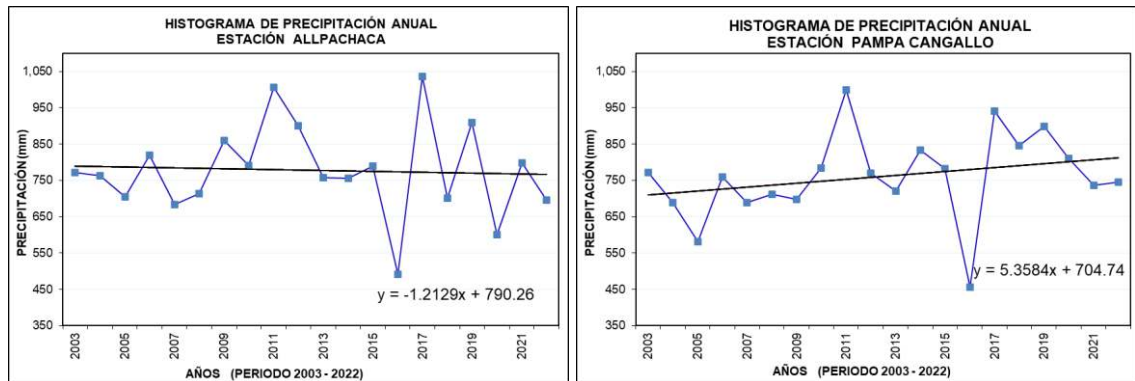


Figura 24

Histograma de precipitación anual, estación Sachabamba y Huancapi.

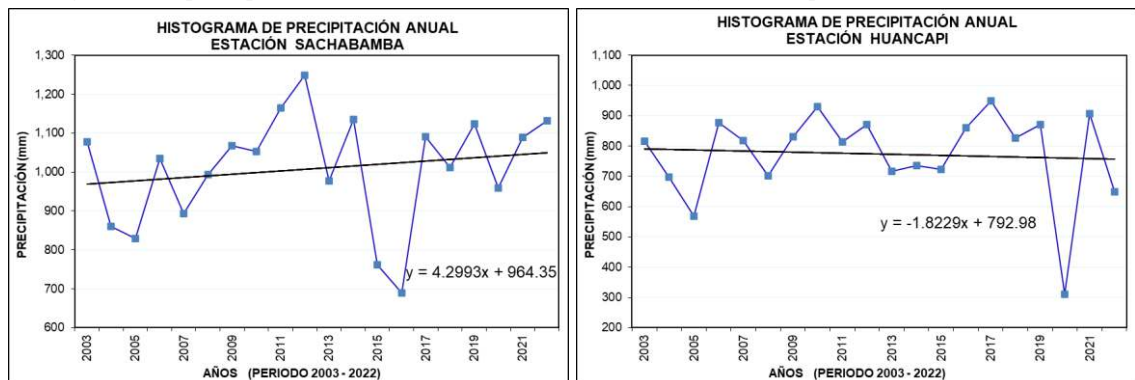


Figura 25

Histograma de precipitación anual, estación Vilcas Huamán y Chilcayoc.

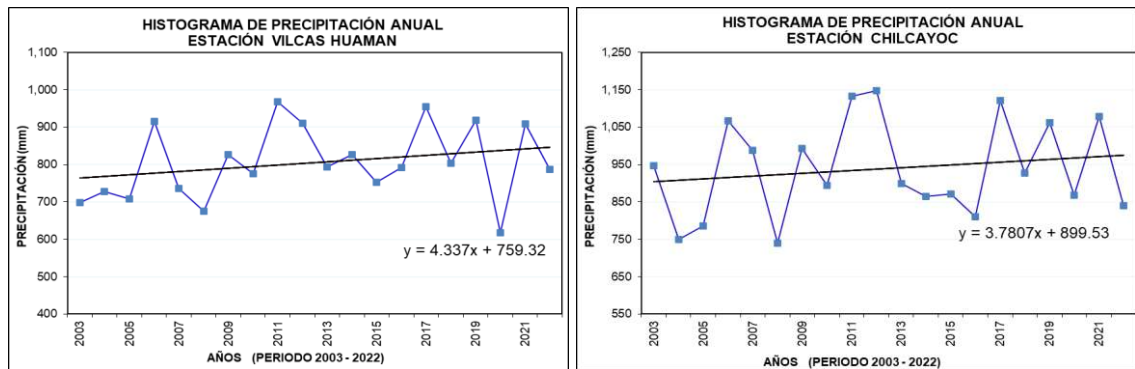


Figura 26

Histograma de precipitación anual, estación Huancasancos y Paucaray.

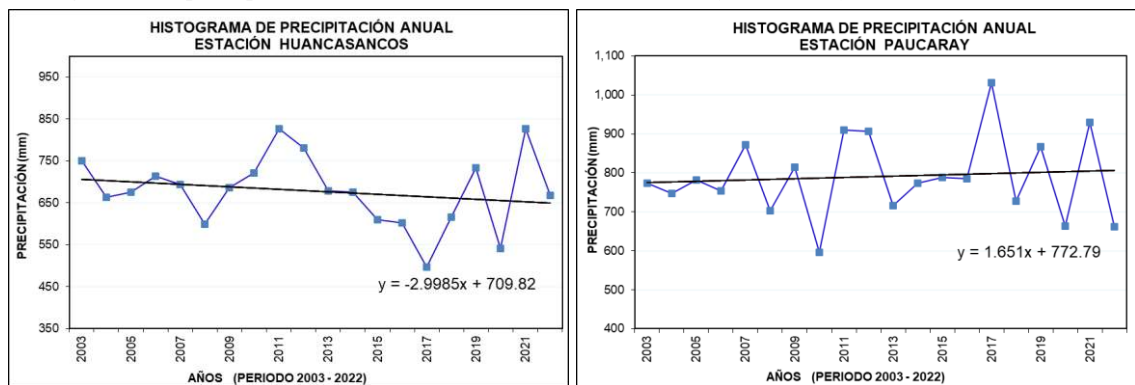


Figura 27

Histograma de precipitación anual, estación Huac Huas y Lucanas.

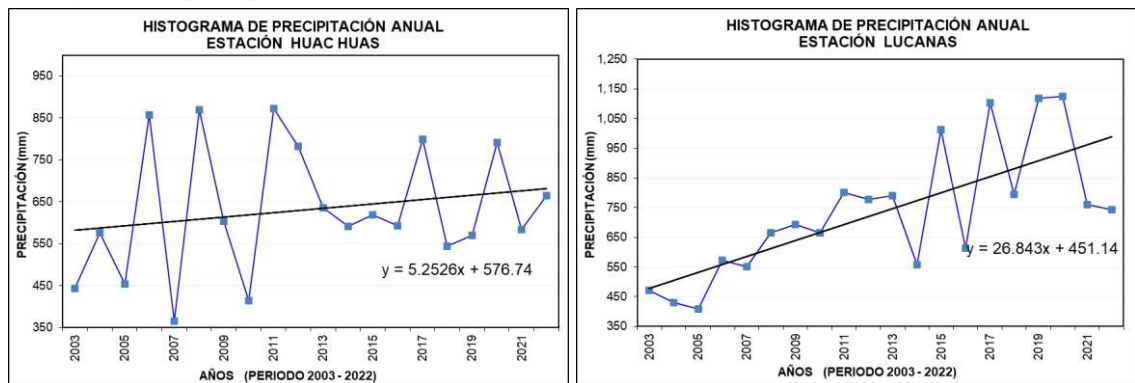


Figura 28

Histograma de precipitación anual, estación Llauta y Puquio.

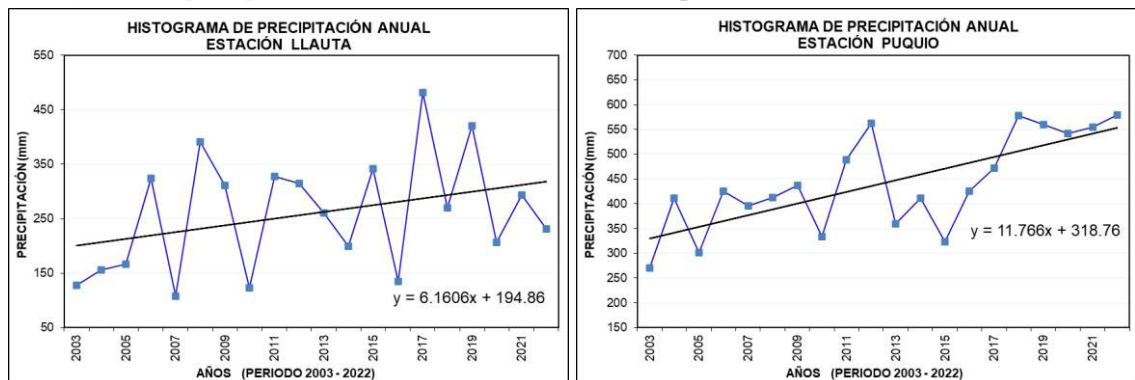


Figura 29

Histograma de precipitación anual, estación Pampas Galeras y Lampa

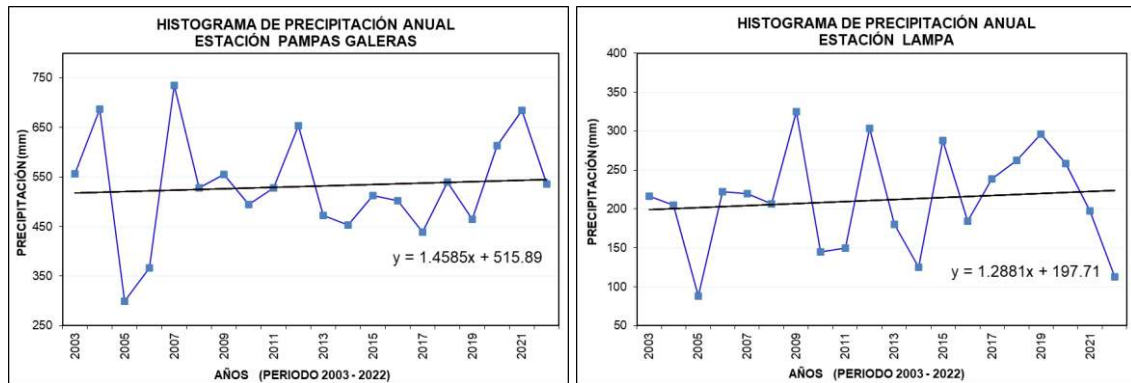
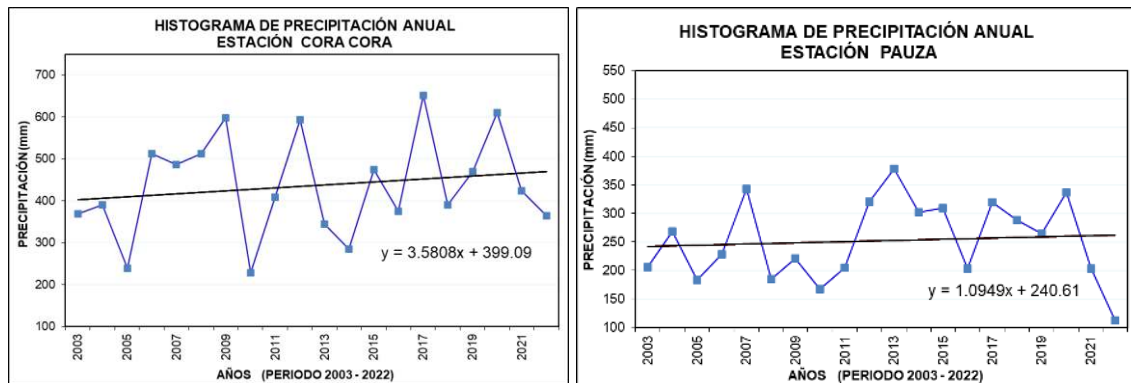


Figura 30

Histograma de precipitación anual, estación Cora Cora y Pauza.



3.2.2. Análisis de doble masa

El análisis se llevó a cabo mediante la comparación de las estaciones por correlación, empleando una estación ficticia generada a partir del promedio de las estaciones en el área de estudio. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 10, así como en las Figuras 31 y 32.

Tabla 10

Curva doble acumulada de la precipitación.

N°	AÑO	HUANTA		QUINUA		SAN PEDRO DE CACHI		WAYLLAPAMPA		INIA		PUCALOMA		TAMBILLO		CHIARA		CHONTACA	
		P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)
1	2003	519.6	519.6	795.4	795.4	742.1	742.1	64.9	64.9	672.3	672.3	666.8	666.8	628.1	628.1	635.7	635.7	846.1	846.1
2	2004	428.5	948.1	669.8	1465.2	632.9	1375.0	136.7	201.6	569.4	1241.7	624.0	1290.8	675.8	1303.9	695.9	1331.6	450.7	1296.8
3	2005	460.4	1408.5	634.7	2099.9	526.3	1901.3	93.5	295.1	636.3	1878.0	635.7	1926.4	638.8	1942.7	634.5	1966.1	510.3	1807.1
4	2006	489.0	1897.4	704.5	2804.4	748.0	2649.3	76.9	372.0	592.9	2470.8	587.9	2514.3	580.0	2522.6	734.9	2701.0	735.5	2542.6
5	2007	547.1	2444.5	818.9	3623.3	664.3	3313.6	73.6	445.6	562.5	3033.3	509.6	3023.9	660.3	3182.9	522.6	3223.5	589.9	3132.5
6	2008	312.5	2757.0	628.8	4252.1	487.8	3801.4	70.1	515.7	465.3	3498.6	453.9	3477.8	505.6	3688.5	509.2	3732.7	624.8	3757.3
7	2009	439.9	3196.9	797.8	5049.9	840.1	4641.5	143.0	658.7	523.0	4021.7	470.8	3948.6	709.8	4398.3	833.5	4566.2	631.8	4389.1
8	2010	512.1	3709.0	808.9	5858.8	738.3	5379.9	97.3	756.0	523.4	4545.1	538.2	4486.8	654.5	5052.8	576.0	5142.2	612.0	5001.0
9	2011	681.1	4390.1	688.1	6546.9	917.2	6297.0	109.3	865.3	739.2	5284.3	777.1	5263.9	929.3	5982.1	907.6	6049.8	890.9	5891.9
10	2012	516.9	4907.0	622.9	7169.8	832.2	7129.2	152.4	1017.7	672.9	5957.2	668.4	5932.3	945.4	6927.5	967.7	7017.5	853.8	6745.7
11	2013	605.3	5512.3	612.9	7782.7	965.4	8094.5	132.4	1150.1	612.1	6569.3	456.5	6388.8	741.3	7668.8	791.9	7809.4	695.1	7440.8
12	2014	563.2	6075.5	523.6	8306.3	754.8	8849.4	106.1	1256.2	528.7	7098.0	544.8	6933.5	900.4	8569.2	867.8	8677.2	742.6	8183.4
13	2015	570.2	6645.7	587.2	8893.5	740.1	9589.5	101.8	1358.0	578.5	7676.5	428.7	7362.2	762.1	9331.3	722.1	9399.3	878.0	9061.4
14	2016	496.3	7141.9	388.3	9281.8	819.4	10408.9	107.7	1465.7	394.1	8070.6	392.5	7754.7	473.0	9804.3	461.4	9860.7	516.4	9577.8
15	2017	551.4	7693.4	864.0	10145.8	1000.5	11409.4	71.9	1537.6	564.3	8634.9	690.5	8445.2	881.0	10685.3	963.5	10824.2	819.5	10397.3
16	2018	571.6	8264.9	748.6	10894.4	716.9	12126.3	43.2	1580.8	496.9	9131.8	511.9	8957.1	659.2	11344.4	768.4	11592.6	844.9	11242.3
17	2019	613.4	8878.4	919.2	11813.6	1000.8	13127.1	157.3	1738.1	605.4	9737.2	625.0	9582.2	784.1	12128.5	791.2	12383.8	899.9	12142.2
18	2020	340.8	9219.2	626.7	12440.3	491.4	13618.4	65.8	1803.9	336.3	10073.5	584.4	10166.5	536.4	12665.0	661.4	13045.2	843.2	12985.4
19	2021	369.4	9588.6	938.9	13379.2	726.2	14344.6	46.2	1850.1	431.6	10505.1	506.7	10673.3	696.2	13361.2	736.9	13782.1	943.1	13928.5
20	2022	218.6	9807.2	564.8	13944.0	608.8	14953.4	52.6	1902.7	493.5	10998.6	555.9	11229.2	620.7	13981.9	447.2	14229.3	746.4	14674.8
		r =	0.9991	r =	0.9988	r =	0.9994	r =	0.9969	r =	0.9986	r =	0.9995	r =	0.9995	r =	0.9996	r =	0.9990

Curva doble acumulada de la precipitación.

N°	AÑO	CUCHOQUESERA		ALLPACHACA		PAMPA CANGALLO		SACHABAMBA		HUANCAPI		VILCAS HUAMAN		CHILCAYOC		HUANCASANCOS		PAUCARAY	
		P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)	P (mm)	SP (mm)
1	2003	812.4	812.4	771.2	771.2	771.1	771.1	1077.4	1077.4	815.5	815.5	698.3	698.3	946.8	946.8	750.9	750.9	773.6	773.6
2	2004	698.2	1510.6	763.3	1534.5	688.4	1459.5	860.3	1937.7	698.0	1513.5	728.6	1426.9	749.4	1696.2	662.9	1413.8	747.6	1521.2
3	2005	682.4	2193.0	705.1	2239.7	580.7	2040.2	828.4	2766.1	569.3	2082.8	708.1	2135.0	786.1	2482.4	675.4	2089.2	782.5	2303.8
4	2006	923.5	3116.5	818.6	3058.3	758.9	2799.1	1035.4	3801.5	876.7	2959.5	915.9	3050.9	1067.1	3549.5	714.4	2803.6	753.5	3057.2
5	2007	798.6	3915.1	684.3	3742.5	689.5	3488.6	893.8	4695.3	817.8	3777.3	735.8	3786.7	988.4	4537.9	694.6	3498.2	871.8	3929.0
6	2008	778.8	4693.9	714.3	4456.8	712.6	4201.2	993.7	5689.0	701.4	4478.7	675.3	4462.0	740.1	5278.0	598.9	4097.1	703.1	4632.2
7	2009	724.6	5418.4	860.1	5316.9	697.1	4898.3	1067.8	6756.8	830.6	5309.3	826.8	5288.8	992.6	6270.6	686.5	4783.6	814.4	5446.6
8	2010	676.8	6095.2	790.3	6107.2	784.6	5682.9	1052.4	7809.2	930.0	6239.3	775.0	6063.8	894.3	7164.9	721.6	5505.2	595.8	6042.4
9	2011	1012.0	7107.2	1006.5	7113.7	998.7	6681.6	1163.9	8973.1	814.9	7054.2	968.6	7032.4	1132.3	8297.2	826.4	6331.6	909.3	6951.7
10	2012	820.5	7927.7	900.3	8014.0	769.2	7450.8	1248.8	10221.9	871.2	7925.4	910.9	7943.3	1146.9	9444.1	781.9	7113.5	906.3	7858.0
11	2013	888.6	8816.3	757.3	8771.4	720.3	8171.1	977.1	11199.0	716.9	8642.3	793.3	8736.6	899.2	10343.3	678.4	7791.9	716.2	8574.2
12	2014	904.5	9720.8	755.0	9526.4	832.6	9003.7	1134.7	12333.7	735.5	9377.8	826.9	9563.5	864.2	11207.5	676.4	8468.3	774.2	9348.4
13	2015	857.3	10578.2	789.2	10315.6	781.5	9785.2	761.7	13095.4	722.5	10100.3	752.3	10315.8	871.2	12078.7	610.2	9078.6	788.6	10136.9
14	2016	627.3	11205.5	492.3	10807.9	456.8	10242.0	690.1	13785.5	861.4	10961.8	792.7	11108.5	810.1	12888.8	603.2	9681.8	784.5	10921.4
15	2017	1001.8	12207.3	1036.9	11844.7	940.1	11182.1	1090.8	14876.3	949.8	11911.6	954.6	12063.1	1120.5	14009.3	497.0	10178.8	1031.0	11952.4
16	2018	1000.0	13207.3	701.7	12546.4	846.5	12028.6	1011.8	15888.0	826.6	12738.2	803.2	12866.3	926.6	14935.9	616.5	10795.3	727.5	12679.9
17	2019	748.7	13956.0	909.7	13456.1	899.2	12927.8	1122.8	17010.8	870.2	13608.4	918.8	13785.1	1062.2	15998.1	733.2	11528.5	867.5	13547.4
18	2020	900.8	14856.8	601.6	14057.7	810.7	13738.5	958.7	17969.5	310.8	13919.2	616.9	14401.9	867.5	16865.6	541.8	12070.3	662.8	14210.2
19	2021	766.7	15623.5	797.6	14855.3	737.2	14475.7	1088.9	19058.4	907.6	14826.8	908.0	15310.0	1079.1	17944.7	827.7	12898.0	930.3	15140.5
20	2022	851.4	16474.9	695.2	15550.5	744.5	15220.1	1131.5	20189.9	650.0	15476.8	787.2	16097.1	839.9	18784.6	668.7	13566.8	662.1	15802.6
r =		0.9999		r =	0.9997	r =	0.9999	r =	0.9997	r =	0.9995	r =	0.9999	r =	0.9999	r =	0.9991	r =	0.9998

Curva doble acumulada de la precipitación.

N°	AÑO	HUAC P (mm)	SP (mm)	LUCANAS P (mm)	SP (mm)	LLAUTA P (mm)	SP (mm)	PUQUIO P (mm)	SP (mm)	PAMPAS P (mm)	SP (mm)	LAMPA P (mm)	SP (mm)	CORA CORA P (mm)	SP (mm)	PAUZA P (mm)	SP (mm)	PROMEDIO P (mm)	SP (mm)
1	2003	444.1	444.1	470.6	470.6	128.2	128.2	270.2	270.2	556.2	556.2	216.7	216.7	369.0	369.0	205.3	205.3	579.6	579.6
2	2004	576.2	1020.3	430.2	900.8	155.7	284.0	411.6	681.8	687.6	1243.7	204.5	421.2	391.0	760.0	267.7	472.9	540.9	1120.5
3	2005	453.6	1473.9	409.5	1310.3	166.6	450.6	301.0	982.8	299.3	1543.0	88.2	509.4	239.2	999.2	183.6	656.6	490.0	1610.5
4	2006	857.8	2331.7	573.1	1883.4	323.6	774.1	425.8	1408.6	366.3	1909.3	222.4	731.8	512.5	1511.6	228.3	884.9	615.7	2226.1
5	2007	365.6	2697.3	551.0	2434.4	107.5	881.6	395.5	1804.1	735.2	2644.5	219.5	951.3	487.4	1999.0	343.3	1228.2	567.7	2793.9
6	2008	869.4	3566.6	665.5	3099.9	390.8	1272.4	412.3	2216.4	528.1	3172.6	206.1	1157.4	512.3	2511.3	184.6	1412.8	535.0	3328.9
7	2009	604.5	4171.1	693.9	3793.8	311.5	1583.9	436.8	2653.2	554.9	3727.5	324.9	1482.3	597.7	3109.0	220.9	1633.7	616.1	3945.0
8	2010	414.5	4585.6	664.6	4458.4	123.3	1707.2	333.6	2986.8	494.9	4222.5	144.9	1627.2	229.5	3338.5	166.5	1800.2	550.1	4495.1
9	2011	872.2	5457.8	801.3	5259.7	327.6	2034.9	489.0	3475.8	528.3	4750.7	150.1	1777.3	409.1	3747.6	204.0	2004.3	713.1	5208.2
10	2012	783.3	6241.1	778.5	6038.2	314.9	2349.7	563.2	4039.0	692.3	5443.0	303.8	2081.1	593.2	4340.8	320.7	2325.0	701.4	5909.6
11	2013	636.0	6877.0	791.3	6829.5	260.5	2610.2	360.2	4399.2	472.6	5915.6	180.6	2261.7	345.1	4685.9	378.3	2703.3	599.4	6509.1
12	2014	591.7	7468.7	558.5	7388.0	199.7	2809.9	411.6	4810.8	453.7	6369.2	124.9	2386.6	285.1	4971.0	301.6	3004.9	591.2	7100.3
13	2015	618.6	8087.2	1013.5	8401.5	341.6	3151.5	323.3	5134.0	512.9	6882.1	288.1	2674.7	474.9	5445.9	309.6	3314.5	599.5	7699.8
14	2016	593.5	8680.7	612.9	9014.4	135.1	3286.6	425.8	5559.8	484.6	7366.7	184.4	2859.1	375.0	5820.9	202.9	3517.4	488.2	8188.0
15	2017	800.0	9480.7	1103.0	10117.4	481.7	3768.3	472.4	6032.2	438.9	7805.6	238.4	3097.4	651.1	6472.0	319.3	3836.7	723.5	8911.4
16	2018	544.8	10025.5	795.8	10913.2	270.4	4038.7	578.5	6610.7	540.1	8345.7	262.6	3360.0	390.0	6862.0	288.2	4124.9	610.8	9522.3
17	2019	570.6	10596.1	1119.1	12032.3	420.6	4459.3	634.4	7245.0	465.6	8811.2	296.4	3656.4	470.8	7332.8	265.1	4390.0	695.2	10217.5
18	2020	792.4	11388.5	1123.9	13156.2	206.4	4665.7	541.8	7786.8	613.0	9424.2	258.0	3914.4	611.2	7944.0	336.7	4726.7	564.5	10782.0
19	2021	584.4	11972.9	759.5	13915.6	294.0	4959.7	554.6	8341.5	684.8	10109.0	197.4	4111.8	424.6	8368.6	202.9	4929.6	634.8	11416.8
20	2022	665.0	12637.9	744.1	14659.8	231.2	5190.9	579.5	8921.0	536.2	10645.2	112.9	4224.7	365.1	8733.7	112.5	5042.1	543.9	11960.7
		r =	0.9997	r =	0.99640	r =	0.9988	r =	0.9982	r =	0.9993	r =	0.9991	r =	0.9992	r =	0.9988		

Figura 31

Histograma de la precipitación acumulada anual de las estaciones

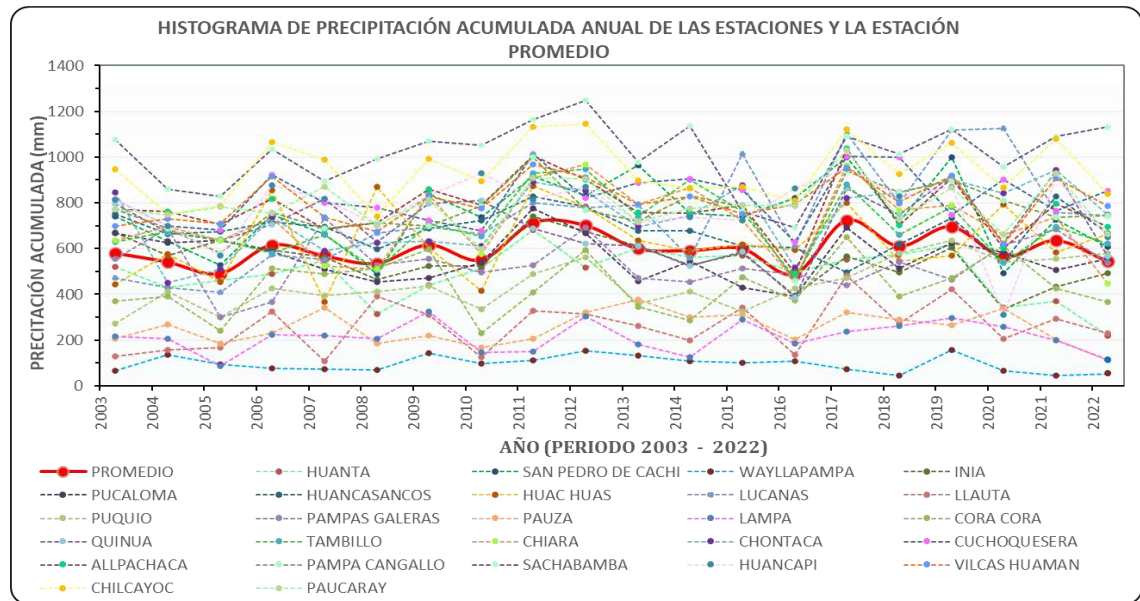
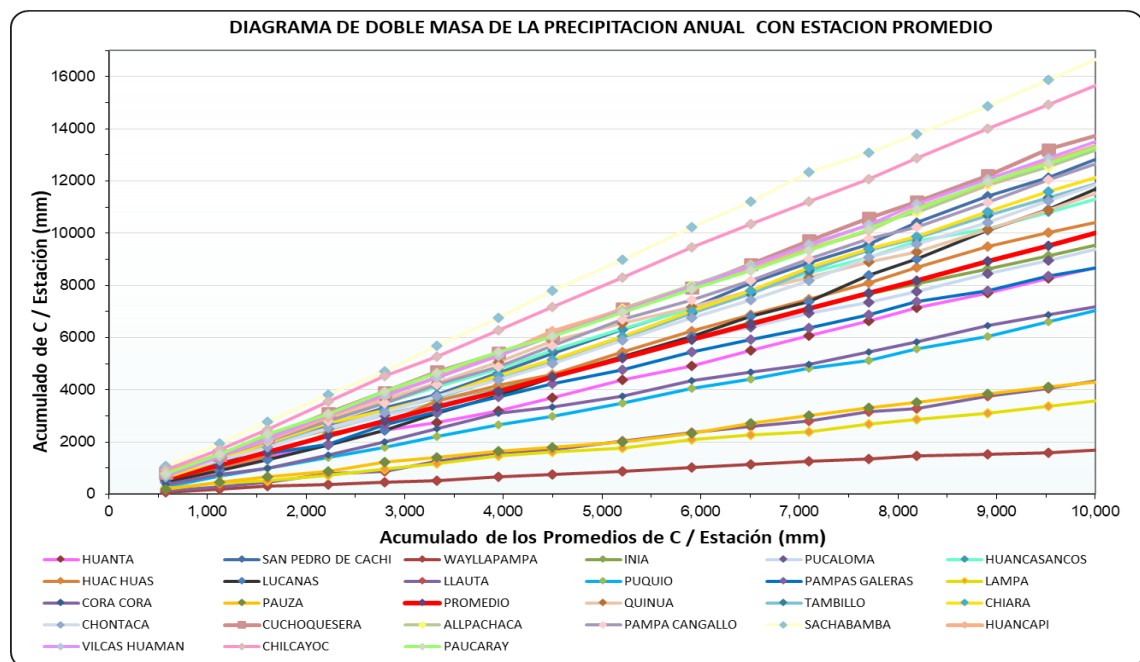


Figura 32

Diagrama de doble masa de la precipitación anual con la estación promedio.



3.2.3. Pruebas estadísticas

El análisis estadístico fue desarrollado mediante el software TREND, que facilitó la identificación de cambios en saltos y tendencias mediante pruebas estadísticas de Mann-Kendall, Spearman's Rho, regresión lineal, Cusum, desviación acumulada, Worsley likelihood, Rank Sum y t de Student, tal como se muestra en las tablas a continuación.

Tabla 11*Prueba estadística para las estaciones Huanta, Quinua y San Pedro de Cachi.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: HUANTA					ESTACIÓN: QUINUA					ESTACIÓN: SAN PEDRO DE CACHI					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	-0.829	1.65	1.96	2.58	NS	-0.348	1.65	1.96	2.58	NS	-0.116	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	-0.808	1.65	1.96	2.58	NS	-0.357	1.65	1.96	2.58	NS	-0.086	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	-0.732	1.66	1.98	2.61	NS	-0.271	1.66	1.98	2.61	NS	0.301	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	11	18.90	21.07	25.25	NS	8	18.90	21.07	25.25	NS	10	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.902	1.18	1.30	1.56	NS	0.573	1.18	1.30	1.56	NS	0.744	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.648	2.87	3.16	3.79	NS	2.953	2.87	3.16	3.79	NS	2.244	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	0.271	1.65	1.96	2.58	NS	0.492	1.65	1.96	2.58	NS	-0.228	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	0.01	1.66	1.98	2.61	NS	0.464	1.66	1.98	2.61	NS	-0.712	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 12*Prueba estadística para las estaciones Wayllapampa, Inia y Pucaloma.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: WAYLLAPAMPA					ESTACIÓN: INIA					ESTACIÓN: PUCALOMA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.13	1.65	1.96	2.58	NS	-1.803	1.65	1.96	2.58	NS	-0.616	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.169	1.65	1.96	2.58	NS	-1.755	1.65	1.96	2.58	NS	-0.488	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.181	1.66	1.98	2.61	NS	-1.723	1.66	1.98	2.61	NS	-0.76	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	14	18.90	21.07	25.25	NS	13	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.827	1.18	1.30	1.56	NS	1.081	1.18	1.30	1.56	NS	0.649	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.433	2.87	3.16	3.79	NS	3.01	2.87	3.16	3.79	NS	3.034	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.57	1.65	1.96	2.58	NS	1.384	1.65	1.96	2.58	NS	0.535	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.637	1.66	1.98	2.61	NS	1.375	1.66	1.98	2.61	NS	0.82	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 13*Prueba estadística para las estaciones Tambillo, Chiara, Chontaca.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: TAMBILLO					ESTACIÓN: CHIARA					ESTACIÓN: CHONTACA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.196	1.65	1.96	2.58	NS	-0.294	1.65	1.96	2.58	NS	1.089	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.264	1.65	1.96	2.58	NS	-0.158	1.65	1.96	2.58	NS	1.114	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.067	1.66	1.98	2.61	NS	-0.064	1.66	1.98	2.61	NS	1.191	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	11	18.90	21.07	25.25	NS	12	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.687	1.18	1.30	1.56	NS	0.646	1.18	1.30	1.56	NS	0.913	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.223	2.87	3.16	3.79	NS	2.342	2.87	3.16	3.79	NS	2.833	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.464	1.65	1.96	2.58	NS	-0.46	1.65	1.96	2.58	NS	-1.078	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.141	1.66	1.98	2.61	NS	-0.206	1.66	1.98	2.61	NS	-1.016	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 14*Prueba estadística para las estaciones Cuchoquesera, Allpachaca, Pampa Cangallo.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: CUCHOQUESERA					ESTACIÓN: ALLPACHACA					ESTACIÓN: PAMPA CANGALLO					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.549	1.65	1.96	2.58	NS	-0.223	1.65	1.96	2.58	NS	0.521	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.539	1.65	1.96	2.58	NS	-0.15	1.65	1.96	2.58	NS	0.475	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.281	1.66	1.98	2.61	NS	-0.422	1.66	1.98	2.61	NS	0.552	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	8	18.90	21.07	25.25	NS	10	18.90	21.07	25.25	NS	10	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.504	1.18	1.30	1.56	NS	0.452	1.18	1.30	1.56	NS	0.542	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.257	2.87	3.16	3.79	NS	2.376	2.87	3.16	3.79	NS	2.111	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-1.081	1.65	1.96	2.58	NS	-0.256	1.65	1.96	2.58	NS	-0.802	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.615	1.66	1.98	2.61	NS	0.505	1.66	1.98	2.61	NS	-0.551	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 15*Prueba estadística para las estaciones Sachabamba, Huancapi, Vilcas Huamán.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: SACHA BAMBA					ESTACIÓN: HUANCAPÍ					ESTACIÓN: VILCAS HUAMÁN					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.238	1.65	1.96	2.58	NS	-1.131	1.65	1.96	2.58	NS	-0.108	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.226	1.65	1.96	2.58	NS	-1.057	1.65	1.96	2.58	NS	-0.062	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.294	1.66	1.98	2.61	NS	-0.51	1.66	1.98	2.61	NS	0.16	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	8	18.90	21.07	25.25	NS	14	18.90	21.07	25.25	NS	7	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.508	1.18	1.30	1.56	NS	0.609	1.18	1.30	1.56	NS	0.433	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.094	2.87	3.16	3.79	NS	2.572	2.87	3.16	3.79	NS	1.794	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.546	1.65	1.96	2.58	NS	0.451	1.65	1.96	2.58	NS	-0.345	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.316	1.66	1.98	2.61	NS	0.36	1.66	1.98	2.61	NS	-0.209	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 16*Prueba estadística para las estaciones Chilcayoc, Huancasancos y Paucaray.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: CHILCAYOC					ESTACIÓN: HUANCASANCOS					ESTACIÓN: PAUCARAY					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	-0.065	1.65	1.96	2.58	NS	-0.392	1.65	1.96	2.58	NS	-0.295	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	-0.07	1.65	1.96	2.58	NS	-0.343	1.65	1.96	2.58	NS	-0.214	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.053	1.66	1.98	2.61	NS	-0.654	1.66	1.98	2.61	NS	-0.117	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	12	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.407	1.18	1.30	1.56	NS	0.652	1.18	1.30	1.56	NS	0.404	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.187	2.87	3.16	3.79	NS	2.51	2.87	3.16	3.79	NS	2.14	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.066	1.65	1.96	2.58	NS	-0.057	1.65	1.96	2.58	NS	-0.377	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	0.146	1.66	1.98	2.61	NS	0.71	1.66	1.98	2.61	NS	-0.116	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 17*Prueba estadística para las estaciones Huac Huas, Lucanas y Llauta.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: HUAC HUAS					ESTACIÓN: LUCANAS					ESTACIÓN: LLAUTA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.41	1.65	1.96	2.58	NS	1.432	1.65	1.96	2.58	NS	-0.055	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	1.415	1.65	1.96	2.58	NS	1.765	1.65	1.96	2.58	NS	1.143	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	-0.011	1.66	1.98	2.61	NS	1.884	1.66	1.98	2.61	NS	0.757	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	8	18.90	21.07	25.25	NS	15	18.90	21.07	25.25	NS	8	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.358	1.18	1.30	1.56	NS	1.099	1.18	1.30	1.56	NS	0.699	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	1.659	2.87	3.16	3.79	NS	2.261	2.87	3.16	3.79	NS	1.615	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-1.916	1.65	1.96	2.58	NS	-2.217	1.65	1.96	2.58	NS	-0.92	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.118	1.66	1.98	2.61	NS	-1.939	1.66	1.98	2.61	NS	-0.813	1.656	1.977	2.611	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 18*Prueba estadística para las estaciones Puquio, Pampas Galeras y Lampa.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: PUQUIO					ESTACIÓN: PAMPAS GALERAS					ESTACIÓN: LAMPA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	1.083	1.65	1.96	2.58	NS	-0.071	1.65	1.96	2.58	NS	0.436	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	2.429	1.65	1.96	2.58	S	0.127	1.65	1.96	2.58	NS	4.835	1.65	1.96	2.58	S	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	1.376	1.66	1.98	2.61	NS	-0.286	1.66	1.98	2.61	NS	-0.151	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	8	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	26	18.90	21.07	25.25	S	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.899	1.18	1.30	1.56	NS	0.438	1.18	1.30	1.56	NS	0.556	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	1.918	2.87	3.16	3.79	NS	2.469	2.87	3.16	3.79	NS	2.735	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-2.394	1.65	1.96	2.58	NS	-0.57	1.65	1.96	2.58	NS	-4.484	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-1.067	1.66	1.98	2.61	NS	0.269	1.66	1.98	2.61	NS	-0.132	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 19*Prueba estadística para las estaciones Cora Cora y Pauza.*

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: CORA CORA					ESTACIÓN: PAUZA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.603	1.65	1.96	2.58	NS	0.276	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	1.317	1.65	1.96	2.58	NS	1.472	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.01	1.66	1.98	2.61	NS	-0.245	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	6	18.90	21.07	25.25	NS	16	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.354	1.18	1.30	1.56	NS	0.622	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.09	2.87	3.16	3.79	NS	2.005	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-1.169	1.65	1.96	2.58	NS	-2.145	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.059	1.66	1.98	2.61	NS	-0.745	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

3.2.4. Formación de grupos homogéneas

Para formar regiones homogéneas, se efectuó un preagrupamiento de las estaciones en la zona de estudio mediante el software Past 4.03, por el método de Ward. Este enfoque permitió clasificar las estaciones en dos grupos homogéneos, los cuales se representan en un dendrograma que refleja la similitud en el régimen de la serie de precipitación anual para su posterior análisis de similitud mediante el método de vector regional (MVR) (ver Figura 33).

Figura 33

Dendrograma del agrupamiento preliminar, mediante el programa past4.03.

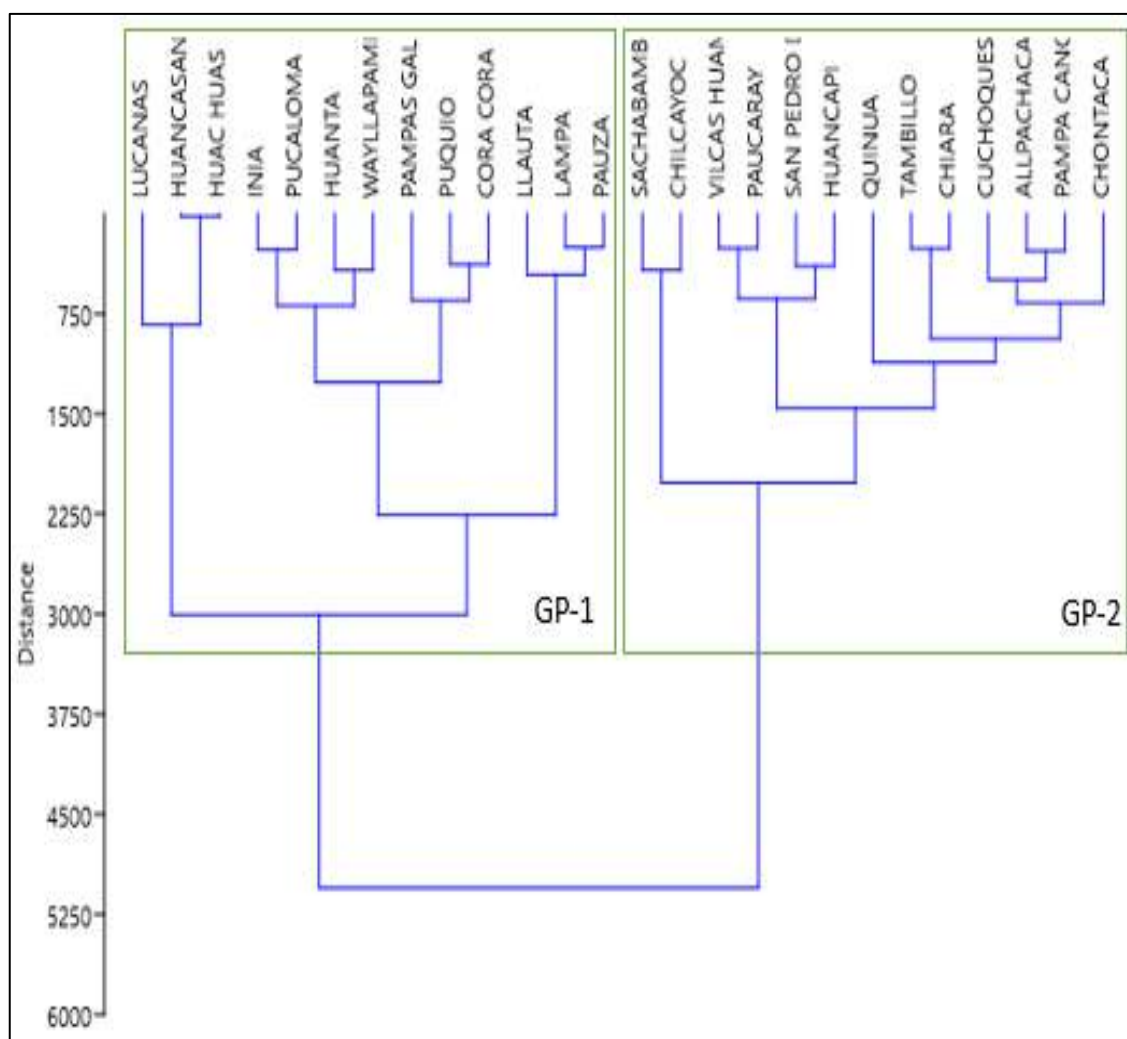
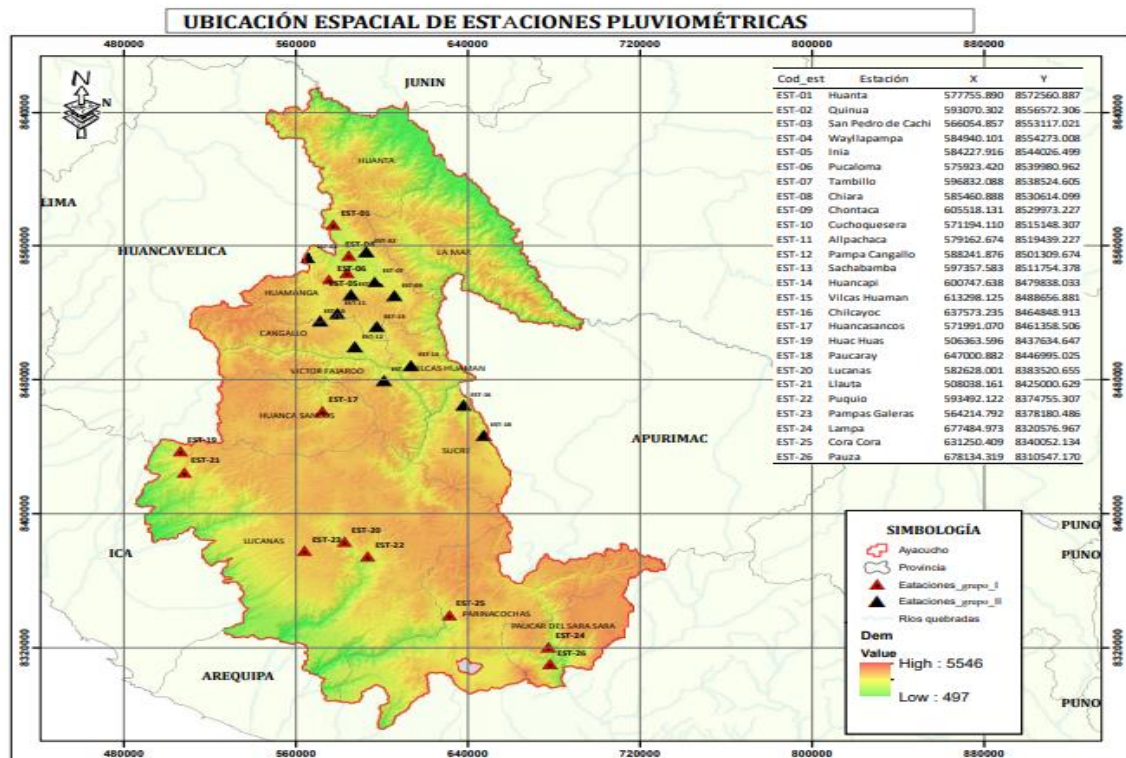


Figura 34

Distribución espacial de las estaciones por grupo.



En la Figura 34, se observa la distribución espacial y altitudinal de las estaciones meteorológicas para la región de Ayacucho. Las estaciones de color rojo pertenecen al grupo I y las estaciones de coloración negra pertenecen al grupo II.

3.2.4.1. Vector regional del grupo I

Las estaciones del grupo I muestra una correlación confiable, reflejando un comportamiento homogéneo de precipitación entre las estaciones analizadas con un nivel de confianza del 95 %. En efecto, la variabilidad pluviométrica se presenta como un indicador sólido para el análisis de los índices anuales.

Figura 35

Índice anual del vector regional para el grupo I.

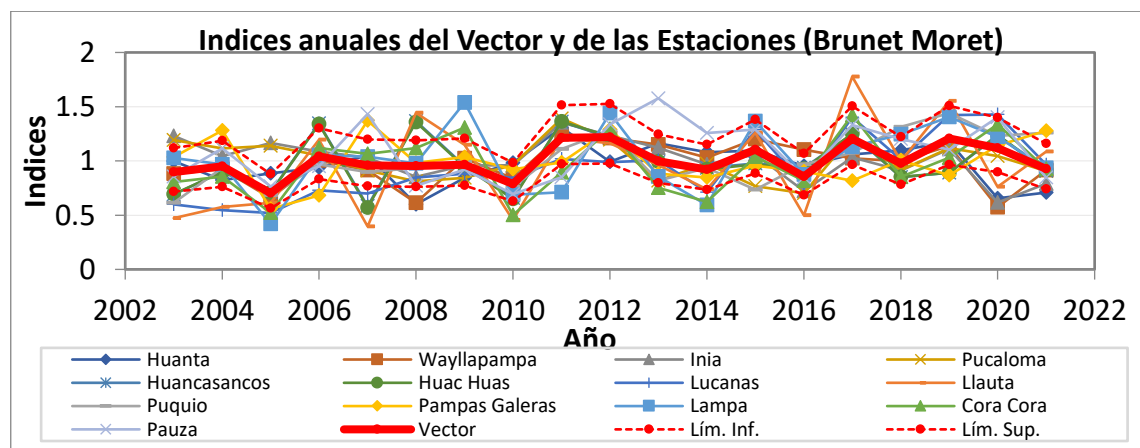
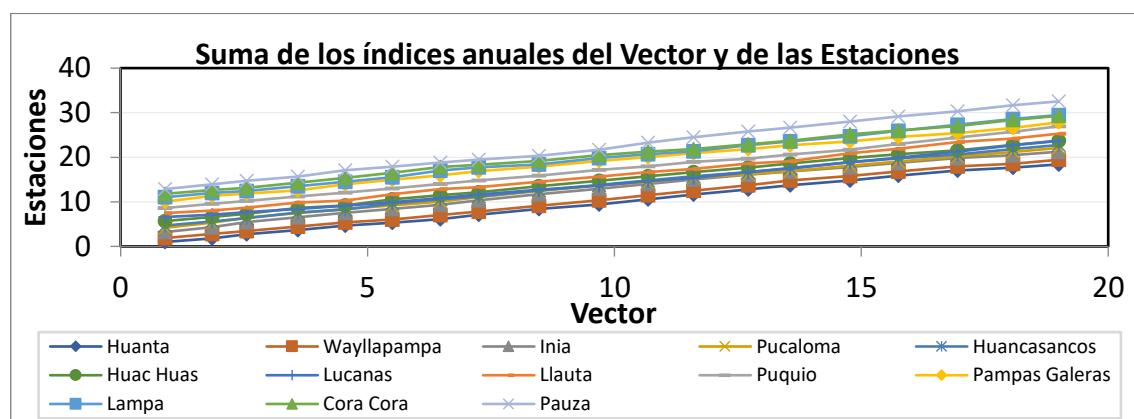


Figura 36

Índices acumulados de las estaciones del grupo I.



3.2.4.2. Vector regional del grupo II

Las estaciones del grupo II muestra una correlación sólida, evidenciando un comportamiento homogéneo de precipitación entre las estaciones analizadas con un nivel de confianza del 95 %. En consecuencia, la variabilidad pluviométrica se confirma como un indicador confiable en el análisis de los índices anuales.

Figura 37

Índice anual del vector regional para el grupo II.

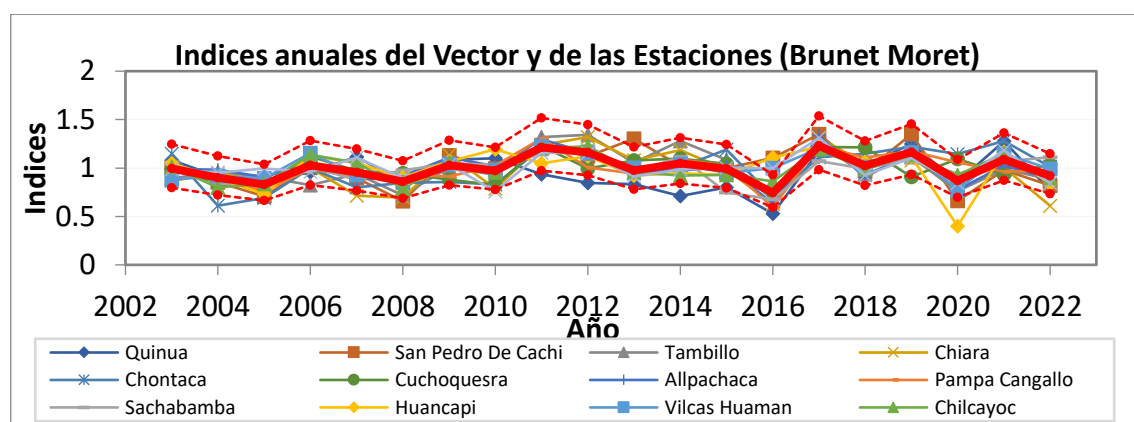
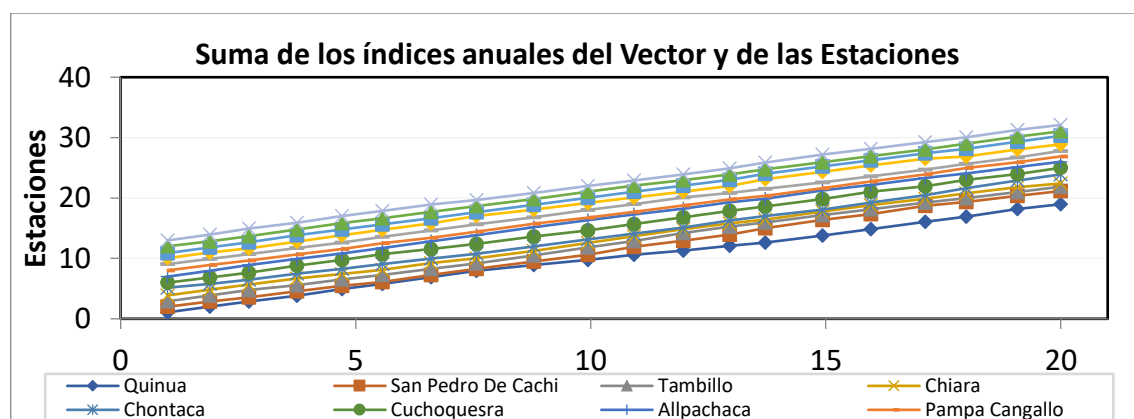


Figura 38

Índices acumulados de las estaciones del grupo II.



3.2.5. Estimación del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

En el presente estudio, se estimó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) por grupos homogéneas obtenidas. Para ello, se generó una serie de precipitación mensual por grupo, correspondiente al período de análisis de 2003 a 2022, calculada en función del promedio de las estaciones incluidas en cada grupo. Posteriormente, el análisis se realizó en escalas de tiempo a corto plazo (1 y 3 meses), mediano plazo (6 meses) y largo plazo (12 meses), mediante el método de SPI, desarrollado por McKee et al. (1993). Este método permitió identificar y caracterizar los déficits y superávits de precipitación en la zona de interés mediante índices basados en valores negativos y positivos, correspondientes a una escala temporal específica. Mediante el software SPIgenerator, cuya última versión, fue lanzada en diciembre el 2018, disponible en la página del Centro Nacional de Mitigación de la Sequía (NDMC).

3.2.5.1. Variabilidad espacio temporal de SPI a escalas de tiempo 1, 3, 6 y 12 meses.

a. Sequía a corto plazo (SPI-1 y SPI-3)

La sequía a corto plazo se determinó a escalas temporales de 1 y 3 meses (SPI-1 y SPI-3) en ambos grupos homogéneos de series de precipitación.

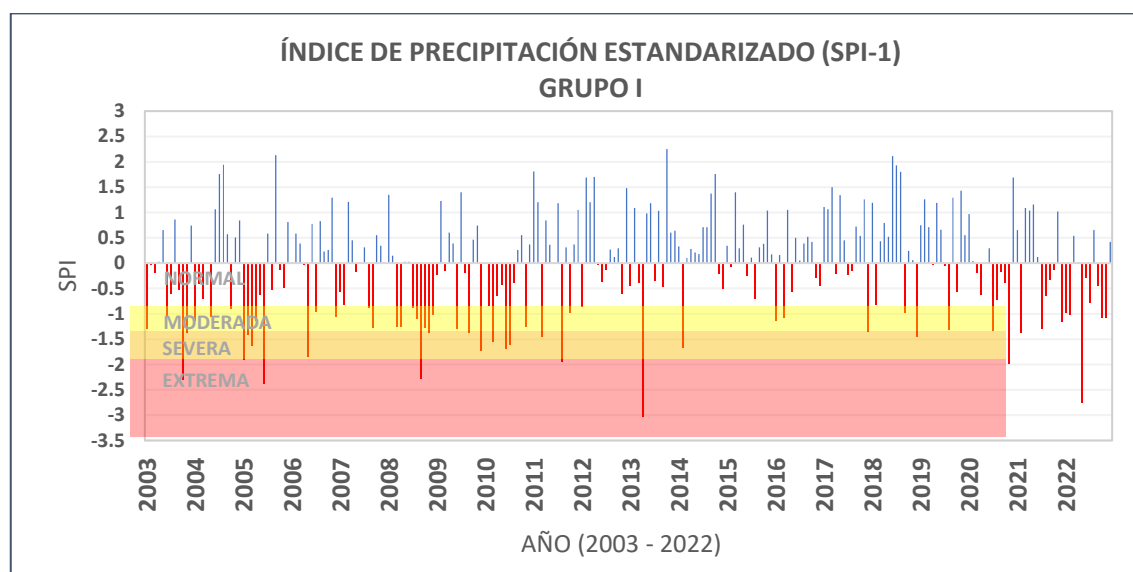
✓ SPI-1

esta escala refleja condiciones de corto plazo y se asocian con tipos de sequía meteorológica, así como con las condiciones de humedad del suelo y el estrés de los cultivos a corto plazo durante la temporada de crecimiento. Los resultados se presentan en las Figuras 39 y 40 para los grupos I y II, respectivamente, donde se observa la variabilidad mensual de los periodos de eventos secos y húmedos durante el período de estudio de 2003 a 2022. La clasificación de las condiciones de sequía sigue los criterios de la OMM (2012), organizándose en categorías:

- Condiciones normales (valores de SPI entre -0.99 a 0.99, color blanco).
- Moderadamente seco (de -1 a -1.49, en amarillo).
- Severamente seco (de -1.5 a -1.99, en naranja).
- Extremadamente seco (SPI menor a -2, en rojo).

Figura 39

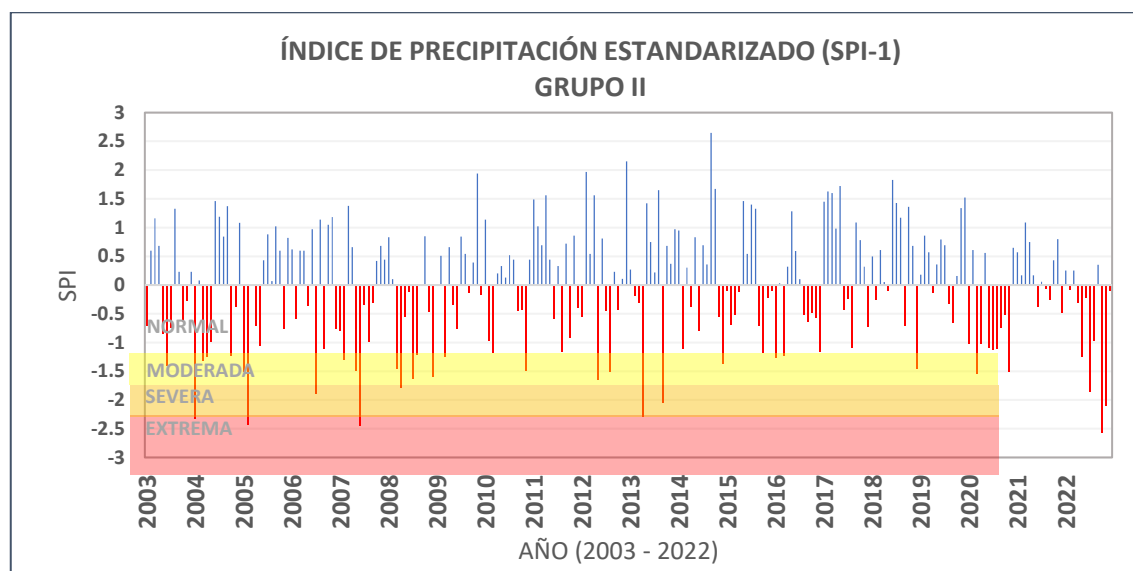
Variación temporal del SPI a una escala de 1 mes del grupo I.



La Figura 39 presenta los resultados del análisis de caracterización de sequía y humedad de grupo I para una escala temporal de 1 mes, mostrando también las fluctuaciones en un rango de -3.03 a 2.25 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

Figura 40

Variación temporal de la sequía a una escala de 1 mes del grupo II.



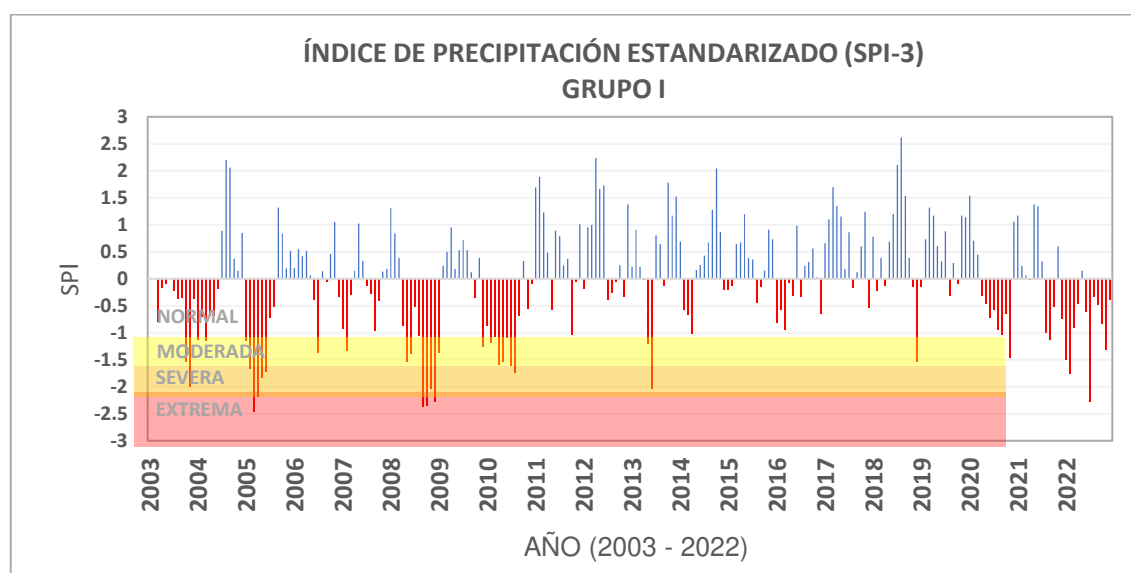
En la Figura 40, se evidencia los resultados del análisis de caracterización de sequía y humedad en el grupo II para una escala temporal de 1 mes, junto con las fluctuaciones en un rango de -2.56 a 2.65 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

✓ SPI-3

Las Figuras 41 y 42 presentan los resultados a escala temporal de SPI-3, mostrando la variabilidad en los períodos de eventos secos y húmedos a lo largo de 20 años de 2003 a 2022, en ambas regiones. Estos resultados en esta escala temporal proporcionan una referencia para la estimación de la precipitación estacional, reflejando tendencias de precipitación durante las fases de producción. La clasificación de las condiciones de sequía sigue los criterios de la OMM (2012) y se agrupa en las siguientes categorías: normal (fluctuaciones de -0.99 a 0.99, en color blanco), moderadamente seco (entre -1 y -1.49, en amarillo), severamente seco (de -1.5 a -1.99, en naranja) y extremadamente seco (valores de SPI inferiores a -2, en rojo).

Figura 41

Variación temporal de la sequía a una escala de 3 meses del grupo I.



En la Figura 41, se muestra los resultados del análisis de caracterización de sequía y humedad del grupo I a una escala temporal de 3 meses, con fluctuaciones en un rango de -2.47 a 2.62 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

Figura 42

Variación temporal de sequía a escala de tiempo 3 meses del grupo II.

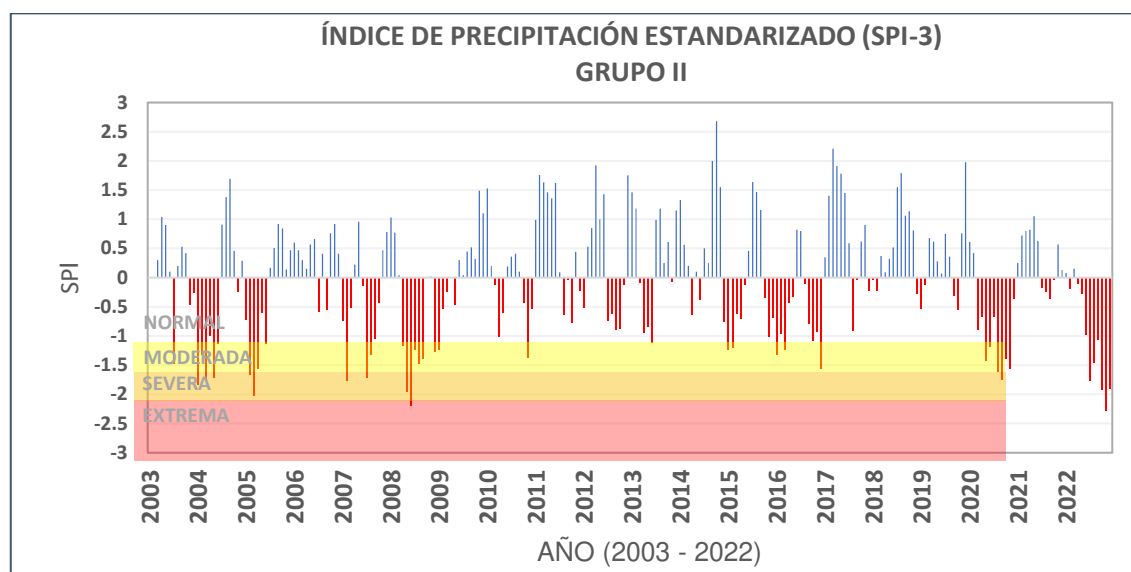


Figura 42 presenta el análisis del SPI en una escala temporal de 3 meses para el grupo II, junto con las fluctuaciones en un rango de -2.47 a 2.62 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

b. Sequía a mediano plazo (SPI-6)

La sequía a mediano plazo se ha evaluado mediante el SPI-6 para los dos grupos homogéneos de precipitación. Esta escala temporal es un indicador valioso para el monitoreo de las precipitaciones en diferentes estaciones y para la vigilancia de sus efectos en la agricultura, especialmente en relación con las anomalías en la escorrentía superficial, los caudales fluviales y el suministro de agua en la región a lo largo del año.

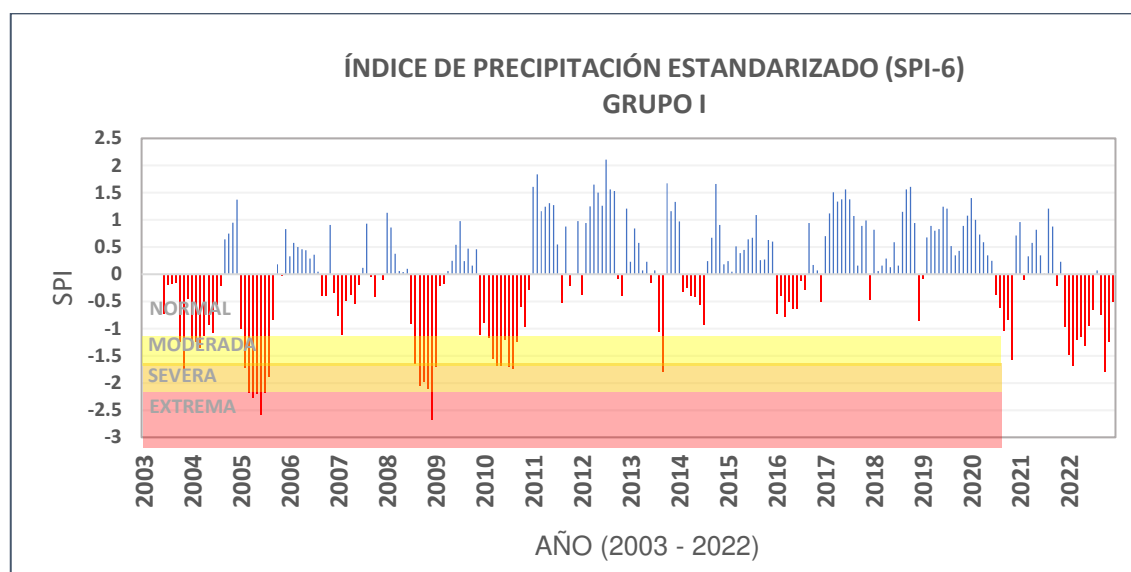
Las Figuras 43 y 44 presentan la clasificación de las condiciones de sequía, desarrollada según la OMM (2012), en las siguientes categorías:

- Normal (valores de SPI entre -0.99 a 0.99, en color blanco).
- Moderadamente seco (intervalos de -1 a -1.49, en color amarillo)
- Severamente seco (-1.5 a -1.99, en color naranja).
- Extremadamente seco (SPI menores a -2, en color rojo).

En la Figura 43 se evidencia el análisis del SPI en una escala temporal de 6 meses para el grupo I, junto con las fluctuaciones en un rango de -2.67 a 2.11 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

Figura 43

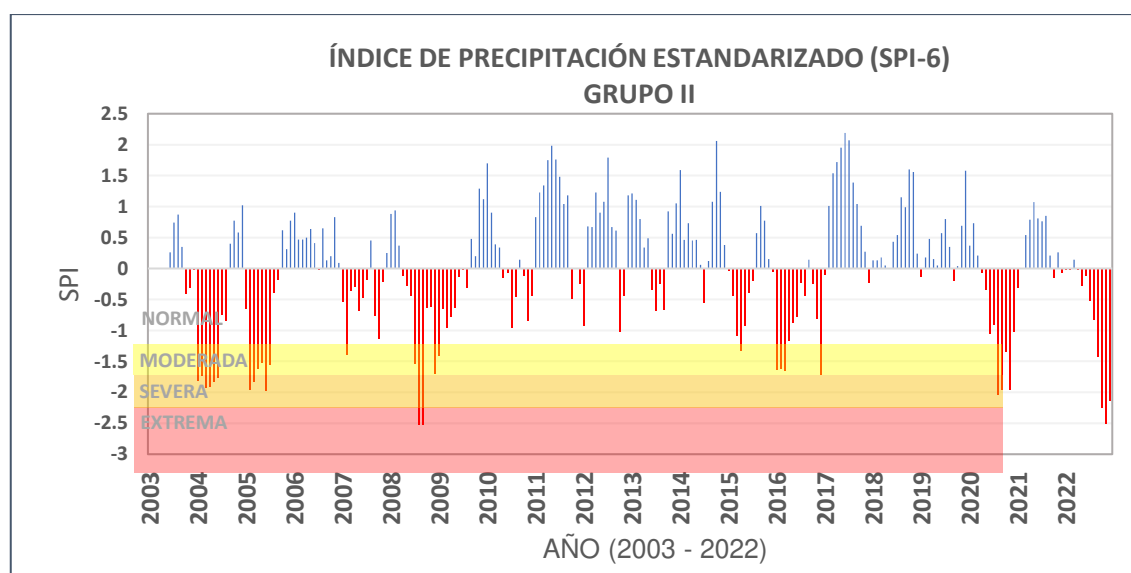
Variación temporal de sequía a una escala de 6 meses del grupo I.



En la Figura 44, se observa los resultados del análisis de SPI a una escala temporal de 6 meses del grupo II, junto con la variación que oscila de -2.53 a 2.19 durante un periodo de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022. En los primeros años se evidencia puntos de haber llegado a extrema.

Figura 44

Variación temporal de sequía a una escala de 6 meses del grupo II.



c. Sequía a largo plazo (SPI-12)

La sequía a largo plazo se ha estimado mediante el SPI-12 para los dos grupos homogéneos. Esta escala temporal permite identificar eventos de sequías multianuales y se relaciona con las variaciones en los caudales fluviales, los niveles de los reservorios y las aguas subterráneas a lo largo de periodos más extensos. A medida que se aumenta la

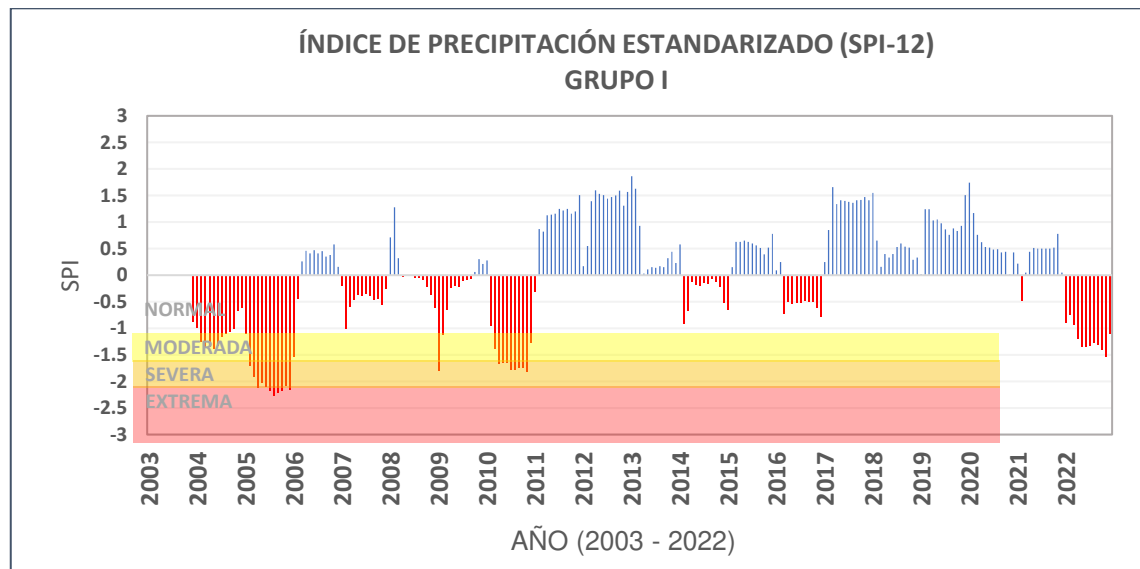
duración de la escala, los valores tienden a estabilizarse en torno a cero, lo que la convierte en un indicador relevante para los efectos hidrológicos.

Las Figuras 45 y 46 muestran la clasificación de las sequías en categorías: normal (con variación de -0.99 a 0.99, en color blanco), moderadamente seco (de -1 a -1.49, en color amarillo), severamente seco (de -1.5 a -1.99, en color naranja) y extremadamente seco (valores de SPI menores a -2, en color rojo).

Figura 44 presenta el análisis del SPI a una escala temporal de 12 meses del grupo I, así como las fluctuaciones varían de -2.27 a 1.86 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 a 2022.

Figura 45

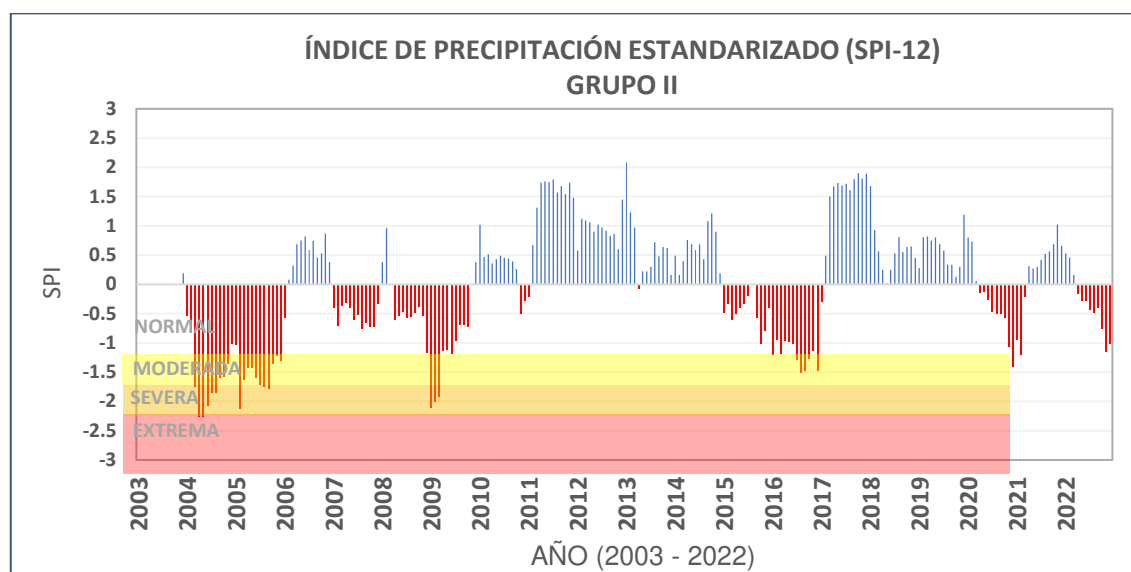
Variación temporal de sequía a una escala de 12 meses del grupo I.



Según la Figura 46 se evidencia la variación del análisis de SPI en una escala temporal de 12 meses para el grupo, así como las fluctuaciones que oscilan entre -2.27 y 2.08 durante un período de análisis de 20 años, de 2003 a 2022. Se muestra la fluctuación en los primeros años hasta extrema y los últimos años a moderada.

Figura 46

Variación temporal de sequía a una escala de 12 meses del grupo II.



Para la caracterización de la sequía presentada en las figuras anteriores, se ha creado una tabla resumen que incluye las principales características de la sequía. Esta tabla detalla los resultados de las dos regiones homogéneas, abarcando aspectos como el número de eventos, duración máxima, intensidad máxima, severidad máxima, así como el inicio y el final de cada evento.

Tabla 20

Caracterización de SPI para el periodo de análisis (2003 al 2022).

SPI- escala	Grupo	Nº de eventos	Duración máxima	Intensidad máxima	Severidad máxima
SPI-1	Grupo I	68	6	-3.03	-9.06
SPI-3	Grupo I	56	9	-2.47	-14.88
SPI-6	Grupo I	57	13	-2.67	-15.84
SPI-12	Grupo I	56	25	-2.27	-38.28
SPI-1	Grupo II	63	6	-2.44	-6.74
SPI-3	Grupo II	59	8	-2.19	-9.97
SPI-6	Grupo II	64	14	-2.53	-14.47
SPI-12	Grupo II	56	23	-2.27	-36.57

Tabla 20, presenta los resultados del SPI para diferentes escalas temporales: corto plazo (SPI-1 y SPI-3), mediano plazo (SPI-6) y largo plazo (SPI-12). En esta tabla, se observa que el grupo I registra el mayor número de eventos en la escala de 1 mes. Por otro lado, el SPI-12 muestra una duración más prolongada de los eventos en ambos

grupos, siendo el grupo I la más afectada. Asimismo, esta región exhibe la mayor intensidad y severidad de los eventos analizados.

Tabla 21

Caracterización de las sequías más severas registradas durante el periodo de estudio (2003 a 2022).

SPI- escala	Grupo	Duración (meses)	Intensidad	Severidad	Inicio	Fin
SPI-1	Grupo I	6	-2.37	-9.06	01/01/2005	07/01/2005
SPI-3	Grupo I	9	-2.36	-14.88	05/01/2008	02/01/2009
SPI-6	Grupo I	8	-2.59	-15.84	02/01/2005	10/01/2005
SPI-12	Grupo I	25	-2.27	-38.28	02/01/2004	03/01/2006
SPI-1	Grupo II	6	-1.79	-6.74	03/01/2008	09/01/2008
SPI-3	Grupo II	8	-1.75	-9.97	05/01/2020	01/01/2021
SPI-6	Grupo II	14	-2.53	-14.47	07/01/2008	09/01/2009
SPI-12	Grupo II	23	-2.27	-36.57	03/01/2004	02/01/2006

Según la Tabla 21, se evidencia los resultados de la caracterización del SPI, enfocándose en sequías más severas por grupos de análisis, incluyendo aspectos como intensidad, duración en meses y las fechas de inicio a finalización de cada sequía. Este análisis abarca escalas de tiempo de 1, 3, 6 y 12 meses para el periodo de análisis de 2003 a 2022. Según los resultados obtenidos la mayor severidad se registró en el grupo I, con una duración de 25 meses, iniciando en enero de 2004 y finalizando en marzo de 2006. Asimismo, el grupo I mostró menor severidad a escala de 1 mes, con un evento que tuvo lugar entre enero y julio de 2005.

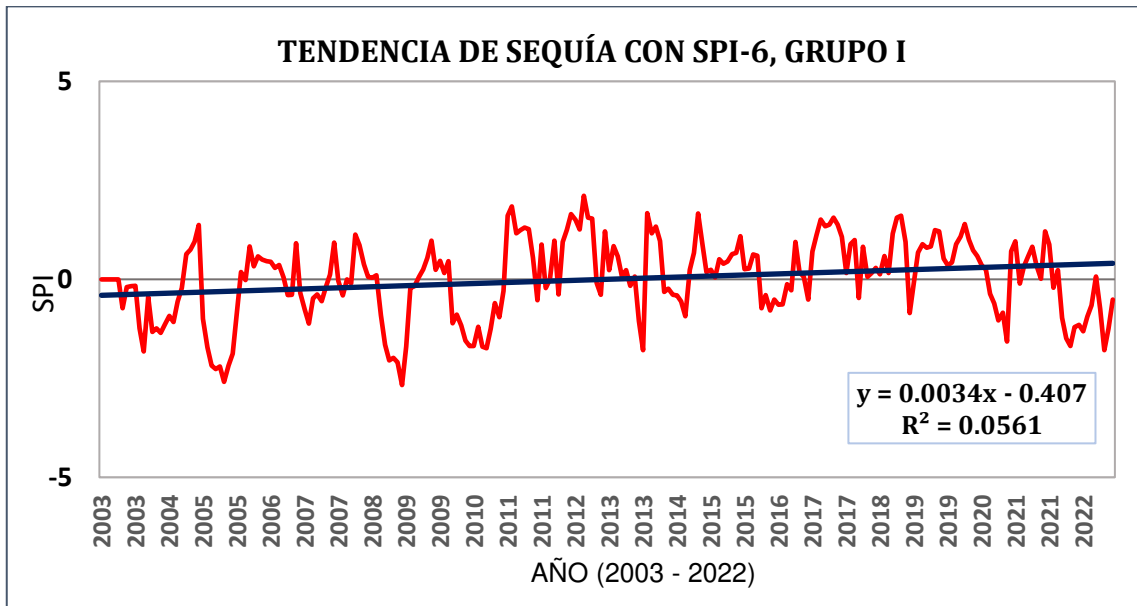
3.2.6. *Análisis de las tendencias en el comportamiento de las sequías observadas.*

Las Figuras 47 y 48, ilustran los resultados del análisis de tendencias para la serie SPI, centrándose en el comportamiento observado de las sequías a una escala temporal de 6 meses, que es la más significativa en el análisis de sequías referente a la agricultura. Este análisis implica calcular el pendiente de la línea de mejor ajuste para la serie ($y=mx+b$) a fin de evaluar si las condiciones de sequía en el área de estudio están en aumento o en declive.

La Figura 47, correspondiente al grupo I, la serie SPI-6 revela una pendiente positiva de 0,0034, lo cual indica disminución en la ocurrencia de eventos secos.

Figura 47

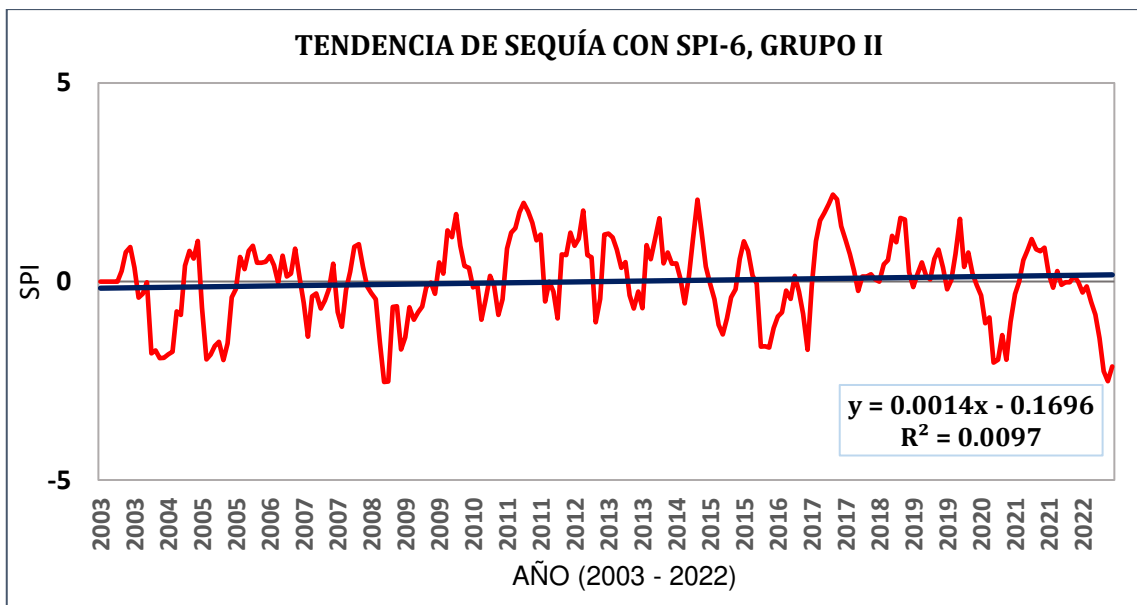
Tendencias de sequía a escala de tiempo SPI-6 para el grupo I.



En la Figura 48, el grupo II exhibe una pendiente positiva de 0,0014 en su serie SPI-6, lo que indica que el grupo II, la incidencia de eventos secos ha estado disminuyendo.

Figura 48

Tendencias de sequía a escala de tiempo SPI-6 para el grupo II.



CONCLUSIONES

El presente estudio logró cumplir el objetivo general de identificar y analizar la variabilidad espacio temporal de las sequías en la región de Ayacucho para el periodo de 2003 a 2022. A través de la implementación de los objetivos específicos, se proporcionó un análisis detallado sobre los patrones de sequía, que incluyó la identificación de las áreas más afectadas, la evolución temporal de los eventos y la determinación de las tendencias.

1. Se logró generar mapas de incidencia de sequías basado en el reporte de INDECI para la región de Ayacucho durante el periodo de 2003 a 2022, proporcionando una herramienta visual clave para identificar las áreas más afectadas por sequías, lo cual se muestra en el Anexo 4. Este anexo ilustra la distribución espacial de los eventos registrados en los distritos y provincias, con datos de respaldo en el Anexo 2. El informe identifica a Chuschi, Querobamba, Sancos y Totos como los distritos con mayor incidencia de sequías. A nivel provincial, Lucanas reporta la mayor incidencia, con 73 registros durante el periodo de análisis, mientras que la región en general registró 457 incidentes de emergencia por sequía. Estos resultados proporcionan una base para comprender los patrones regionales de sequía y apoyar las estrategias de gestión de recursos hídricos y planificación agrícola.
2. Se realizó el análisis de la variabilidad espacio temporal de la sequía, mediante el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) a escalas de tiempo ajustadas a la región de Ayacucho, permitió caracterizar los eventos de sequía en función de duración, intensidad y severidad, clasificándolas como moderados, severos y extremos en los plazos de corto, mediano y largo. En la escala de tiempo a corto plazo (SPI-1 y SPI-3), se identificó que el grupo I experimentó mayores impactos de sequía. En el mediano plazo (SPI-6), grupo I evidencia los efectos más severos e intensos, mientras que el grupo II muestra mayor número de eventos y mayor duración. A

escala de tiempo a largo plazo (SPI-12), los dos grupos compartieron similitudes en cuanto a la cantidad de eventos e intensidad; sin embargo, la duración y severidad fueron superiores en el grupo I. En promedio se registraron 60 eventos de sequía durante el período de análisis en ambos grupos, siendo la sequía más severa ocurrida en los principios de 2004 y 2006 en el grupo I.

3. Se identificó las tendencias de sequía para el periodo de estudio a una escala temporal de 6 meses, destacándose esta escala como la más significativa para el análisis de sequía en agricultura. Los resultados muestran una tendencia positiva en los grupos I y II, con pendientes de 0.0034 y 0.0014, respectivamente. Lo cual indica una disminución en la frecuencia de eventos de sequía en los últimos años. Esta tendencia es influenciada debido a la presencia de precipitaciones altas durante los periodos de 2009 a 2019 en promedio.

RECOMENDACIONES

A partir del análisis de la variabilidad espacio temporal de las sequías en la región de Ayacucho, se recomienda implementar estrategias integrales y adaptativas de gestión de recursos hídricos y planificación agrícola, basadas en la información obtenida de los mapas de incidencia de sequías y las tendencias observadas en el período de análisis de 2003 a 2022. Fortalecer el monitoreo y la vigilancia de los eventos de sequía mediante el uso de herramientas como el SPI con el fin de prever y mitigar los efectos adversos de las sequías. Además, se sugiere la implementación de un sistema de monitoreo de precipitación que permita obtener datos precisos y en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informadas para la gestión de riesgos.

1. Se recomienda actualizar y mantener los mapas de incidencia de sequías generados con datos periódicos de INDECI, integrando las nuevas tecnologías y fuentes de datos, para asegurar un monitoreo continuo y actualizado de las zonas más afectadas. Estos mapas pueden ser utilizados por las autoridades locales y regionales para tomar decisiones más informadas en la gestión del riesgo y la planificación del uso del agua.
2. Se sugiere continuar el análisis de la variabilidad espacio temporal de la sequía, extendiendo el estudio a otras escalas de tiempo o periodos más largos, lo que permitirá una evaluación más precisa de los impactos de las sequías. Las variaciones en severidad, duración e intensidad entre regiones aportan un entendimiento más profundo de las dinámicas de sequía y destacan la necesidad de estrategias adaptativas de gestión de recursos hídricos. Estos resultados constituyen una base informativa fundamental para planificar y mitigar los efectos adversos de la sequía en las comunidades locales y el sector agrícola de la región.
3. Con base en las tendencias identificadas, se recomienda que los estudios posteriores incluyan análisis desarrollados en períodos específicos, ya que estos influyen en los

resultados obtenidos. Esto permitirá formular políticas de adaptación y resiliencia frente a las sequías, con un enfoque de fortalecimiento de las infraestructuras de almacenamiento de agua. Además, es fundamental capacitar a las autoridades y comunidades locales para implementar de manera efectiva estas medidas adaptativas, con el fin de enfrentar los desafíos asociados a la variabilidad climática en los próximos años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, J. (2014). *Análisis probabilísticos de sequías*. SENAMHI, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/430>
- ANA. (2010). *Autoridad Nacional del Agua*. Informe nacional del Perú sobre las condiciones de sequías y estrategias de gestión en el Perú: https://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/571/mod_page/content/88/PERU_2_2.pdf
- Carrasco, C., & Huaico, A. (2021). *Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México*. Geogrsfís digital: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/view/5619>
- Castro, L. M., & Carvajal, Y. (2010). Análisis de tendencias y homogeneidad de series climatológicas. *Proyecto académico*. Universidad del Valle, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434002.pdf>
- CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Colotti, E., Cedeño, M., & Montañez, C. (2013). La sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola en las islas de Margarita, Estado nueva Esparta, Venezuela periodo (1972-2004). *Terra.Nueva estapa*, 29(45), 11-53. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_terr/article/view/6218
- Comarch. (2020). *Past 4.03*. <https://past.en.lo4d.com/windows>
- Consejo Consultivo del Agua. (2015). *Consecuecias de sequía*. <https://www.aguas.org.mx/sitio/blog/notas/item/95-7-consecuencias-de-una-sequia.html>
- Del Valle, L. (2017). Identificación y evaluación de sequías en cuencas seleccionadas de la Región Centro de Argentina. *Tesis Doctoral*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. <http://hdl.handle.net/11086/6291>
- Endara Huanca, S. M., Acuña, D., Vega, J. F., Febre, C., Correa, K., & Avalos, G. (2019). *Caracterización espacio temporal de la sequía en los deparatmentos altoandinos del Perú (1981-2018)*. SENAMHI, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/233>
- Endara, S. (2019). *Monitoreo de Sequías para Sistemas de Alerta Temprana: descripción de índice para el monitoreo de sequías hidrológicas implementado en el SENAMHII*. Lima. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/293>
- Gallardo, Y., & Brown, O. (2020). *Impactos de las sequías*. BM Editores: <https://bmeditores.mx/ganaderia/impactos-de-las-sequias/>
- García, E. (2014). Índices de vulnerabilidad a la sequía en la cuenca del río Bravo. *Grado de Maestro en Ingeniería*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/7043>
- GREENPEACE. (2017). *Organización Ecologista Internacional, independiente política y económicamente, para la defensa del medio ambiente y de la paz*. Sequías, algo

- mas que falte de lluvias impactos e imágenes: https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2017/11/Sequia-Falta-de-Agua_WEB-1.pdf
- GREENPEACE. (2022). *Organización Ecologista Internacional, independiente política y económicamente, para la defensa del medio ambiente y de la paz*. Cambio Climático: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/>
- Hernández, S. (2010). *Metodología de la investigación*. MC Draw Hill.
- Hybam. (2018). *Hydraccess*. <https://hybam.obs-mip.fr/es/hydraccess-3/>
- Igores2. (2015). *Manual Del TREND v1*. <https://es.scribd.com/document/313191292/2-0-Manual-Del-TREND-v1>
- INDECI. (2014). *Instituto Nacional de Defensa Civil*. Boletín estadístico virtual de la gestión reactiva: <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201708041005051.pdf>
- INEI. (2018). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1568/
- Lopez, M. (2019). *Medidas de tendencia central Cuartiles, Deciles, Percentiles*. <https://slideplayer.es/slide/15123616/>
- Marcos, Ó. (2001). Sequías: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 59-80.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). La relación de la frecuencia y duración de la sequía con las escalas de tiempo. (17-22). https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf
- MINAM. (2009). *Ministerio del Ambiente*. Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú: <https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/CDAM0000323.pdf>
- MINAM. (2012). *Ministerio del Ambiente*. Desarrollo de capacidades en zonificación ecológica económica y ordenamiento territorial en la región de Ayacucho: https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Clima.pdf
- NDMC. (2018). *National Drought Mitigation Center*. SPI Generator : <https://drought.unl.edu/monitoring/SPI/SPIProgram.aspx>
- Niwdel, G. (2021). Análisis de Sequías Meteorológicas, utilizando el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), en el periodo (1964-2018) en la región de Puno. *Tesis*. Univesidad Nacional del Altiplano, Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15865>
- Novillo, C. (2019). Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-evaporacion-del-agua-y-ejemplos-1998.html>

- Núñez, S. (2020). Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html>
- Olivares, B. (2018). *transformación de una distribución gamma ajustada a una distribución normal estandarizada*. https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Ejemplo-de-transformacion-de-una-distribucion-gamma-ajustada-a-una-distribucion_fig2_328083523
- OMM. (2012). *Organización Meteorológica Mundial* . Índice normalizado de precipitación Guía de usuarios: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf
- OMM. (2016). *Manual de indicadores e índices de sequías* . https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO-GWP_Manual-de-indicadores_2016
- Rothschuh, U. (2022). *Qué es el ciclo hidrológico: etapas e importancia*. Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-ciclo-hidrologico-etapas-e-importancia-3832.html>
- Sánchez, C. (2009). Influencia de variables macroclimáticas en la sequía meteorológica en el sur del Perú. *Tesina de Master*. Unversidad Política de Valencia, Valnecia - España. <https://riunet.upv.es/handle/10251/14545>
- SENAMHI. (2013). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Caracterización de Períodos Secos y Húmedos Cuenca del Río Rímac.: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/SENAMHI/Caracterizacion%20periodos%20secos%20y%20humedos,%20Cuenca%20Rio%20Rimac.pdf>
- SENAMHI. (2014). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Análisis Probabilístico de sequías en la cuencas de los ríos Chillón, Rimac, Lurín y Alto Mantaro: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-61.pdf>
- SENAMHI. (2014). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. El fenómeno El Niño en el Perú: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/senamhi-presenta-informe-anual-2014-ante-llegada-fenomeno-nino>
- SENAMHI. (2015). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Regionalización y caracterización de sequías en el Perú: https://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/hidro_2015_Reg_car_seq_Per.pdf
- SENAMHI. (2016). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Análisis del riesgo de sequías en el Sur del Perú: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/108>
- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Informe técnico: Análisis del periodo de luvias 2020/2021 a nivel nacional: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2073107/INFORME-LLUVIAS-20-21_Agosto2021%201%20.pdf.pdf

- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Glosario de términos relacionados a Sequías, Gestión del Riesgo y Cambio Climático: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01405SENA-7.pdf>
- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Climas del Perú, mapa de clasificación climática nacional: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- UNESCO. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* . Atlas de sequías de América Latina y el Caribe: http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/AtlasSequia_latam_UNESCO.pdf
- Vargas , A. J. (2021). Estimación de Índices de sequía en la cuenca de río Ichu utilizando datos generados por Teledetección-Huancavelica-2019. *Título profesioal en Ingeniería Civil*. Universidad Nacioonal de Huancavelica, Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3792>
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Villón.

ANEXOS

1. Serie de datos de precipitaciones utilizadas.
2. Registro de incidencias de sequías en base al reporte de INDECI.
3. Clasificación de SPI por escalas temporales para cada región.
4. Mapas temáticos

1. SERIE DE DATOS DE PRECIPITACIONES UTILIZADAS

GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO
SECRETARIA GENERAL
AREA TRAMITE DOCUMENTARIO

14 MAR. 2023

4233799/3411448

Exp. N° 1155 Fecha: 02 Fichero: 01

SOLICITO: BASE DE DATOS DE LAS
ESTACIONES
METEOROLÓGICAS.

SEÑOR DIRECTOR DEL OPEMAN

Yo, MARTINEZ GOMEZ, Erson
Identificado con DNI: 48664060 con
código de estudiante 21146944,
domiciliado en ASENT.H.
COVADONGA MZ T2 LT.10 Enace -
Ayacucho Estudiante de la Universidad
Nacional de San Cristóbal de Huamanga de
Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola
Ante Ud. me presento y expongo:

Que, siendo egresado de la Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga con grado de Bachiller, siendo parte de mi formación profesional con
aprobación del proyecto de tesis titulado "**Variabilidad espacio temporal de las sequías en la
región Ayacucho para el periodo 1980 - 2022**" para la obtención del título profesional por lo que
recurso a su despacho, con la finalidad de solicitar la base de datos de las estaciones meteorológicas
de la región Ayacucho, los datos de precipitación diarias y mensual, temperaturas máximas y
mínimas del periodo de 1980 hasta la actualidad con fines de investigación, por tal fin me dirijo a
su despacho pidiendo que acepte mi solicitud.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a Ud. señor director de la OPEMAN, acceder mi petición por ser justa y necesaria.

ADJUNTO.

RESOLUCIÓN DECANAL N° 061-2023-UNSCH-FCA-D

Ayacucho, 14 de marzo del 2023



Autorizado para recabar
Información solicitada
transcribiendo para uso
de tesis. Campamento de
Presa Chichiquera.
30/03/2023
atención Ing. Flor Vargas Jari

.....

MARTINEZ GOMEZ, Erson
DNI N° 48664060
Celular: 925932614
Correo electrónico: erson.4821@gmail.com

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

 REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) 													
ESTACIÓN CÓDIGO	HUANTA : 112068			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUANTA DISTRITO : LURICOCHA			LATITUD : 12°54'40.8" S LONGITUD : 74°16'59.66" W ALTITUD : 2485 msnm.						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	64.4	139.8	99.4	15.2	13.3	1.5	0.0	1.6	26.3	13.9	16.1	128.2	519.6
2004	62.6	95.5	56.7	4.9	9.0	8.7	0.2	11.9	22.0	21.1	35.8	100.1	428.5
2005	44.0	100.1	122.5	16.2	8.8	0.0	5.9	0.0	4.8	33.6	36.3	88.2	460.4
2006	97.3	71.6	71.6	31.6	0.0	7.8	0.0	5.3	13.1	61.9	58.0	70.8	489.0
2007	100.5	46.2	114.2	22.0	4.7	0.0	4.8	3.6	6.6	42.4	48.1	154.0	547.1
2008	79.3	94.9	25.4	4.2	13.6	6.2	0.0	0.0	5.5	20.5	25.3	37.6	312.5
2009	91.9	120.6	46.4	48.8	1.9	1.1	10.3	7.5	10.2	17.2	33.7	50.3	439.9
2010	163.4	61.1	92.3	22.1	15.6	0.0	0.0	4.0	7.0	37.2	29.4	79.9	512.1
2011	208.8	135.3	78.3	29.5	7.6	10.8	1.3	0.2	13.9	44.1	58.6	92.8	681.1
2012	89.9	100.3	38.6	50.3	8.3	5.7	6.3	6.2	21.5	21.6	37.3	130.9	516.9
2013	132.1	98.0	76.9	24.4	13.2	3.1	1.3	1.0	2.4	57.2	71.4	124.2	605.3
2014	130.9	155.0	51.0	12.6	16.4	12.1	3.3	0.0	12.7	48.2	29.9	91.1	563.2
2015	169.7	84.4	66.6	53.3	17.4	0.9	11.0	0.0	2.9	23.3	45.7	94.9	570.2
2016	122.1	129.9	62.4	52.7	2.9	0.1	0.9	0.0	18.3	31.3	31.7	44.1	496.3
2017	131.1	133.6	81.1	6.4	8.1	1.1	0.0	6.9	11.7	38.8	81.4	51.2	551.4
2018	119.9	90.3	103.5	1.4	19.7	5.6	0.0	2.0	23.5	32.7	64.8	108.1	571.6
2019	135.2	94.2	90.3	20.5	4.8	5.8	0.2	4.4	29.2	20.4	56.3	152.2	613.4
2020	49.7	81.1	20.7	7.1	8.9	5.3	1.5	1.0	2.5	20.0	5.8	137.2	340.8
2021	57.5	86.0	89.9	32.0	6.0	3.0	0.0	1.0	12.0	11.0	39.0	32.0	369.4
2022	51.0	38.0	47.0	9.0	1.0	0.1	0.1	5.8	15.5	8.0	5.8	37.3	218.6
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	105.1	97.8	71.7	23.2	9.1	3.9	2.4	3.1	13.1	30.2	40.5	90.3	490.4
Desv. Est	45.0	31.0	28.4	17.0	5.7	3.8	3.5	3.3	8.2	15.1	20.3	39.4	112.8
Max	208.8	155.0	122.5	53.3	19.7	12.1	11.0	11.9	29.2	61.9	81.4	154.0	681.1
Min	44.0	38.0	20.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	8.0	5.8	32.0	218.6

 REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) 													
ESTACIÓN CÓDIGO	QUINUA : 113021			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : QUINUA			LATITUD : 13°3'19.7" S LONGITUD : 74°8'29.7" W ALTITUD : 3215 msnm.						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	68.7	186.4	193.1	100.9	26.4	2.6	0.3	30.2	39.8	1.6	32.2	113.2	795.4
2004	67.8	112.5	92.5	8.6	16.1	15.6	21.6	14.4	34.8	47.6	64.8	173.5	669.8
2005	67.8	121.0	106.4	48.1	17.5	0.6	6.4	0.6	20.7	52.3	52.8	140.5	634.7
2006	121.4	125.3	152.6	55.5	1.2	2.4	0.0	14.3	6.9	48.8	93.5	82.6	704.5
2007	136.3	89.7	197.9	66.2	15.2	0.0	13.4	1.3	30.9	72.4	74.0	121.6	818.9
2008	106.7	148.6	101.6	29.9	24.5	10.0	7.1	1.4	27.1	59.4	41.3	71.2	628.8
2009	154.8	174.8	59.5	55.9	26.7	0.4	6.1	8.7	36.7	50.6	109.0	114.6	797.8
2010	206.8	140.7	114.8	53.7	11.2	0.4	5.4	16.5	21.0	29.2	45.5	163.7	808.9
2011	205.4	96.5	78.3	28.6	18.2	14.7	1.3	8.3	27.4	41.7	84.6	83.1	688.1
2012	145.9	135.9	56.2	48.9	8.3	5.7	6.3	6.2	21.5	21.6	37.3	129.1	622.9
2013	132.1	76.9	76.9	34.7	0.8	3.1	1.3	39.2	2.4	56.7	64.6	124.2	612.9
2014	126.3	86.6	51.0	12.6	14.2	0.0	3.3	0.0	12.7	48.2	88.6	80.1	523.6
2015	131.0	73.6	66.6	69.6	17.4	9.0	11.0	42.2	2.9	23.3	45.7	94.9	587.2
2016	36.7	141.1	40.0	31.3	2.1	0.0	11.7	0.0	18.3	31.3	31.7	44.1	388.3
2017	147.2	210.1	110.6	63.2	41.0	0.0	5.5	16.0	55.8	34.9	48.0	131.7	864.0
2018	157.6	113.6	103.4	41.8	34.6	5.7	20.7	41.0	8.3	90.5	84.1	47.3	748.6
2019	161.6	186.0	183.1	49.3	27.4	0.4	4.6	0.0	9.2	40.9	101.1	155.6	919.2
2020	111.8	115.1	31.9	21.1	48.1	15.7	1.8	1.1	9.9	64.3	93.1	112.9	626.7
2021	172.6	197.2	211.2	73.9	3.5	7.5	2.2	22.8	9.0	59.0	74.5	105.5	938.9
2022	132.5	128.2	117.6	43.3	9.5	2.9	1.9	16.5	15.6	16.9	12.4	67.5	564.8
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	129.6	133.0	107.3	46.9	18.2	4.8	6.6	14.0	20.5	44.6	63.9	107.8	697.2
Desv. Est	44.4	40.5	54.4	22.2	13.1	5.5	6.2	14.3	14.0	20.7	26.9	36.5	139.1
Max	206.8	210.1	211.2	100.9	48.1	15.7	21.6	42.2	55.8	90.5	109.0	173.5	938.9
Min	36.7	73.6	31.9	8.6	0.8	0.0	0.0	0.0	2.4	1.6	12.4	44.1	388.3

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

 REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) 													
ESTACIÓN CÓDIGO	SAN PEDRO DE CA			DEPARTAMENTO : AYACUCHO				LATITUD : 13°5'14.72" S					
	: 100127			PROVINCIA : HUAMANGA				LONGITUD : 74°23'26.4" W					
				DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA				ALTITUD : 3247 msnm.					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	102.7	211.5	113.4	76.6	2.5	1.0	26.8	34.1	22.0	6.5	33.5	111.5	742.1
2004	45.9	137.8	110.7	23.6	10.7	0.9	9.3	9.6	30.0	25.7	47.1	181.6	632.9
2005	67.0	106.1	98.3	12.3	4.7	0.0	7.7	9.6	19.2	58.3	28.6	114.5	526.3
2006	136.2	114.3	96.7	95.5	2.5	5.7	0.0	24.4	19.4	82.5	60.8	110.0	748.0
2007	104.7	79.7	166.9	47.3	7.5	0.0	8.8	0.0	13.3	49.0	89.8	97.4	664.3
2008	125.4	105.8	54.0	10.9	23.1	4.8	0.0	1.2	13.4	29.0	19.4	100.8	487.8
2009	199.8	166.5	89.7	53.1	11.5	0.2	20.6	3.5	11.9	40.4	111.0	132.0	840.1
2010	224.2	99.9	65.2	36.4	24.2	0.5	18.4	11.8	20.9	40.5	43.8	152.4	738.3
2011	187.4	186.3	157.8	109.0	4.3	16.3	11.3	0.9	21.3	53.2	56.3	113.1	917.2
2012	84.7	197.8	151.1	61.2	28.9	17.3	12.0	5.6	27.1	37.5	64.9	144.1	832.2
2013	132.9	180.1	221.0	8.7	47.3	8.2	3.9	44.3	13.2	43.1	56.5	206.2	965.4
2014	216.3	68.3	180.7	25.0	4.8	6.7	14.6	8.6	38.2	61.1	42.5	88.1	754.8
2015	188.5	155.6	122.6	34.1	27.0	1.1	27.6	2.5	11.1	47.1	15.5	107.5	740.1
2016	135.6	121.7	174.5	3.7	50.2	6.0	0.0	3.9	31.9	58.9	80.2	152.8	819.4
2017	207.5	201.3	263.2	69.3	39.0	0.0	3.6	4.7	25.2	63.4	39.5	83.8	1000.5
2018	120.5	178.6	128.5	45.9	4.4	9.6	24.2	29.2	7.3	78.3	60.2	30.2	716.9
2019	227.7	226.8	163.6	23.9	19.4	4.7	11.1	0.0	18.2	27.3	90.1	188.0	1000.8
2020	75.2	112.7	67.9	33.2	22.6	0.0	2.9	2.2	20.9	19.6	4.8	129.4	491.4
2021	160.2	98.4	137.7	104.2	15.6	10.0	3.2	2.8	9.1	46.5	76.8	61.7	726.2
2022	125.0	146.1	125.5	59.2	0.5	1.8	0.0	5.9	22.9	1.9	20.9	99.1	608.8
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	143.4	144.8	134.4	46.7	17.5	4.7	10.3	10.2	19.8	43.5	52.1	120.2	747.7
Desv. Est	55.5	46.8	52.4	31.7	15.1	5.3	9.1	12.6	8.0	21.2	28.0	42.5	153.6
Max	227.7	226.8	263.2	109.0	50.2	17.3	27.6	44.3	38.2	82.5	111.0	206.2	1000.8
Min	45.9	68.3	54.0	3.7	0.5	0.0	0.0	0.0	7.3	1.9	4.8	30.2	487.8

 REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) 													
ESTACIÓN CÓDIGO	WAYLLAPAMPA			DEPARTAMENTO : AYACUCHO				LATITUD : 13°4'35.4" S					
	: 100127			PROVINCIA : HUAMANGA				LONGITUD : 74°12'59.4" W					
				DISTRITO : PACAYCASA				ALTITUD : 2470 msnm.					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	35.4	182.3	126.4	81.4	5.5	1.9	0.0	17.0	19.5	0.0	13.7	64.9	548.0
2004	111.6	86.6	68.6	11.0	9.2	6.2	20.6	8.9	26.7	41.7	47.3	136.7	575.1
2005	64.3	61.7	47.1	19.4	28.3	0.0	3.1	5.4	5.5	50.7	30.2	93.5	409.2
2006	117.3	86.1	124.8	36.5	7.4	4.4	3.0	15.0	19.6	41.5	91.9	76.9	624.4
2007	62.0	73.6	120.9	40.0	25.7	9.6	4.7	6.9	14.6	45.7	91.1	73.6	568.4
2008	86.9	76.6	51.8	16.2	24.2	2.8	0.3	3.6	11.0	14.4	23.8	70.1	381.7
2009	108.7	141.7	39.8	49.3	15.7	0.4	3.9	8.2	15.3	41.6	68.4	143.0	636.0
2010	126.1	103.3	50.4	30.5	9.8	0.0	2.2	3.5	21.9	46.4	29.1	97.3	520.5
2011	143.4	187.5	109.7	33.6	20.8	0.1	10.2	0.7	43.4	37.4	78.5	109.3	774.6
2012	90.8	147.4	87.0	75.8	38.3	7.6	10.1	1.3	34.0	28.4	78.8	152.4	751.9
2013	105.5	121.8	118.5	10.8	10.3	3.1	6.1	31.2	30.4	78.3	66.8	132.4	715.2
2014	145.9	93.7	110.5	25.6	13.0	0.0	3.6	4.0	42.5	58.1	36.7	106.1	639.7
2015	161.3	125.5	128.7	25.2	40.5	5.9	14.4	2.7	18.0	63.3	60.0	101.8	747.2
2016	147.0	97.0	52.6	17.0	26.2	5.4	8.7	20.1	45.8	66.1	93.3	107.7	687.0
2017	109.7	158.6	87.7	51.0	28.4	0.0	8.1	9.8	30.4	31.9	48.3	71.9	635.8
2018	105.8	120.2	82.9	19.8	7.4	4.4	20.8	32.6	18.9	73.2	90.6	43.2	619.8
2019	115.1	147.7	116.4	33.3	6.8	0.6	7.2	0.0	4.4	16.3	103.6	157.3	708.7
2020	71.0	100.5	21.9	30.9	17.6	0.0	0.0	16.8	17.6	8.8	6.0	65.8	356.8
2021	97.0	97.5	114.0	64.6	15.0	5.6	7.0	2.9	9.0	24.4	85.3	46.2	568.5
2022	117.5	88.7	118.9	31.2	0.0	1.7	11.8	15.0	15.7	7.2	14.7	52.6	475.0
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	106.1	114.9	88.9	35.2	17.5	3.0	7.3	10.3	22.2	38.8	57.9	95.1	597.2
Desv. Est	31.7	35.9	34.5	20.2	11.2	3.0	6.1	9.5	12.2	22.5	31.1	35.3	122.1
Max	161.3	187.5	128.7	81.4	40.5	9.6	20.8	32.6	45.8	78.3	103.6	157.3	774.6
Min	35.4	61.7	21.9	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	6.0	43.2	356.8

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CÓDIGO	INIA : 005			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : AYACUCHO				LATITUD : 13°10'09" S LONGITUD : 74°12'82" W ALTITUD : 2735 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	75.0	164.9	116.8	73.2	20.6	0.0	0.0	32.1	27.0	11.6	49.7	101.4	672.3
2004	65.7	159.4	75.8	27.7	20.0	0.0	30.8	54.7	7.1	12.7	21.3	94.2	569.4
2005	121.2	103.6	67.0	26.9	15.5	0.0	13.9	8.9	32.3	47.1	85.4	114.6	636.3
2006	88.3	131.6	91.4	48.0	20.7	0.0	0.3	8.9	32.1	34.3	62.1	75.2	592.9
2007	58.9	114.7	50.5	19.1	10.7	0.1	18.7	0.0	60.9	39.5	84.7	104.7	562.5
2008	98.1	79.6	58.6	29.5	11.5	8.8	0.0	0.0	39.1	25.0	37.7	77.4	465.3
2009	120.3	65.0	71.9	45.9	17.8	0.5	8.5	25.8	10.4	42.7	44.6	69.7	523.0
2010	121.2	103.6	67.0	26.9	15.5	0.0	12.9	3.9	26.0	47.1	33.9	65.5	523.4
2011	124.8	191.6	134.3	46.6	14.1	0.3	12.0	0.9	37.0	49.3	67.3	61.0	739.2
2012	53.1	153.9	110.7	74.3	2.4	10.7	2.4	2.1	28.7	27.2	54.7	152.7	672.9
2013	99.4	108.8	70.6	13.9	19.3	2.8	8.4	34.5	14.9	51.7	60.1	127.7	612.1
2014	117.2	71.0	118.9	31.4	15.2	0.0	4.2	3.1	53.5	22.6	36.7	54.9	528.7
2015	178.2	116.6	62.8	11.7	5.6	0.0	6.6	18.6	8.6	32.6	31.8	105.4	578.5
2016	33.1	152.9	33.3	30.7	9.8	0.0	7.9	5.3	8.4	34.7	26.6	51.4	394.1
2017	109.4	125.5	103.7	44.2	15.8	0.0	11.8	9.8	12.6	34.3	19.8	77.4	564.3
2018	88.8	87.0	75.7	30.3	7.5	6.0	19.1	33.7	14.4	49.4	35.7	49.3	496.9
2019	79.2	138.9	121.0	34.9	4.8	0.5	14.6	0.0	4.7	26.0	42.5	138.3	605.4
2020	56.7	61.4	63.6	15.7	13.5	0.0	0.0	3.0	18.6	16.9	12.2	74.7	336.3
2021	88.8	82.9	98.9	46.1	11.8	1.4	3.4	3.4	1.6	24.3	36.8	32.2	431.6
2022	107.6	97.3	120.5	37.2	1.7	3.8	1.1	7.4	13.3	0.9	29.7	73.0	493.5
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	94.2	115.5	85.7	35.7	12.7	1.7	8.8	12.8	22.6	31.5	43.7	85.0	549.9
Desv. Est	33.0	36.4	28.2	17.0	5.9	3.2	8.1	15.3	16.3	14.3	20.2	31.6	98.1
Max	178.2	191.6	134.3	74.3	20.7	10.7	30.8	54.7	60.9	51.7	85.4	152.7	739.2
Min	33.1	61.4	33.3	11.7	1.7	0.0	0.0	0.0	1.6	0.9	12.2	32.2	336.3



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CÓDIGO	PUCALOMA : 014			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : SOCOS				LATITUD : 13°12'21,48"S LONGITUD : 74°17'57,48" W ALTITUD : 3493 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	72.5	179.5	144.7	73.7	10.2	2.2	0.7	6.0	12.4	23.8	42.8	98.4	666.8
2004	72.0	172.7	105.5	23.0	7.0	17.6	0.0	12.6	8.4	33.1	57.2	115.1	624.0
2005	89.8	115.1	147.0	22.5	2.2	0.0	16.2	5.0	27.7	44.7	42.4	123.1	635.7
2006	145.0	116.2	95.4	43.6	0.0	12.0	0.0	3.5	0.9	10.4	61.0	99.9	587.9
2007	144.9	71.6	98.4	58.7	0.0	2.2	0.3	0.0	11.9	35.7	24.2	61.7	509.6
2008	111.8	102.6	43.0	15.5	20.0	6.4	0.0	0.0	10.6	27.6	16.0	100.5	453.9
2009	106.5	60.5	42.8	37.4	23.5	0.0	8.0	1.5	3.5	40.3	90.9	55.9	470.8
2010	134.0	114.2	101.2	2.3	4.0	0.0	0.0	7.3	16.2	29.6	26.7	102.7	538.2
2011	175.3	185.4	140.7	29.5	9.1	0.0	13.1	0.0	11.1	22.3	24.0	166.5	777.1
2012	96.9	193.4	95.5	91.7	4.9	0.0	2.3	12.0	5.4	8.7	15.2	142.4	668.4
2013	72.2	119.6	77.2	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	39.8	114.2	456.5
2014	157.8	83.9	103.6	25.6	29.3	4.5	8.0	0.0	18.1	3.0	75.0	36.0	544.8
2015	119.2	77.7	69.8	11.0	12.6	8.0	0.0	0.1	9.4	8.6	65.0	47.3	428.7
2016	59.8	112.3	73.0	102.8	13.4	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	392.5
2017	81.4	166.8	132.8	41.1	21.9	20.1	0.8	1.2	6.2	37.9	51.8	128.6	690.5
2018	171.1	93.4	54.5	55.7	21.6	0.8	6.8	0.1	0.2	11.5	3.3	93.0	511.9
2019	103.8	108.3	115.1	0.0	34.1	8.3	0.0	0.3	24.6	51.2	75.1	104.3	625.0
2020	149.0	95.5	98.5	30.3	3.4	4.2	0.1	2.2	35.0	17.2	27.6	121.5	584.4
2021	81.1	97.9	93.5	74.2	4.3	1.9	0.3	5.0	0.2	51.2	51.9	45.2	506.7
2022	140.4	81.7	57.1	34.1	0.1	0.9	0.4	10.6	12.5	54.4	48.0	115.9	555.9
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	114.2	117.4	94.5	38.6	11.3	5.0	2.9	3.4	10.7	27.1	41.9	94.6	561.5
Desv. Est	36.0	40.3	31.9	29.6	10.4	6.1	4.9	4.3	9.8	16.7	24.8	38.2	99.0
Max	175.3	193.4	147.0	102.8	34.1	20.1	16.2	12.6	35.0	54.4	90.9	166.5	777.1
Min	59.8	60.5	42.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	392.5



PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CÓDIGO	TAMBILLO : 002			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : TAMBILLO				LATITUD : 13° 13' 06,72" S LONGITUD : 74° 06' 22,68" W ALTITUD : 3343 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	94.2	181.2	120.1	60.8	10.7	0.0	0.0	15.9	9.9	5.8	11.7	118.0	628.1
2004	69.8	162.5	65.4	17.0	10.8	9.8	28.8	7.5	29.2	48.8	58.1	168.1	675.8
2005	86.5	75.4	178.2	19.4	0.2	0.0	4.4	1.5	22.1	55.3	44.1	151.7	638.8
2006	121.3	109.2	111.2	40.7	1.5	1.8	0.0	14.9	9.0	66.7	35.6	68.1	580.0
2007	110.2	82.2	141.8	57.5	4.3	0.0	19.0	1.0	25.2	77.7	31.6	109.7	660.3
2008	110.2	148.5	72.8	7.9	10.4	2.0	0.0	1.4	8.1	38.4	31.5	74.5	505.6
2009	133.3	124.3	64.9	67.7	23.8	0.0	9.4	0.2	21.0	26.7	97.7	140.8	709.8
2010	186.9	88.1	96.2	40.2	13.8	0.0	0.0	15.4	12.8	62.3	23.6	115.2	654.5
2011	221.3	120.5	176.3	79.7	17.9	4.2	9.1	3.6	28.2	42.5	82.3	143.7	929.3
2012	135.1	232.9	123.7	101.7	5.1	18.8	0.9	3.7	42.0	29.6	59.9	192.0	945.4
2013	149.3	123.2	94.3	21.3	22.9	9.0	12.7	1.6	10.2	77.2	66.7	152.9	741.3
2014	194.4	107.9	186.6	40.9	15.8	0.0	17.2	1.7	45.3	92.1	55.2	143.3	900.4
2015	159.3	146.7	108.6	27.8	29.4	7.9	30.1	7.4	9.7	35.4	44.7	155.1	762.1
2016	49.3	156.0	8.3	28.1	17.6	0.3	8.5	6.3	20.3	50.4	60.1	67.7	473.0
2017	156.6	195.6	136.2	71.3	38.9	6.6	13.3	7.7	24.0	64.8	42.5	123.5	881.0
2018	156.6	124.6	121.7	32.7	11.2	10.6	30.6	0.3	13.9	52.9	39.6	64.5	659.2
2019	132.4	195.3	143.2	28.3	9.2	6.4	5.9	0.0	12.5	24.5	21.5	204.9	784.1
2020	60.7	169.3	97.8	10.1	24.0	4.4	0.5	3.2	24.1	14.5	12.4	115.5	536.4
2021	121.0	112.7	154.5	88.4	22.5	3.7	1.9	2.3	13.6	38.3	79.8	57.5	696.2
2022	129.3	122.8	157.6	37.9	10.0	2.3	0.0	10.7	23.7	10.4	18.3	97.7	620.7
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	128.9	138.9	118.0	44.0	15.0	4.4	9.6	5.3	20.2	45.7	45.8	123.2	699.1
Desv. Est	44.4	41.4	44.4	26.8	9.8	5.0	10.6	5.2	10.5	23.5	24.0	42.6	135.7
Max	221.3	232.9	186.6	101.7	38.9	18.8	30.6	15.9	45.3	92.1	97.7	204.9	945.4
Min	49.3	75.4	8.3	7.9	0.2	0.0	0.0	0.0	8.1	5.8	11.7	57.5	473.0

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CODIGO	CHIARA : 009			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : CHIARA				LATITUD : 13° 17' 25.45" S LONGITUD : 74° 12' 39.64" W ALTITUD : 3400 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	43.1	203.3	173.7	50.7	15.1	0.0	0.0	32.3	16.4	15.6	26.0	59.4	635.7
2004	65.7	166.6	106.5	31.2	14.1	11.6	0.4	14.1	33.6	26.7	50.5	174.7	695.9
2005	133.1	74.9	119.1	42.5	13.5	0.0	6.1	16.7	33.3	32.3	37.1	125.9	634.5
2006	139.0	109.7	164.8	60.0	0.0	14.1	0.0	40.9	9.0	48.9	71.5	77.0	734.9
2007	111.5	73.8	108.8	24.3	6.1	0.0	2.2	0.0	2.9	31.5	57.6	103.9	522.6
2008	170.3	103.2	58.7	34.2	4.0	2.5	0.0	2.1	10.7	52.1	13.3	58.1	509.2
2009	167.1	183.2	121.4	82.3	22.1	1.8	14.2	1.1	3.3	45.2	107.1	84.7	833.5
2010	147.2	52.3	95.8	52.6	13.7	5.2	0.0	22.8	13.8	33.5	23.5	115.6	576.0
2011	225.5	186.3	179.0	89.5	10.0	0.0	18.5	0.0	8.7	34.5	56.6	99.0	907.6
2012	96.0	239.0	173.5	118.1	3.0	11.5	5.5	2.0	18.0	41.1	66.0	194.0	967.7
2013	142.5	169.8	119.6	4.5	38.0	14.0	12.5	46.5	6.7	70.8	55.5	111.5	791.9
2014	203.8	139.5	147.8	59.0	26.0	0.0	11.5	74.5	35.2	53.1	26.9	90.5	867.8
2015	196.2	98.1	91.5	30.5	19.0	1.8	19.5	44.8	10.0	35.8	47.4	127.5	722.1
2016	60.4	155.8	48.5	45.5	20.0	2.0	9.5	3.0	2.7	59.8	3.0	51.2	461.4
2017	228.2	198.6	194.2	69.7	25.5	0.0	11.0	3.4	21.5	78.6	44.1	88.7	963.5
2018	169.2	112.5	186.5	53.6	8.4	17.7	26.0	33.7	17.0	50.3	60.0	33.5	768.4
2019	146.0	185.5	111.5	19.0	25.7	8.5	13.5	0.0	18.5	24.3	88.0	150.7	791.2
2020	104.2	176.1	179.8	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0	16.0	11.5	16.5	142.0	661.4
2021	175.0	125.1	179.2	72.5	18.0	0.0	9.0	4.0	21.5	38.6	52.5	41.5	736.9
2022	100.5	98.7	112.5	26.5	8.0	2.0	0.0	2.0	9.5	8.0	15.5	64.0	447.2
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	141.2	142.6	133.6	48.3	15.3	4.6	8.0	17.2	15.4	39.6	45.9	99.7	711.5
Desv. Est	52.8	51.0	43.5	29.1	9.4	5.9	7.8	21.4	9.9	18.4	26.4	43.8	156.6
Max	228.2	239.0	194.2	118.1	38.0	17.7	26.0	74.5	35.2	78.6	107.1	194.0	967.7
Min	43.1	52.3	48.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	8.0	3.0	33.5	447.2

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CÓDIGO	CHONTACA : 010			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : ACOCRO				LATITUD : 13° 17' 44" S LONGITUD : 74° 01' 33" W ALTITUD : 3497 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	89.3	175.8	174.7	120.6	13.4	0.1	0.0	39.3	15.5	44.7	35.9	136.8	846.1
2004	75.3	100.9	37.3	15.3	4.4	5.7	23.9	9.0	31.8	25.5	26.6	95.0	450.7
2005	83.7	84.3	66.5	10.9	0.0	0.0	9.2	2.5	28.0	59.2	36.2	129.8	510.3
2006	124.1	153.7	121.9	46.6	1.8	4.5	0.0	9.8	16.4	83.8	85.5	87.4	735.5
2007	89.5	59.9	132.4	55.5	5.8	1.2	15.9	2.7	9.5	67.0	52.5	98.0	589.9
2008	163.6	123.6	100.6	40.1	17.7	6.2	0.0	6.0	15.8	59.6	38.0	53.6	624.8
2009	82.3	120.0	80.5	55.8	23.9	0.0	11.9	6.0	9.4	27.0	85.4	129.6	631.8
2010	174.7	88.7	112.0	34.6	6.4	0.0	2.1	19.2	8.0	31.7	18.5	116.1	612.0
2011	159.9	253.7	123.9	71.3	14.6	5.8	7.5	2.1	36.5	23.0	92.4	100.2	890.9
2012	144.6	205.3	101.3	73.9	6.7	20.2	5.2	6.4	18.0	45.5	43.0	183.7	853.8
2013	137.3	135.2	86.6	7.0	31.2	9.1	20.8	34.7	2.1	67.4	33.2	130.5	695.1
2014	225.8	110.8	172.9	46.7	44.1	0.0	21.3	0.0	35.7	85.3	0.0	0.0	742.6
2015	130.7	145.3	100.1	61.9	54.0	18.4	23.0	50.7	36.2	55.5	52.5	149.7	878.0
2016	66.6	156.2	30.9	44.9	39.2	0.5	9.2	2.2	8.8	38.1	32.3	87.5	516.4
2017	149.1	183.0	133.3	85.1	49.0	9.2	17.1	5.3	24.7	49.6	58.0	56.1	819.5
2018	189.2	100.2	99.4	80.2	17.5	22.3	38.2	1.4	11.5	34.4	75.9	174.9	844.9
2019	174.6	184.5	179.6	126.9	40.4	2.6	18.2	5.8	32.0	80.9	31.1	23.6	899.9
2020	158.0	184.6	110.3	84.6	12.6	0.0	3.5	0.9	20.0	46.4	47.2	175.1	843.2
2021	140.7	238.9	155.2	33.4	10.0	20.4	37.2	17.1	23.3	71.4	32.9	162.8	943.1
2022	145.7	113.1	132.2	51.7	28.9	18.3	1.7	5.3	28.2	32.5	37.1	151.7	746.4
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	135.2	145.9	112.6	57.3	21.1	7.2	13.3	11.3	20.6	51.4	45.7	112.1	733.7
Desv. Est	42.7	52.0	41.0	32.1	16.8	8.1	11.7	14.2	10.7	19.9	23.8	50.8	147.3
Max	225.8	253.7	179.6	126.9	54.0	22.3	38.2	50.7	36.5	85.3	92.4	183.7	943.1
Min	66.6	59.9	30.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	23.0	0.0	0.0	450.7

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CODIGO	CUCHOQUESERA : 007			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : CANGALLO DISTRITO : CHUSCHI				LATITUD : 13°25'50,22"S LONGITUD : 74°20'32,42"W ALTITUD : 3740 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	172.3	141.5	143.7	53.9	16.5	0.0	1.3	29.9	23.6	45.4	55.7	128.6	812.4
2004	50.8	147.8	134.7	29.8	5.2	20.0	12.8	16.2	54.4	28.2	49.1	149.2	698.2
2005	129.1	77.2	140.4	40.2	0.0	0.0	13.0	12.6	51.6	64.5	24.3	129.5	682.4
2006	209.2	160.9	197.2	60.6	4.2	8.2	4.0	20.4	10.6	83.8	36.9	127.4	923.5
2007	136.6	104.5	229.1	71.8	7.7	0.0	7.3	10.1	28.2	58.0	37.8	107.5	798.6
2008	230.8	181.6	153.1	16.6	19.1	10.2	2.6	0.8	18.4	40.6	26.8	78.2	778.8
2009	137.8	143.6	68.3	60.3	22.3	2.5	33.0	12.1	24.6	40.3	91.5	88.2	724.6
2010	207.1	140.7	115.9	51.8	8.1	0.4	5.4	4.4	21.0	29.2	10.5	82.3	676.8
2011	225.9	275.2	124.4	88.3	4.5	2.5	12.4	8.4	27.1	54.3	70.2	118.8	1012.0
2012	121.9	210.1	123.5	105.3	5.0	4.6	1.2	0.3	7.5	34.3	50.8	156.0	820.5
2013	221.7	148.4	122.4	11.8	44.0	0.7	17.7	35.1	9.1	36.6	51.5	189.6	888.6
2014	168.7	178.9	151.0	46.5	25.6	6.0	30.1	17.6	79.7	64.8	42.4	93.2	904.5
2015	187.1	166.7	110.2	29.7	45.5	0.1	12.3	21.2	80.8	29.9	35.3	138.6	857.3
2016	46.4	199.9	71.4	62.7	10.3	15.7	18.6	13.4	33.4	20.1	8.4	127.0	627.3
2017	237.5	214.3	140.4	72.4	59.6	0.0	2.8	7.0	50.3	102.8	46.8	67.9	1001.8
2018	159.8	135.4	225.5	72.6	47.3	15.9	11.5	12.6	41.0	44.1	66.5	167.9	1000.0
2019	144.6	112.4	190.2	85.3	9.0	19.5	5.2	1.7	23.1	24.5	26.8	106.5	748.7
2020	159.2	210.1	43.1	91.5	22.8	0.0	4.3	22.6	57.4	70.6	65.9	153.4	900.8
2021	143.9	190.3	127.0	43.5	31.6	0.6	10.7	29.8	13.2	35.0	52.5	88.6	766.7
2022	127.4	176.2	173.8	51.1	22.1	1.9	15.9	1.8	81.2	41.4	18.8	139.9	851.4
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	160.9	165.8	139.3	57.3	20.5	5.4	11.1	13.9	36.8	47.4	43.4	121.9	823.7
Desv. Est	53.6	44.9	48.2	25.0	17.1	7.0	8.9	10.2	24.1	21.2	21.1	32.7	113.4
Max	237.5	275.2	229.1	105.3	59.6	20.0	33.0	35.1	81.2	102.8	91.5	189.6	1012.0
Min	46.4	77.2	43.1	11.8	0.0	0.0	1.2	0.3	7.5	20.1	8.4	67.9	627.3

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CÓDIGO	ALLPACHACA : 008			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : CHIARA				LATITUD : 13° 23' 29.82" S LONGITUD : 74° 16' 7.86" W ALTITUD : 3550 msnm.					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	124.2	141.5	176.0	55.3	20.2	0.0	2.0	23.6	23.6	17.4	31.1	156.3	771.2
2004	95.4	176.5	123.5	36.8	7.2	18.7	37.7	12.9	7.7	11.9	51.4	183.7	763.3
2005	108.5	72.3	178.2	22.0	5.9	0.0	13.4	24.1	40.8	50.0	34.0	155.9	705.1
2006	138.0	115.6	118.7	72.3	0.0	5.4	0.0	32.1	13.5	85.4	124.2	113.4	818.6
2007	95.8	132.4	137.2	46.4	23.2	0.0	6.9	0.0	11.1	50.8	30.6	149.9	684.3
2008	140.0	173.6	132.3	15.0	30.7	8.2	1.4	1.5	31.1	64.7	39.3	76.5	714.3
2009	130.4	215.4	91.5	90.4	12.0	0.0	18.2	9.2	2.6	57.1	120.1	113.2	860.1
2010	255.0	148.1	108.3	39.0	15.5	0.4	5.9	8.0	25.3	31.9	16.0	136.9	790.3
2011	249.6	205.1	155.0	132.0	14.4	0.0	15.2	2.2	30.0	31.7	74.9	96.4	1006.5
2012	113.3	195.4	119.4	124.9	3.0	13.3	3.2	0.0	10.6	58.7	46.3	212.2	900.3
2013	123.2	113.5	112.3	21.5	42.1	2.0	29.3	32.8	3.8	62.2	52.3	162.3	757.3
2014	165.1	102.2	135.6	62.0	26.8	18.0	13.0	10.5	57.1	37.3	32.5	94.9	755.0
2015	130.6	105.8	130.9	65.8	36.5	13.0	46.0	48.4	0.0	45.8	53.4	113.0	789.2
2016	28.0	156.5	69.2	39.5	8.8	12.0	15.0	3.2	8.2	37.9	14.0	100.0	492.3
2017	212.5	239.1	157.8	108.5	37.3	9.3	16.5	9.0	47.0	105.6	44.0	50.3	1036.9
2018	61.3	120.2	147.9	88.6	15.5	31.7	23.5	48.3	13.0	54.0	42.6	55.1	701.7
2019	100.4	202.3	104.8	51.2	6.3	6.2	32.0	0.0	20.1	70.9	107.3	208.2	909.7
2020	89.4	131.8	143.4	17.4	25.5	0.0	0.0	3.2	31.8	21.8	7.0	130.3	601.6
2021	184.0	85.8	144.8	118.9	30.4	4.0	0.0	0.0	17.5	46.6	75.7	89.9	797.6
2022	145.5	144.4	156.7	47.0	32.3	16.1	0.0	5.6	15.7	10.8	17.7	103.4	695.2
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	134.5	148.9	132.2	62.7	19.7	7.9	14.0	13.7	20.5	47.6	50.7	125.1	777.5
Desv. Est	57.0	45.8	27.3	36.7	12.6	8.6	13.7	15.8	15.3	24.1	33.9	45.5	126.8
Max	255.0	239.1	178.2	132.0	42.1	31.7	46.0	48.4	57.1	105.6	124.2	212.2	1036.9
Min	28.0	72.3	69.2	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	7.0	50.3	492.3

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CÓDIGO	PAMPA CANGALL : 004			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : CANGALLO DISTRITO : LOS MOROCHUCOS				LATITUD : 13°33'19" S LONGITUD : 74°11'04" W ALTITUD : 3375 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	155.3	131.4	136.8	52.2	9.5	0.0	0.0	18.5	37.4	40.4	53.8	135.8	771.1
2004	56.8	170.5	131.1	27.3	2.8	9.8	10.9	8.4	37.1	44.1	69.7	119.9	688.4
2005	80.9	67.1	120.8	38.6	0.1	0.0	4.1	34.4	43.9	43.0	29.3	118.5	580.7
2006	220.6	124.3	171.5	41.3	2.1	3.3	0.0	22.8	33.0	37.0	57.0	46.0	758.9
2007	78.7	87.7	169.6	73.2	10.5	0.5	4.7	2.4	32.6	46.6	54.7	128.3	689.5
2008	190.6	175.2	92.1	27.8	6.9	4.8	0.0	3.9	13.1	33.5	66.0	98.7	712.6
2009	111.3	118.2	141.7	57.4	0.2	0.0	15.8	0.0	11.3	38.5	100.0	102.7	697.1
2010	258.6	136.5	107.3	31.7	2.9	0.0	0.0	3.3	14.0	36.5	23.6	170.2	784.6
2011	270.4	240.2	124.5	90.1	8.0	0.0	13.3	4.4	34.5	34.5	89.3	89.5	998.7
2012	114.0	230.5	165.8	73.7	5.7	13.2	3.1	1.2	21.2	23.4	14.2	103.2	769.2
2013	124.3	172.9	126.9	2.5	19.6	11.6	0.0	0.0	5.6	56.4	44.8	155.7	720.3
2014	167.2	159.4	128.4	42.6	16.6	7.8	20.7	14.8	59.1	59.8	48.0	108.3	832.6
2015	206.9	119.9	181.0	40.8	25.7	2.1	14.1	23.8	2.7	32.5	39.7	92.3	781.5
2016	47.8	135.2	99.3	35.7	6.3	13.5	10.7	8.2	15.9	14.4	14.8	55.0	456.8
2017	260.2	238.4	146.6	93.6	16.9	7.8	12.0	9.2	27.9	0.0	68.2	59.3	940.1
2018	167.6	120.1	143.0	60.8	2.6	0.0	0.2	18.4	40.4	49.4	77.6	166.4	846.5
2019	240.8	174.4	133.0	62.5	7.0	8.7	27.3	5.8	9.1	52.3	77.6	100.6	899.2
2020	259.5	134.4	108.4	40.3	0.5	0.1	1.1	4.5	36.9	0.0	91.6	133.4	810.7
2021	66.8	110.6	175.6	73.0	20.6	13.6	28.7	5.1	31.8	41.3	37.3	132.8	737.2
2022	136.8	155.3	175.9	25.9	3.1	2.5	0.2	1.3	22.9	58.4	42.7	119.3	744.5
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	160.8	150.1	139.0	49.6	8.4	5.0	8.3	9.5	26.5	37.1	55.0	111.8	761.0
Desv. Est	74.8	46.7	27.0	23.3	7.6	5.2	9.3	9.5	14.7	16.9	25.0	33.9	118.8
Max	270.4	240.2	181.0	93.6	25.7	13.6	28.7	34.4	59.1	59.8	100.0	170.2	998.7
Min	47.8	67.1	92.1	2.5	0.1	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	14.2	46.0	456.8

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA SUB GERENCIA DE OBRAS RED HIDROMETEOROLÓGICA													
ESTACIÓN CÓDIGO	SACHABAMBA : 003			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : CHIARA				LATITUD : 13° 27' 38" S LONGITUD : 74° 06' 02" W ALTITUD : 3544 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	178.5	204.4	274.4	89.0	9.9	0.0	0.0	28.1	44.6	24.7	40.5	183.3	1077.4
2004	102.9	199.7	104.6	38.7	10.4	10.2	12.7	17.2	67.0	19.0	68.5	209.4	860.3
2005	143.7	67.6	160.5	50.1	5.7	0.0	16.3	11.9	39.7	86.6	39.8	206.5	828.4
2006	223.4	163.2	215.4	68.8	0.0	8.6	0.0	31.2	23.7	98.3	90.6	112.2	1035.4
2007	177.7	113.7	176.9	75.8	11.3	0.0	9.1	5.3	40.6	51.3	74.0	158.1	893.8
2008	270.6	251.8	136.0	29.9	10.7	18.4	9.8	5.4	38.6	79.2	68.9	74.5	993.7
2009	206.6	214.8	128.1	111.6	8.0	0.0	23.9	11.3	8.3	41.1	80.2	233.9	1067.8
2010	302.4	96.2	129.0	109.8	18.4	0.0	0.0	15.4	49.5	48.1	35.1	248.6	1052.4
2011	274.1	151.7	211.6	132.5	13.8	0.0	12.8	3.3	81.0	31.1	81.2	170.8	1163.9
2012	196.9	293.1	178.5	123.2	12.9	16.3	2.3	1.1	15.6	47.3	84.6	277.0	1248.8
2013	170.4	216.0	166.2	20.9	34.6	14.1	25.4	0.0	11.2	50.3	50.1	217.9	977.1
2014	243.3	184.0	135.4	72.3	49.5	0.0	12.7	13.6	88.3	116.5	67.6	151.5	1134.7
2015	199.4	106.2	153.1	76.6	29.5	15.1	14.6	26.8	10.6	14.2	59.9	55.7	761.7
2016	107.4	106.2	165.3	76.6	29.5	0.0	0.0	5.2	9.5	65.4	54.7	70.3	690.1
2017	259.1	188.3	251.5	109.4	0.0	1.0	17.4	3.6	46.5	0.0	69.3	144.7	1090.8
2018	187.9	214.0	156.9	48.6	32.1	24.2	33.5	22.0	38.3	94.4	53.0	106.9	1011.8
2019	143.6	202.7	192.5	87.0	34.1	20.8	30.6	6.0	30.3	77.9	61.0	236.3	1122.8
2020	230.4	191.9	126.1	84.2	34.3	0.6	36.9	2.2	9.5	37.1	39.0	166.5	958.7
2021	191.3	154.8	203.7	18.0	52.6	6.3	0.2	13.7	83.8	92.9	79.1	192.5	1088.9
2022	240.7	179.6	198.9	77.2	7.4	5.2	5.2	16.5	103.4	24.9	53.0	219.5	1131.5
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	202.5	175.0	173.2	75.0	20.2	7.0	13.2	12.0	42.0	55.0	62.5	171.8	1009.5
Desv. Est	54.2	56.0	43.7	33.0	15.6	8.3	11.8	9.4	29.3	32.4	16.5	62.8	142.1
Max	302.4	293.1	274.4	132.5	52.6	24.2	36.9	31.2	103.4	116.5	90.6	277.0	1248.8
Min	102.9	67.6	104.6	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	35.1	55.7	690.1

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)													
ESTACIÓN CÓDIGO	HUANCAPI : 113022			DEPARTAMENTO : AYACUCHO PROVINCIA : VICTOR FAJARDO DISTRITO : HUANCAPI				LATITUD : 13°44'56.4" S LONGITUD : 74°45.2" W ALTITUD : 3117 msnm.					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	170.7	155.3	161.2	66.1	18.5	0.0	7.0	30.2	21.3	41.0	37.3	106.9	815.5
2004	65.9	146.2	125.8	26.7	0.0	31.2	15.7	16.4	29.2	41.8	41.9	157.2	698.0
2005	50.7	69.9	109.4	49.8	9.4	0.0	5.0	21.9	58.3	50.6	21.5	122.8	569.3
2006	224.2	144.8	135.4	69.0	0.0	17.4	0.0	33.9	11.0	34.2	78.0	128.8	876.7
2007	90.2	143.9	177.5	91.7	7.8	0.6	0.0	14.0	33.4	30.8	40.7	187.2	817.8
2008	230.0	146.7	95.9	15.4	2.6	5.0	0.0	3.8	0.6	33.5	31.1	136.8	701.4
2009	149.9	168.6	159.9	53.8	10.8	0.0	25.1	3.4	11.7	57.4	60.5	129.5	830.6
2010	254.2	199.1	135.3	66.6	11.4	0.0	0.0	0.6	19.0	41.6	26.0	176.2	930.0
2011	101.0	137.0	157.5	108.0	11.3	0.0	25.6	4.4	36.5	39.0	55.7	139.0	814.9
2012	145.0	147.5	194.5	85.6	4.0	10.7	6.3	2.5	18.4	18.7	33.6	204.4	871.2
2013	163.1	129.6	104.3	8.9	20.7	15.8	17.0	37.0	7.9	39.1	46.4	127.1	716.9
2014	212.8	133.1	126.5	31.1	17.0	0.0	16.2	15.3	46.9	42.4	23.0	71.2	735.5
2015	145.7	156.4	117.8	50.8	12.9	0.0	15.7	2.9	2.5	8.7	36.6	172.5	722.5
2016	152.0	174.9	178.2	85.6	16.1	0.7	12.0	8.4	35.0	62.7	45.8	90.0	861.4
2017	278.3	222.5	157.4	63.0	29.1	10.6	9.9	5.2	30.9	47.2	41.2	54.5	949.8
2018	190.5	154.1	176.9	41.5	3.0	29.3	33.2	37.4	16.0	35.0	26.2	83.5	826.6
2019	164.0	160.5	101.3	22.1	14.1	15.8	20.2	0.0	9.3	58.6	75.1	229.2	870.2
2020	76.4	134.3	39.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	38.6	310.8
2021	255.4	189.9	141.8	74.1	2.7	0.0	2.9	0.3	4.7	30.3	29.1	176.5	907.6
2022	176.5	158.5	112.5	34.7	1.1	1.9	0.0	2.2	5.4	19.9	17.2	120.1	650.0
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	164.8	153.6	135.4	52.2	9.6	7.0	10.6	12.0	19.9	36.6	39.4	132.6	773.8
Desv. Est	65.4	30.7	36.7	29.5	8.1	10.1	10.2	13.2	16.3	15.9	17.1	50.0	147.2
Max	278.3	222.5	194.5	108.0	29.1	31.2	33.2	37.4	58.3	62.7	78.0	229.2	949.8
Min	50.7	69.9	39.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2	38.6	310.8

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

	REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA												
	SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
	REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)												
													
ESTACION CÓDIGO	VILCASHUAMAN : 113100	DEPARTAMENTO : AYACUCHO			LATITUD : 13°40'7.7" S			LONGITUD : 73°57'8.6" W			ALTITUD : 3518 msnm.		
		PROVINCIA : VILCASHUAMAN											
		DISTRITO : VILCASHUAMAN											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	98.2	149.7	137.5	42.1	2.7	0.0	0.0	14.5	34.5	40.5	27.6	151.0	698.3
2004	85.7	199.4	95.8	49.5	8.6	10.3	13.6	12.4	18.2	32.1	28.7	174.3	728.6
2005	103.8	80.2	184.9	24.4	28.7	0.0	1.9	20.4	47.7	42.9	45.3	127.9	708.1
2006	242.2	148.4	149.8	54.8	2.9	13.4	0.0	32.4	14.8	42.5	110.9	103.8	915.9
2007	126.2	99.5	158.7	39.7	4.4	0.0	14.1	10.0	17.2	35.4	88.9	141.7	735.8
2008	201.1	162.4	102.3	10.2	5.5	7.1	0.0	2.1	5.6	23.6	42.4	113.0	675.3
2009	150.4	183.7	104.3	58.0	3.5	2.0	22.8	2.1	3.4	46.5	122.5	127.6	826.8
2010	219.9	182.0	72.4	45.9	23.7	0.0	0.0	25.6	10.8	39.7	26.1	128.9	775.0
2011	259.1	230.5	180.3	62.6	10.4	0.0	8.1	0.0	43.6	43.5	42.6	87.9	968.6
2012	143.2	250.0	150.0	64.3	0.0	5.4	2.3	3.8	35.0	18.3	28.1	210.5	910.9
2013	177.9	152.3	134.6	17.7	18.8	13.5	5.5	39.2	5.6	29.1	30.7	168.4	793.3
2014	235.6	129.7	161.8	27.8	10.8	0.0	25.1	2.5	60.3	46.2	39.6	87.5	826.9
2015	158.9	150.3	104.5	31.6	0.0	0.7	2.0	32.3	11.2	63.0	90.5	107.4	752.3
2016	118.6	123.3	163.9	56.8	6.3	9.3	40.2	19.1	17.1	39.8	74.2	124.1	792.7
2017	259.0	203.6	121.7	78.5	40.7	4.0	11.2	0.7	30.8	50.2	53.5	100.7	954.6
2018	214.1	193.3	165.4	30.8	1.2	22.2	18.0	21.3	11.5	33.3	14.8	77.3	803.2
2019	190.5	191.5	128.5	43.1	7.3	0.0	10.1	0.0	9.5	58.6	111.0	168.7	918.8
2020	62.8	190.0	119.4	14.4	17.6	1.2	0.0	19.2	10.0	16.1	0.0	166.2	616.9
2021	267.3	187.9	97.2	53.4	19.7	0.4	28.8	1.0	10.9	55.5	62.2	123.8	908.0
2022	252.7	192.1	104.9	45.6	1.7	12.4	0.0	2.0	16.1	21.6	14.6	123.4	787.2
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	178.4	170.0	131.9	42.6	10.7	5.1	10.2	13.0	20.7	38.9	52.7	130.7	804.9
Desv. Est	64.9	41.7	31.6	18.1	10.9	6.4	11.6	12.5	15.8	13.0	35.6	34.1	98.7
Max	267.3	250.0	184.9	78.5	40.7	22.2	40.2	39.2	60.3	63.0	122.5	210.5	968.6
Min	62.8	80.2	72.4	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	16.1	0.0	77.3	616.9

	REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA												
	SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
	REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)												
													
ESTACIÓN CÓDIGO	CHILCAYOC : 113101	DEPARTAMENTO : AYACUCHO			LATITUD : 13°52'58.72" S			LONGITUD : 73°43'36.48" W			ALTITUD : 3395 msnm.		
		PROVINCIA : SUCRE											
		DISTRITO : CHILCAYOC											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	131.0	193.0	193.1	69.0	8.3	2.2	1.1	26.4	19.3	50.1	55.5	197.8	946.8
2004	93.8	180.8	114.8	39.7	12.9	20.8	38.2	20.0	22.3	37.8	30.1	138.2	749.4
2005	111.9	84.2	100.4	45.1	8.2	0.0	3.5	6.1	56.3	81.6	90.6	198.2	786.1
2006	253.4	146.3	184.1	72.8	4.6	7.7	9.5	53.7	53.3	63.1	96.7	121.9	1067.1
2007	135.2	190.4	202.0	85.2	4.6	0.0	12.0	9.8	35.4	50.5	75.6	187.7	988.4
2008	248.9	165.3	113.4	16.9	9.0	1.9	0.0	0.0	5.7	55.0	44.7	79.3	740.1
2009	180.9	210.5	154.4	90.0	6.9	3.5	28.1	4.6	25.6	58.9	92.9	136.3	992.6
2010	231.3	152.6	108.1	57.1	8.3	0.0	3.5	5.1	24.8	98.5	34.0	171.0	894.3
2011	298.0	268.3	148.2	88.7	3.7	2.1	19.1	7.6	56.8	50.5	74.4	114.5	1131.9
2012	104.5	277.6	165.7	113.1	7.4	3.2	22.2	1.4	42.9	76.4	67.5	265.0	1146.9
2013	145.3	199.7	159.7	10.1	34.5	18.9	9.6	54.1	14.2	40.7	74.5	137.9	899.2
2014	243.4	121.5	113.3	39.0	41.4	0.0	20.8	4.2	69.7	70.8	40.1	100.0	864.2
2015	192.8	166.9	161.0	72.8	14.9	0.3	0.7	14.9	42.2	30.6	45.7	128.4	871.2
2016	184.1	237.2	81.9	49.0	13.4	13.6	17.9	10.3	26.5	32.6	47.3	96.3	810.1
2017	246.6	253.4	238.0	59.2	40.6	2.7	5.2	2.8	51.8	52.4	49.9	117.9	1120.5
2018	200.1	146.3	145.3	54.4	5.3	47.1	35.1	25.8	14.5	79.6	55.6	117.5	926.6
2019	190.5	231.7	163.7	29.9	29.9	3.6	16.6	0.0	13.6	50.5	138.4	193.8	1062.2
2020	106.3	227.4	169.4	13.4	44.3	3.9	0.0	8.8	21.0	83.1	8.6	181.3	867.5
2021	241.2	153.0	173.2	75.2	11.8	3.3	50.6	55.3	36.9	58.2	75.1	145.2	1079.1
2022	175.4	212.8	130.6	48.9	0.8	4.0	0.0	0.8	22.0	72.7	9.6	162.3	839.9
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	185.7	190.9	151.0	56.5	15.5	6.9	14.7	15.6	32.7	59.7	60.3	149.5	939.2
Desv. Est	59.7	50.2	38.5	27.5	14.1	11.2	14.5	18.4	17.7	18.3	31.1	44.9	128.6
Max	298.0	277.6	238.0	113.1	44.3	47.1	50.6	55.3	69.7	98.5	138.4	265.0	1146.9
Min	93.8	84.2	81.9	10.1	0.8	0.0	0.0	0.0	5.7	30.6	8.6	79.3	740.1

PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)



ESTACIÓN
CÓDIGO

HUANCASANCOS
: 100055

DEPARTAMENTO : AYACUCHO
PROVINCIA : HUANCA SANCOS
DISTRITO : SANCOS

LATITUD : 13° 55' 1" S
LONGITUD : 74° 20' 1" W
ALTITUD : 3440 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	146.7	155.0	122.3	83.2	12.8	0.0	2.2	19.4	1.9	37.8	12.8	156.8	750.9
2004	68.4	135.5	119.5	66.4	0.8	9.3	12.3	16.5	22.5	25.1	29.5	157.1	662.9
2005	105.0	77.8	146.3	38.5	4.2	0.0	15.5	1.7	64.5	5.5	50.8	165.6	675.4
2006	159.0	125.8	125.9	75.9	0.0	6.4	0.0	8.7	17.6	15.7	46.0	133.5	714.4
2007	87.9	123.7	198.6	82.5	11.9	3.5	0.0	0.0	15.6	35.6	14.2	121.1	694.6
2008	162.2	159.8	70.7	13.9	2.9	6.7	1.5	3.6	9.1	42.4	30.1	96.0	598.9
2009	90.6	236.6	110.2	54.7	8.6	0.0	18.1	0.0	14.0	46.1	31.7	75.9	686.5
2010	161.4	169.7	90.3	31.9	8.5	4.1	0.0	4.0	54.4	49.3	11.5	136.5	721.6
2011	173.2	169.8	164.0	92.4	6.5	2.6	8.6	0.8	27.9	4.5	32.5	143.6	826.4
2012	121.9	232.3	169.2	76.3	5.9	7.3	2.5	0.0	0.0	22.2	0.0	144.3	781.9
2013	110.3	201.2	124.9	3.6	2.7	11.7	4.0	13.0	30.7	27.6	31.2	117.5	678.4
2014	181.7	60.6	122.5	54.9	2.7	5.8	4.8	13.9	33.0	71.7	22.2	102.6	676.4
2015	104.3	127.9	122.6	36.8	11.2	2.0	2.0	10.8	32.0	39.1	54.7	66.8	610.2
2016	30.8	117.8	70.9	74.9	4.6	0.4	10.2	14.6	33.2	52.7	27.0	166.2	603.2
2017	97.8	101.3	148.9	27.4	9.8	4.8	11.8	4.0	25.9	27.8	25.5	12.0	497.0
2018	155.4	109.7	155.6	40.6	3.2	19.8	13.8	18.1	2.0	33.7	12.9	51.7	616.5
2019	143.7	178.2	79.3	64.0	1.7	16.0	12.7	0.0	2.6	16.9	67.5	150.6	733.2
2020	110.5	169.3	51.1	30.6	0.2	7.4	2.6	0.0	12.2	31.4	14.7	111.9	541.8
2021	158.7	114.4	142.8	84.9	14.8	5.0	1.4	1.7	22.3	56.6	58.5	166.6	827.7
2022	13.7	129.0	189.6	46.7	0.6	17.7	0.0	1.5	0.2	58.0	46.8	164.8	668.7
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	119.2	144.8	126.3	54.0	5.7	6.5	6.2	6.6	21.1	35.0	31.0	122.1	678.3
Desv. Est	46.2	46.1	39.9	25.6	4.6	5.8	6.0	7.0	17.5	17.7	18.1	43.3	85.5
Max	181.7	236.6	198.6	92.4	14.8	19.8	18.1	19.4	64.5	71.7	67.5	166.6	827.7
Min	13.7	60.6	51.1	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	12.0	497.0



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)



ESTACIÓN
CÓDIGO

PAUCARAY
: 114044

DEPARTAMENTO : AYACUCHO
PROVINCIA : SUCRE
DISTRITO : SANTIAGO DE PAUCARAY

LATITUD : 14°2'38.03" S
LONGITUD : 73°38'19.03" W
ALTITUD : 3232 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	120.0	152.1	149.8	53.1	6.6	0.0	2.8	27.7	22.3	59.9	44.8	134.5	773.6
2004	91.0	187.2	117.9	26.8	2.6	25.2	25.9	16.4	41.2	26.5	23.3	163.6	747.6
2005	106.9	139.1	135.8	53.7	13.6	0.0	0.3	7.7	41.8	40.9	8.5	234.2	782.5
2006	242.6	145.9	116.2	71.5	0.0	6.4	0.0	27.9	6.9	17.4	18.8	99.9	753.5
2007	115.9	127.7	180.3	144.3	4.7	0.0	1.5	21.6	19.2	40.0	72.6	144.0	871.8
2008	190.8	168.8	86.1	34.0	0.0	4.1	0.0	0.4	42.8	83.2	18.2	74.7	703.1
2009	174.7	201.7	139.2	49.5	4.3	0.0	16.6	6.6	18.8	61.5	95.8	45.7	814.4
2010	95.6	144.6	90.9	66.7	7.6	0.0	0.0	6.9	32.7	17.3	34.9	98.6	595.8
2011	270.4	198.9	148.7	69.5	13.0	5.7	21.5	15.2	19.4	6.1	66.3	74.6	909.3
2012	121.0	250.6	134.8	99.6	0.0	18.2	13.8	1.0	31.7	27.9	17.6	190.1	906.3
2013	135.3	141.3	106.4	25.2	29.3	15.5	10.3	40.3	0.0	25.7	30.5	156.4	716.2
2014	159.0	115.4	147.9	66.9	14.4	0.0	30.3	9.8	54.5	65.6	28.7	81.7	774.2
2015	122.3	157.6	174.6	49.7	30.0	1.6	5.0	18.0	17.7	27.7	46.9	137.5	788.6
2016	262.4	129.8	156.8	34.8	14.2	10.5	5.4	32.7	5.6	6.4	38.1	87.9	784.5
2017	258.4	209.2	174.5	50.1	18.0	18.8	5.5	3.2	28.6	60.5	71.6	132.6	1031.0
2018	153.0	129.7	148.1	43.1	1.3	31.6	28.9	28.0	8.1	37.4	39.4	78.9	727.5
2019	185.3	179.5	150.6	30.3	9.7	4.4	20.5	0.0	17.8	46.5	75.2	147.7	867.5
2020	106.4	224.7	33.5	19.4	0.2	2.6	3.8	7.3	10.7	98.2	15.2	140.8	662.8
2021	208.5	147.2	181.1	75.0	12.0	5.3	3.6	11.0	30.0	66.7	95.7	94.2	930.3
2022	195.1	160.5	134.7	20.7	0.6	4.6	0.0	4.9	4.2	0.5	15.3	121.0	662.1
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	165.7	165.6	135.4	54.2	9.1	7.7	9.8	14.3	22.7	40.8	42.9	121.9	790.1
Desv. Est	58.8	36.2	36.2	29.8	9.1	9.3	10.5	11.8	14.9	26.6	27.4	45.3	105.1
Max	270.4	250.6	181.1	144.3	30.0	31.6	30.3	40.3	54.5	98.2	95.8	234.2	1031.0
Min	91.0	115.4	33.5	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	8.5	45.7	595.8

[illegible]



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)



ESTACIÓN

CÓDIGO

LUCANAS

: 114072

DEPARTAMENTO

PROVINCIA

DISTRITO

: AYACUCHO

: LUCANAS

: LUCANAS

LATITUD

LONGITUD

ALTITUD

: 14°37'13.39" S

: 74°13'58" W

: 3350 msnm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	80.4	135.8	100.5	28.9	15.5	0.0	3.8	0.0	0.0	7.1	0.2	98.4	470.6
2004	58.2	148.1	78.1	47.9	0.0	1.6	19.5	4.2	3.5	3.2	11.0	54.9	430.2
2005	60.4	88.1	66.4	33.0	0.0	0.0	0.0	6.2	19.5	1.8	3.5	130.6	409.5
2006	149.6	222.0	121.6	41.0	0.0	1.2	0.0	5.9	5.2	0.0	9.8	16.8	573.1
2007	104.4	143.2	181.3	44.9	6.4	6.0	0.0	0.0	3.6	4.3	17.1	39.8	551.0
2008	296.6	158.2	143.5	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	36.1	665.5
2009	125.8	275.6	164.0	38.9	1.3	0.0	7.0	0.0	1.9	16.4	11.0	52.0	693.9
2010	163.4	203.0	116.4	57.0	2.2	0.0	0.0	0.0	3.3	10.2	0.0	109.1	664.6
2011	204.1	251.0	77.6	88.2	18.1	0.0	21.8	0.0	3.0	0.0	0.3	137.2	801.3
2012	103.5	243.3	247.3	53.7	8.6	0.0	0.0	10.2	6.0	34.4	20.7	50.7	778.5
2013	115.4	304.7	204.0	10.9	27.5	15.4	11.4	8.3	1.2	37.1	16.1	39.2	791.3
2014	136.7	35.2	204.7	65.7	0.0	0.1	11.8	0.0	0.5	40.5	12.9	50.4	558.5
2015	261.1	280.1	318.6	38.2	8.4	3.6	0.0	0.1	4.8	20.6	30.8	47.2	1013.5
2016	20.6	193.7	186.0	110.8	1.0	0.5	4.2	2.6	2.1	20.2	7.6	63.6	612.9
2017	221.7	313.1	292.8	75.5	23.4	2.2	2.9	0.1	18.4	26.3	29.4	97.2	1103.0
2018	213.4	131.5	287.6	89.1	3.8	0.1	20.0	15.2	0.0	4.3	7.9	22.9	795.8
2019	211.9	323.4	308.5	107.2	43.4	0.8	1.1	1.6	17.6	27.7	19.4	56.6	1119.1
2020	223.8	294.0	289.1	102.4	21.7	12.7	0.0	0.0	17.4	7.3	1.0	154.5	1123.9
2021	204.3	171.5	216.5	52.9	18.1	7.7	0.2	0.0	2.4	0.3	1.4	84.3	759.5
2022	188.6	186.6	201.1	47.3	0.0	0.0	0.6	0.2	15.0	0.0	10.7	94.0	744.1
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	157.2	205.1	190.3	58.1	10.0	2.6	5.2	2.7	6.3	13.2	10.5	71.8	733.0
Desv. Est	73.6	80.0	81.6	28.5	12.1	4.5	7.5	4.3	6.9	13.6	9.5	39.2	219.1
Max	296.6	323.4	318.6	110.8	43.4	15.4	21.8	15.2	19.5	40.5	30.8	154.5	1123.9
Min	20.6	35.2	66.4	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	409.5

Senamhi

LATITUD : 14°14'47.72" S
LONGITUD : 74°55'31.75" W
ALTITUD : 2569 msnm.

[illegible]

LATITUD : 14°41'57.39" S
LONGITUD : 74°7'53.75" W
ALTITUD : 3176 msnm.

[illegible]



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETADA Y EXTENDIDA

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)



ESTACIÓN

CÓDIGO

PAMPAS GALERAS

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : LUCANAS

DISTRITO : LUCANAS

LATITUD : 14°40'9" S

LONGITUD : 74°24'13" W

ALTITUD : 3998 msnm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	174.2	82.4	127.3	64.4	1.2	2.6	12.3	0.0	0.6	0.6	13.4	77.1	556.2
2004	139.3	163.5	190.4	66.4	0.9	0.0	1.1	13.2	0.0	9.3	70.3	33.2	687.6
2005	37.2	106.1	41.8	46.6	2.1	0.3	6.5	0.0	2.7	15.8	0.0	40.2	299.3
2006	60.0	110.4	61.1	30.2	13.1	0.2	7.4	0.0	17.4	13.4	0.0	53.1	366.3
2007	195.0	162.4	217.8	64.5	4.5	0.1	2.0	0.0	0.8	11.0	1.6	75.5	735.2
2008	219.2	68.7	90.4	50.6	1.8	0.0	0.4	0.8	0.1	3.6	7.3	85.3	528.1
2009	64.2	253.1	162.7	37.1	27.5	0.1	0.0	0.0	0.4	8.7	16.9	12.0	582.6
2010	135.2	94.3	139.9	38.0	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0	5.7	0.0	80.6	494.9
2011	198.1	100.4	96.3	42.6	4.0	0.0	15.1	0.0	0.8	0.0	0.3	70.7	528.3
2012	66.8	209.7	244.0	63.5	2.3	0.2	2.6	1.2	0.1	10.5	0.0	91.3	692.3
2013	84.9	179.2	101.9	12.4	24.5	0.0	0.0	0.0	9.9	0.5	1.8	57.4	472.6
2014	87.9	54.9	197.7	52.4	7.3	0.0	0.0	0.0	5.0	18.3	9.6	20.5	453.7
2015	91.7	76.6	165.8	54.6	0.5	0.1	0.1	0.0	5.4	20.3	31.7	66.1	512.9
2016	102.4	222.9	35.7	29.3	2.3	0.1	5.8	0.0	2.7	17.4	0.1	84.0	502.6
2017	132.8	120.5	66.3	40.0	0.6	0.7	0.2	0.6	0.2	0.1	66.1	10.8	438.9
2018	158.9	162.0	104.4	35.6	14.7	15.7	16.9	10.6	0.0	8.3	2.2	10.8	540.1
2019	91.3	57.4	133.2	65.7	26.6	0.2	5.4	0.0	8.2	5.4	28.6	43.6	465.6
2020	164.8	133.8	125.2	52.6	5.4	1.8	0.0	0.0	7.8	22.6	8.2	90.8	613.0
2021	153.4	138.6	193.0	50.6	19.6	0.2	0.2	0.0	21.0	20.0	48.4	39.8	684.8
2022	144.0	112.8	109.8	57.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	4.8	107.0	536.2
N° datos	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Media	125.1	130.5	130.2	47.7	8.0	1.1	3.8	1.4	4.2	9.6	15.6	57.5	534.5
Desv. Est	51.6	55.8	58.7	14.5	9.5	3.5	5.4	3.6	6.1	7.6	22.2	29.8	110.3
Max	219.2	253.1	244.0	66.4	27.5	15.7	16.9	13.2	21.0	22.6	70.3	107.0	735.2
Min	37.2	54.9	35.7	12.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	299.3

[illegible]

LATITUD : 15°0'41" S
LONGITUD : 73°46'45" W
ALTITUD : 3200 msnm.

[illegible]

LATITUD : 15°16'31" S
LONGITUD : 73°20'28" W
ALTITUD : 2489 msnm.

[illegible]

2. REGISRO DE INCIDENCIAS DE SEQUÍAS EN BASE AL REPORTE DE INDECI

REGISTRO DE EVENTOS DE SEQUÍAS SEGÚN INDECI PARA EL PERIODO(2003-2021)

PROVINCIA	DISTRITO	INCIDENCIA	X	Y	Z
CANGALLO	CHUSCHI	8	570146.7	8498209.3	3174.16972
SUCRE	QUEROBAMBA	8	625238.3	8450706	3541.80676
HUANCASANCOS	SANCOS	5	571980.2	8460921	3462.19515
LUCANAS	SANCOS	3	612479.6	8334560.6	2831.33266
CANGALLO	TOTOS	8	551650.4	8500132.1	3357.15539
CANGALLO	CANGALLO	7	592676.4	8493229	2598.09634
VILCASHUAMAN	VISCHONGO	7	608661.5	8497647.5	3181.90389
PARINACOCAS	CHUMPI	6	634528.8	8330994	3243.89265
VICTOR FAJARDO	HUANCAPI	6	600984.8	8479350.4	3136
CANGALLO	LOS MOROCHUCOS	6	587044.8	8501067.9	3356.01521
PAUCAR DEL SARA SARA	PAUSA	6	677637.3	8310006.3	2558.73002
PARINACOCAS	S.F.DE RAVACAYCO	6	676927.9	8341436.8	2891.00988
LA MAR	SAN MIGUEL	6	610566.6	8561260.4	2694.79203
HUANTA	SANTILLANA	6	581072.4	8588712.9	3280.75107
HUAMANGA	ACOCRO	5	603832	8538480.3	3284
VICTOR FAJARDO	ALCAMENCA	5	592265.1	8490089.3	3238.9121
HUAMANGA	AYACUCHO	5	584098.6	8545051.8	2781.74565
HUANTA	AYAHUANCO	5	578073.5	8603397	3636.74469
SUCRE	BELEN	5	634341.2	8473038.3	3244.75412
LUCANAS	CABANA	5	611331.2	8419720.9	3340.80481
VILCASHUAMAN	CARHUANCA	5	630919.1	8480434	3006.58197
LUCANAS	CARMEN SALCEDO	5	611952.6	8409165.3	3490.99285
VICTOR FAJARDO	COLCA	5	604581.4	8483793.8	3001.41921
VILCASHUAMAN	CONCEPCIÓN	5	621738.3	8503718.3	3088.71323
PAUCAR DEL SARA SARA	CORCULLA	5	693270.3	8311796.5	3524.14567
LUCANAS	HUAC-HUAS	5	506076.4	8437884.5	3206.99803
PAUCAR DEL SARA SARA	LAMPA	5	677384.6	8320608.8	2836.95397
CANGALLO	M.P. DE BELLIDO	5	582614	8495939.1	3273.99641
HUAMANGA	PACAYCASA	5	585087.8	8556440.2	2584.48882
SUCRE	S. DE PAUCARAY	5	646991.1	8446806.7	3288.34951
PAUCAR DEL SARA SARA	S.J.DE ALPABAMBA	5	681524.1	8334873.6	3169.22201
PAUCAR DEL SARA SARA	S.JOSE DE USHUA	5	690350.1	8315981.3	3047.45436
HUANCASANCOS	SACSAMARCA	5	574209.5	8458481.5	3508.82496
PAUCAR DEL SARA SARA	SARA SARA	5	666183.2	8313919.1	3331.47783
SUCRE	SORAS	5	650737.2	8439262.1	3448.55955
HUAMANGA	ACOS VINCHOS	4	597621.8	8550260.3	2887.59491
VICTOR FAJARDO	ASQUIPATA	4	617720.4	8445874.7	3361.9788
LUCANAS	AUCARA	4	610559.6	8420874.7	3260.6198
HUANCASANCOS	CARAPO	4	573919.2	8470250.3	3263.48319
HUAMANGA	CARMEN ALTO	4	583854.8	8543316.1	2834.35626
SUCRE	CHALCOS	4	634665	8468788.8	3687.69211
HUAMANGA	CHIARA	4	586009.7	8532492.8	3554.995
LA MAR	CHILCAS	4	618440	8543619.1	3232.8281
SUCRE	CHILCAYOC	4	637443.5	8464847.1	3433.33936
PAUCAR DEL SARA SARA	COLTA	4	683344.9	8322875.7	3282.55317
PARINACOCAS	CORACORA	4	631233.5	8339586.3	3204.59903
SUCRE	HUACAÑA	4	620218.6	8432998.2	3218.3591

REGISTRO DE EVENTOS DE SEQUÍAS SEGÚN INDECI PARA EL PERIODO(2003-2021)

VICTOR FAJARDO	HUAMANQUIQUIA	4	578559.3	8482214.9	3387.91232
VILCASHUAMAN	HUAMBALPA	4	615550.7	8479765.5	3306.26795
HUANTA	HUANTA	4	581494.4	8569634.2	2677
HUANTA	IGUAIN	4	585793.3	8563649	3063.36622
HUANTA	LURICOCHA	4	578849.2	8574054.5	2635.80312
PAUCAR DEL SARA SARA	MARCABAMBA	4	678101.7	8324487.2	2649
SUCRE	MORCOLLA	4	621860	8439904	3524.71445
LUCANAS	OCAÑA	4	519253.3	8408005.4	2689.85321
HUAMANGA	OCROS	4	617499.8	8519333.5	3167.89317
PAUCAR DEL SARA SARA	OYOLO	4	694948	8321056.1	3440.03975
PARINACOCHAS	PACAPAUZA	4	675428.4	8346681.6	2842.60031
SUCRE	PAICO	4	646542.1	8447605.8	3135.75503
PAUCAR DEL SARA SARA	PARARCA	4	664927.4	8317125.6	3077.62593
CANGALLO	PARAS	4	540206.3	8501866.2	3371.24239
PARINACOCHAS	PULLO	4	625990.8	8318252.3	3077.75122
LUCANAS	PUQUIO	4	594119.9	8375679.3	3263.58115
HUAMANGA	QUINUA	4	593232.5	8556977.9	3291.18795
HUANCASANCOS	S. DE LUCANAMARCA	4	567778.7	8469515.1	3507.55169
SUCRE	S. PEDRO DE LARCAY	4	653971.2	8433102.6	3424.03166
SUCRE	S. SALVADOR DE QUIJ	4	636518.9	8455570.9	3300.80275
HUAMANGA	SAN JOSE DE TICLLAS	4	572174.3	8548204.7	3289.60653
LUCANAS	SAN PEDRO	4	597089.5	8367061.7	3151.66232
HUAMANGA	SANTIAGO DE PISCHA	4	565835.2	8553429.7	3218.48004
VILCASHUAMAN	SAURAMA	4	634114.6	8485716.4	3593.50364
HUAMANGA	SOCOS	4	576939.4	8539056.5	3425.22499
HUAMANGA	TAMBILLO	4	596451.5	8541206.2	3123.81369
LA MAR	TAMBO	4	606364.4	8568410.8	3257.62768
VICTOR FAJARDO	VILCANCHOS	4	550688.8	8495157.2	3027.90896
VILCASHUAMAN	VILCAS HUAMAN	4	613271.6	8490305.7	3529.09189
HUAMANGA	VINCHOS	4	569953.6	8536056.1	3163.27076
VILCASHUAMAN	ACCOMARCA	3	618465.8	8474078	3402.3483
VICTOR FAJARDO	APONGO	3	615203.5	8450465.6	3118.54563
VICTOR FAJARDO	CANARIA	3	618230.9	8460550.9	3070.40824
VICTOR FAJARDO	CAYARA	3	609388	8474726.2	3218.57063
LUCANAS	CHAVIÑA	3	624997.5	8343746.4	3356.39273
LUCANAS	CHIPAO	3	621183.4	8411555.7	3473.27271
LA MAR	CHUNGUI	3	649376.4	8537925	3548.61801
PARINACOCHAS	CORONEL CASTAÑED	3	684454	8362038.6	3674.80247
VICTOR FAJARDO	HUALLA	3	613361.7	8468758.2	3436.86973
VICTOR FAJARDO	HUANCARAYLLA	3	597106.8	8483181.1	3265
VILCASHUAMAN	INDEPENDENCIA	3	620303.7	8467134	3050.43017
LUCANAS	LARAMATE	3	516922.7	8420725.9	3075.46647
LUCANAS	LEONCIO PRADO	3	535425.4	8371898.1	2747.48941
LUCANAS	LLAUTA	3	508705.6	8425386.3	2721.45382
LUCANAS	LUCANAS	3	582538.9	8383364.6	3400.59467
LA MAR	LUIS CARRANZA	3	619777.8	8537286.4	2992.84666
LUCANAS	OTOC	3	533782.5	8398190.6	1859.04739
PARINACOCHAS	PUSUYCA	3	653806.7	8313660.7	3336.11973
LUCANAS	S.A. DE HUAYCAHUAC	3	612678.8	8426750.1	3002.18967

REGISTRO DE EVENTOS DE SEQUÍAS SEGÚN INDECI PARA EL PERIODO(2003-2021)

LUCANAS	SAISA	3	562835.6	8348448.9	3105.68368
LUCANAS	SAN CRISTOBAL	3	583839.4	8370064.6	3595.17595
LUCANAS	SAN JUAN	3	586221.7	8380122	3321.67884
LUCANAS	SAN PEDRO DE PAICCA	3	537459	8406557.8	2498.42468
LUCANAS	SANTA LUCIA	3	551233.1	8344085.4	2289.1838
VICTOR FAJARDO	SARHUA	3	573624.6	8488389.7	3206.81447
HUANTA	UCHURACCAY	3	598424.3	8586518.8	3711.53327
PARINACOCAS	UPAHUACHO	3	672256.4	8351362.9	3364
LA MAR	ANCHIHUAY	2	639631.5	8567323	2123.92592
LA MAR	ANCO	2	640180.2	8555738.9	3252.04304
HUANTA	HUAMANGUILLA	2	589593.2	8561513.5	3308.73315
HUANTA	CHACA	1	587747.8	8586662.6	3485.53937
HUAMANGA	JESUS NAZARENO	1	584900.7	8545732.7	2796
HUANTA	LLOCHEGUA	1	618491.8	8627706.2	557
LA MAR	ORONCCOY	1	674083.3	8524000.9	2801.54932
HUANTA	PUCACOLPA	1	567083.5	8635827.5	3801.46457
HUAMANGA	S. JUAN BAUTISTA	1	584248.3	8544376.7	2773.75919
LA MAR	SAMUGARI	1	645861.1	8588097.8	781.239994
LA MAR	SANTA ROSA	1	637173.6	8597123.1	741.385599
HUANTA	SIVIA	1	624041.9	8616650.1	581.359561

3. CLASIFICACIÓN DE SPI POR ESCALAS TEMPORALES

REGISTRO DE SPI-1, GRUPO I													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2003	-1.3	-0.03	-0.18	0.03	0.65	-1.04	-0.6	0.86	-0.53	-2.29	-1.38	0.74
2	2004	-1.13	-0.4	-0.71	-0.01	-1.05	1.06	1.76	1.94	0.57	-0.9	0.51	0.84
3	2005	-1.91	-1.41	-1.62	-1.13	-0.62	-2.37	0.58	-0.52	2.13	-0.13	-0.48	0.81
4	2006	0.02	0.58	0.39	-0.03	-1.84	0.77	-0.95	0.83	0.23	0.26	1.29	-1.06
5	2007	-0.56	-0.82	1.21	0.45	-0.17	0	0.31	-0.88	-1.27	0.55	0.34	-0.01
6	2008	1.35	0.15	-1.25	-1.26	0.03	0.03	-0.87	-1.09	-2.28	-1.28	-1.38	-1.02
7	2009	-0.22	1.23	-0.14	0.6	0.39	-1.3	1.4	-0.18	-1.37	0.46	0.74	-1.73
8	2010	0.01	-0.84	-1.54	-0.65	-0.42	-1.68	-1.61	-0.39	0.26	0.55	-1.26	0.37
9	2011	1.81	1.2	-1.45	0.84	0.36	0.02	1.18	-1.94	0.31	-0.97	0.37	1.05
10	2012	-0.85	1.69	1.2	1.7	-0.02	-0.36	-0.13	0.27	0.12	0.29	-0.6	1.48
11	2013	-0.44	1.09	-0.39	-3.03	0.98	1.18	-0.35	1.03	-0.47	2.25	0.6	0.64
12	2014	0.33	-1.67	0.1	0.28	0.21	0.18	0.71	0.71	1.37	1.76	-0.2	-0.51
13	2015	0.34	-0.07	1.4	0.29	0.76	-0.24	0.11	-0.7	0.31	0.38	1.04	0.17
14	2016	-1.13	0.16	-1.08	1.05	-0.57	0.5	0.05	0.39	0.52	0.42	-0.28	-0.45
15	2017	1.11	1.06	1.5	-0.21	1.34	0.45	-0.23	-0.14	0.72	0.54	1.26	-1.35
16	2018	1.19	-0.81	0.43	0.79	0.52	2.11	1.93	1.8	-0.97	0.24	0.06	-1.46
17	2019	0.75	1.26	0.71	-0.03	1.19	0.66	-0.05	-1.31	1.29	-0.57	1.43	0.55
18	2020	0.97	0.04	-0.18	-0.63	-0.01	0.29	-1.33	-0.72	-0.17	-0.38	-1.98	1.69
19	2021	0.65	-1.37	1.09	1.04	1.16	0.12	-1.29	-0.65	-0.33	-0.12	1.02	-1.16
20	2022	-0.98	-1.01	0.54	0.02	-2.75	-0.29	-0.77	0.65	-0.45	-1.07	-1.07	0.42
N° DATOS		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
SPI. MAX		1.81	1.69	1.5	1.7	1.34	2.11	1.93	1.94	2.13	2.25	1.43	1.69
SPI. MIM		-1.91	-1.67	-1.62	-3.03	-2.75	-2.37	-1.61	-1.94	-2.28	-2.29	-1.98	-1.73
LEVE NDA		Sequía extrema	Sequía severo	Sequía moderada	Cercano normal			Húmedo moderado	Húmedo severo		Humedad extrema		

REGISTRO DE SPI-3, GRUPO I													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2003			-0.8	-0.17	-0.09	0.01	-0.22	-0.36	-0.35	-1.53	-2	-0.36
2	2004	-1.12	-0.71	-1.15	-0.69	-0.69	-0.19	0.89	2.2	2.06	0.37	0.15	0.85
3	2005	-1.15	-1.66	-2.47	-2.18	-1.84	-1.72	-0.72	-0.51	1.32	0.84	0.19	0.52
4	2006	0.2	0.55	0.42	0.52	0.06	-0.39	-1.36	0.14	-0.05	0.46	1.05	-0.34
5	2007	-0.92	-1.34	-0.29	0.15	1.02	0.33	-0.12	-0.27	-0.97	-0.41	0.13	0.18
6	2008	1.31	0.84	0.39	-0.87	-1.53	-1.38	-0.52	-1.05	-2.36	-2.35	-2.04	-2.27
7	2009	-1.37	0.24	0.5	0.95	0.18	0.53	0.72	0.53	0.12	-0.35	0.39	-1.26
8	2010	-0.87	-1.19	-1.07	-1.59	-1.54	-1.1	-1.61	-1.74	-0.69	0.33	-0.55	-0.09
9	2011	1.69	1.89	1.23	0.48	-0.57	0.89	0.79	0.25	0.37	-1.03	-0.05	1.01
10	2012	-0.19	0.95	1	2.24	1.66	1.73	-0.38	-0.25	-0.06	0.25	-0.33	1.38
11	2013	0.22	0.91	0.22	-0.01	-1.2	-2.03	0.8	0.64	-0.13	1.78	1.17	1.52
12	2014	0.69	-0.58	-0.67	-1.01	0.16	0.26	0.43	0.67	1.28	2.04	0.87	-0.21
13	2015	-0.2	-0.12	0.64	0.67	1.2	0.39	0.36	-0.45	-0.14	0.15	0.91	0.73
14	2016	-0.81	-0.58	-0.95	-0.08	-0.31	0.98	-0.34	0.24	0.31	0.56	0.03	-0.64
15	2017	0.66	1.1	1.7	1.35	1.15	0.18	0.86	-0.17	0.12	0.6	1.24	-0.54
16	2018	0.78	-0.22	0.39	-0.13	0.69	1.2	2.11	2.62	1.53	0.39	-0.15	-1.54
17	2019	-0.14	0.73	1.32	1.17	0.61	0.32	0.88	-0.32	0.29	-0.09	1.17	1.14
18	2020	1.54	0.71	0.45	-0.31	-0.47	-0.72	-0.57	-0.94	-1.04	-0.65	-1.46	1.06
19	2021	1.17	0.24	0.07	-0.02	1.38	1.34	0.32	-1	-1.12	-0.51	0.6	-0.73
20	2022	-1.5	-1.76	-0.9	-0.46	0.15	-0.61	-2.28	-0.33	-0.48	-0.83	-1.32	-0.39
N° DATOS		19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
SPI. MAX		1.69	1.89	1.7	2.24	1.66	1.73	2.11	2.62	2.06	2.04	1.24	1.52
SPI. MIM		-1.5	-1.76	-2.47	-2.18	-1.84	-2.03	-2.28	-1.74	-2.36	-2.35	-2.04	-2.27
LEVE NDA		Sequía extrema	Sequía severo	Sequía moderada	Cercano normal			Húmedo moderado	Húmedo severo		Humedad extrema		

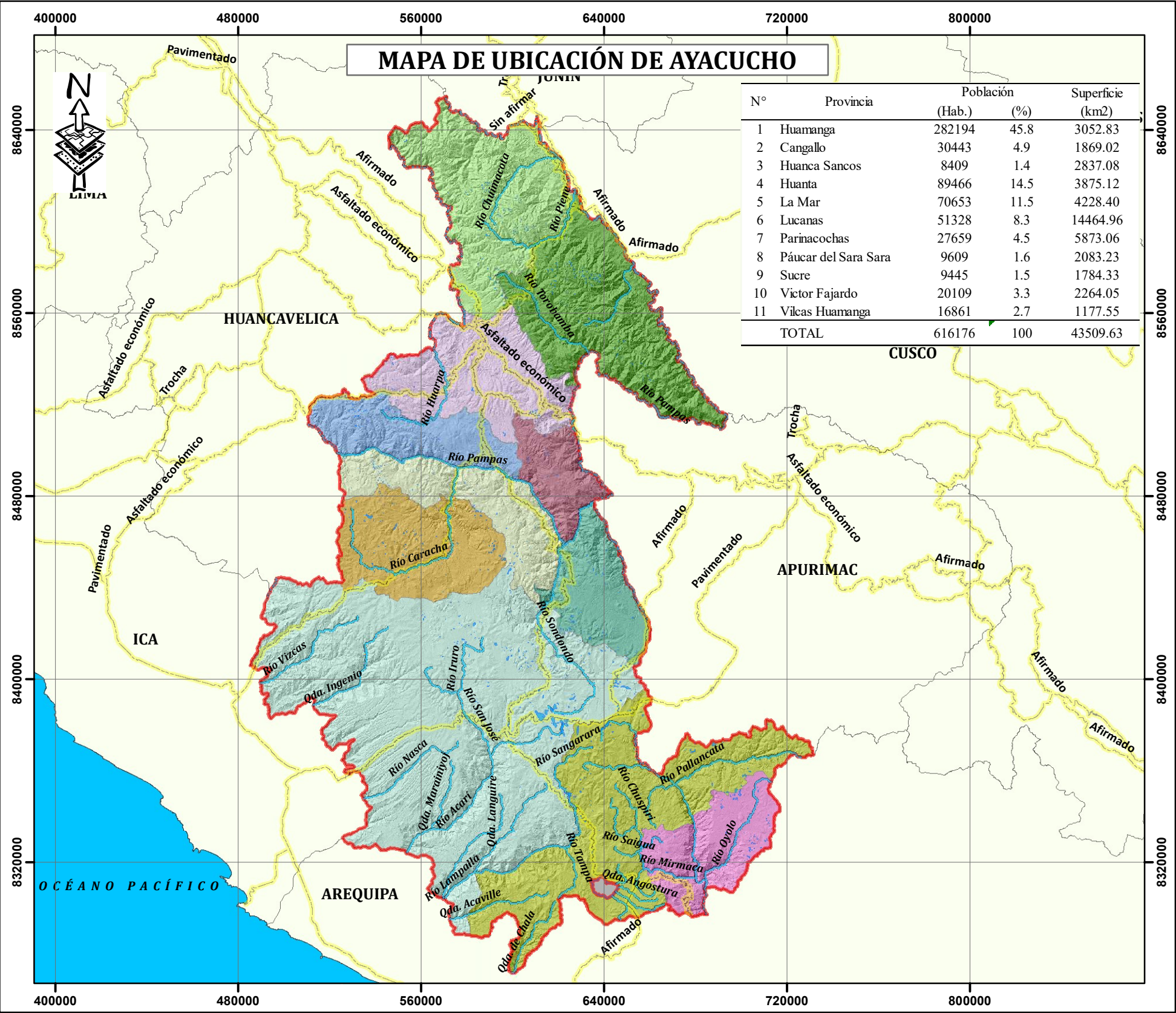
REGISTRO DE SPI-6, GRUPO I													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2003						-0.73	-0.2	-0.17	-0.16	-1.24	-1.82	-0.45
2	2004	-1.33	-1.24	-1.35	-1.14	-0.92	-1.08	-0.56	-0.22	0.64	0.75	0.95	1.37
3	2005	-1	-1.72	-2.18	-2.27	-2.2	-2.59	-2.18	-1.88	-0.84	0.18	-0.02	0.83
4	2006	0.33	0.58	0.5	0.46	0.44	0.29	0.36	0.05	-0.4	-0.39	0.91	-0.34
5	2007	-0.76	-1.12	-0.48	-0.38	-0.55	-0.2	0.12	0.93	-0.04	-0.41	0	-0.1
6	2008	1.13	0.86	0.38	0.06	0.04	0.1	-0.91	-1.65	-2.05	-1.98	-2.1	-2.67
7	2009	-1.7	-0.22	-0.17	0.06	0.25	0.54	0.98	0.24	0.47	0.16	0.46	-1.11
8	2010	-0.89	-1.17	-1.55	-1.68	-1.68	-1.2	-1.7	-1.74	-1.25	-0.6	-0.96	-0.29
9	2011	1.61	1.84	1.16	1.24	1.31	1.27	0.55	-0.53	0.88	-0.22	0	0.98
10	2012	-0.38	0.94	1.25	1.65	1.5	1.26	2.11	1.56	1.53	-0.09	-0.39	1.21
11	2013	0.23	0.84	0.58	0.07	0.23	-0.16	0.07	-1.05	-1.79	1.67	1.16	1.33
12	2014	0.97	-0.32	-0.24	-0.39	-0.41	-0.56	-0.93	0.24	0.67	1.66	0.91	0.18
13	2015	0.24	0.05	0.51	0.39	0.45	0.64	0.67	1.09	0.26	0.27	0.63	0.6
14	2016	-0.73	-0.4	-0.79	-0.51	-0.64	-0.63	-0.12	-0.28	0.94	0.17	0.07	-0.51
15	2017	0.7	1.12	1.51	1.34	1.38	1.56	1.38	1.07	0.16	0.89	0.99	-0.47
16	2018	0.82	0.06	0.16	0.29	0.13	0.59	0.16	1.15	1.56	1.61	0.94	-0.85
17	2019	-0.08	0.68	0.89	0.8	0.83	1.24	1.21	0.52	0.35	0.43	0.89	1.08
18	2020	1.4	1	0.73	0.59	0.35	0.25	-0.37	-0.61	-1.04	-0.84	-1.57	0.71
19	2021	0.96	-0.11	0.33	0.58	0.82	0.35	0.01	1.21	0.88	-0.21	0.23	-0.97
20	2022	-1.49	-1.68	-1.21	-1.15	-1.31	-0.94	-0.66	0.07	-0.75	-1.79	-1.25	-0.51
N° DATOS		19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20
SPI. MAX		1.61	1.84	1.51	1.65	1.5	1.56	2.11	1.56	1.56	1.67	1.16	1.37
SPI. MIM		-1.7	-1.72	-2.18	-2.27	-2.2	-2.59	-2.18	-1.88	-2.05	-1.98	-2.1	-2.67
LEVE NDA	Sequía extrema	Sequía severo	Sequía moderada	Cercano normal			Húmedo moderado		Húmedo severo		Humedad extrema		

REGISTRO DE SPI-12, GRUPO I													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2003												-0.87
2	2004	-0.99	-1.26	-1.37	-1.34	-1.39	-1.32	-1.16	-1.1	-1.07	-1	-0.66	-0.62
3	2005	-1.1	-1.71	-1.91	-2.12	-2.02	-2.09	-2.17	-2.27	-2.22	-2.18	-2.08	-2.16
4	2006	-1.53	-0.45	0.26	0.46	0.41	0.47	0.41	0.45	0.35	0.38	0.58	0.16
5	2007	-0.19	-1.01	-0.6	-0.46	-0.37	-0.39	-0.34	-0.39	-0.47	-0.45	-0.55	-0.25
6	2008	0.71	1.28	0.32	-0.03	-0.01	-0.01	-0.05	-0.05	-0.08	-0.22	-0.37	-0.62
7	2009	-1.79	-1.12	-0.65	-0.23	-0.19	-0.22	-0.1	-0.08	-0.06	0.06	0.3	0.21
8	2010	0.28	-0.95	-1.38	-1.66	-1.65	-1.64	-1.78	-1.77	-1.74	-1.75	-1.82	-1.27
9	2011	-0.32	0.87	0.82	1.13	1.14	1.16	1.25	1.22	1.25	1.16	1.2	1.51
10	2012	0.17	0.55	1.39	1.6	1.53	1.51	1.44	1.47	1.5	1.59	1.31	1.57
11	2013	1.86	1.63	0.93	0.03	0.11	0.15	0.14	0.17	0.15	0.32	0.44	0.23
12	2014	0.58	-0.92	-0.67	-0.13	-0.17	-0.2	-0.15	-0.16	-0.07	-0.13	-0.21	-0.51
13	2015	-0.65	0.15	0.63	0.63	0.65	0.63	0.6	0.56	0.51	0.39	0.52	0.78
14	2016	0.09	0.25	-0.72	-0.49	-0.54	-0.52	-0.52	-0.48	-0.49	-0.49	-0.62	-0.79
15	2017	0.25	0.85	1.66	1.34	1.41	1.4	1.38	1.36	1.41	1.42	1.47	1.41
16	2018	1.55	0.65	0.16	0.4	0.33	0.4	0.53	0.6	0.54	0.52	0.29	0.33
17	2019	0.02	1.24	1.24	1.03	1.05	0.98	0.86	0.76	0.88	0.83	0.93	1.51
18	2020	1.74	1.17	0.76	0.62	0.53	0.52	0.48	0.49	0.43	0.44	0.01	0.43
19	2021	0.22	-0.48	0.05	0.44	0.51	0.5	0.5	0.5	0.5	0.52	0.78	0.05
20	2022	-0.89	-0.75	-0.94	-1.2	-1.34	-1.34	-1.32	-1.27	-1.31	-1.4	-1.53	-1.1
N° DATOS		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20
SPI. MAX		1.86	1.63	1.66	1.6	1.53	1.51	1.44	1.47	1.5	1.59	1.47	1.57
SPI. MIM		-1.79	-1.71	-1.91	-2.12	-2.02	-2.09	-2.17	-2.27	-2.22	-2.18	-2.08	-2.16
LEVE NDA	Sequía extrema	Sequía severo	Sequía moderada	Cercano normal			Húmedo moderado		Húmedo severo		Humedad extrema		

REGISTRO DE SPI-1, GRUPO II													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2003	-1.3	-0.03	-0.18	0.03	0.65	-1.04	-0.6	0.86	-0.53	-2.29	-1.38	0.74
2	2004	-1.13	-0.4	-0.71	-0.01	-1.05	1.06	1.76	1.94	0.57	-0.9	0.51	0.84
3	2005	-1.91	-1.41	-1.62	-1.13	-0.62	-2.37	0.58	-0.52	2.13	-0.13	-0.48	0.81
4	2006	0.02	0.58	0.39	-0.03	-1.84	0.77	-0.95	0.83	0.23	0.26	1.29	-1.06
5	2007	-0.56	-0.82	1.21	0.45	-0.17	0	0.31	-0.88	-1.27	0.55	0.34	-0.01
6	2008	1.35	0.15	-1.25	-1.26	0.03	0.03	-0.87	-1.09	-2.28	-1.28	-1.38	-1.02
7	2009	-0.22	1.23	-0.14	0.6	0.39	-1.3	1.4	-0.18	-1.37	0.46	0.74	-1.73
8	2010	0.01	-0.84	-1.54	-0.65	-0.42	-1.68	-1.61	-0.39	0.26	0.55	-1.26	0.37
9	2011	1.81	1.2	-1.45	0.84	0.36	0.02	1.18	-1.94	0.31	-0.97	0.37	1.05
10	2012	-0.85	1.69	1.2	1.7	-0.02	-0.36	-0.13	0.27	0.12	0.29	-0.6	1.48
11	2013	-0.44	1.09	-0.39	-3.03	0.98	1.18	-0.35	1.03	-0.47	2.25	0.6	0.64
12	2014	0.33	-1.67	0.1	0.28	0.21	0.18	0.71	0.71	1.37	1.76	-0.2	-0.51
13	2015	0.34	-0.07	1.4	0.29	0.76	-0.24	0.11	-0.7	0.31	0.38	1.04	0.17
14	2016	-1.13	0.16	-1.08	1.05	-0.57	0.5	0.05	0.39	0.52	0.42	-0.28	-0.45
15	2017	1.11	1.06	1.5	-0.21	1.34	0.45	-0.23	-0.14	0.72	0.54	1.26	-1.35
16	2018	1.19	-0.81	0.43	0.79	0.52	2.11	1.93	1.8	-0.97	0.24	0.06	-1.46
17	2019	0.75	1.26	0.71	-0.03	1.19	0.66	-0.05	-1.31	1.29	-0.57	1.43	0.55
18	2020	0.97	0.04	-0.18	-0.63	-0.01	0.29	-1.33	-0.72	-0.17	-0.38	-1.98	1.69
19	2021	0.65	-1.37	1.09	1.04	1.16	0.12	-1.29	-0.65	-0.33	-0.12	1.02	-1.16
20	2022	-0.98	-1.01	0.54	0.02	-2.75	-0.29	-0.77	0.65	-0.45	-1.07	-1.07	0.42
N° DATOS		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
SPI. MAX		1.81	1.69	1.5	1.7	1.34	2.11	1.93	1.94	2.13	2.25	1.43	1.69
SPI. MIM		-1.91	-1.67	-1.62	-3.03	-2.75	-2.37	-1.61	-1.94	-2.28	-2.29	-1.98	-1.73
LEVE NDA		Sequía extrema	Sequía severo	Sequía moderada	Cercano normal			Húmedo moderado	Húmedo severo		Humedad extrema		

REGISTRO DE SPI-3, GRUPO II													
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2003			-0.8	-0.17	-0.09	0.01	-0.22	-0.36	-0.35	-1.53	-2	-0.36
2	2004	-1.12	-0.71	-1.15	-0.69	-0.69	-0.19	0.89	2.2	2.06	0.37	0.15	0.85
3	2005	-1.15	-1.66	-2.47	-2.18	-1.84	-1.72	-0.72	-0.51	1.32	0.84	0.19	0.52
4	2006	0.2	0.55	0.42	0.52	0.06	-0.39	-1.36	0.14	-0.05	0.46	1.05	-0.34
5	2007	-0.92	-1.34	-0.29	0.15	1.02	0.33	-0.12	-0.27	-0.97	-0.41	0.13	0.18
6	2008	1.31	0.84	0.39	-0.87	-1.53	-1.38	-0.52	-1.05	-2.36	-2.35	-2.04	-2.27
7	2009	-1.37	0.24	0.5	0.95	0.18	0.53	0.72	0.53	0.12	-0.35	0.39	-1.26
8	2010	-0.87	-1.19	-1.07	-1.59	-1.54	-1.1	-1.61	-1.74	-0.69	0.33	-0.55	-0.09
9	2011	1.69	1.89	1.23	0.48	-0.57	0.89	0.79	0.25	0.37	-1.03	-0.05	1.01
10	2012	-0.19	0.95	1	2.24	1.66	1.73	-0.38	-0.25	-0.06	0.25	-0.33	1.38
11	2013	0.22	0.91	0.22	-0.01	-1.2	-2.03	0.8	0.64	-0.13	1.78	1.17	1.52
12	2014	0.69	-0.58	-0.67	-1.01	0.16	0.26	0.43	0.67	1.28	2.04	0.87	-0.21
13	2015	-0.2	-0.12	0.64	0.67	1.2	0.39	0.36	-0.45	-0.14	0.15	0.91	0.73
14	2016	-0.81	-0.58	-0.95	-0.08	-0.31	0.98	-0.34	0.24	0.31	0.56	0.03	-0.64
15	2017	0.66	1.1	1.7	1.35	1.15	0.18	0.86	-0.17	0.12	0.6	1.24	-0.54
16	2018	0.78	-0.22	0.39	-0.13	0.69	1.2	2.11	2.62	1.53	0.39	-0.15	-1.54
17	2019	-0.14	0.73	1.32	1.17	0.61	0.32	0.88	-0.32	0.29	-0.09	1.17	1.14
18	2020	1.54	0.71	0.45	-0.31	-0.47	-0.72	-0.57	-0.94	-1.04	-0.65	-1.46	1.06
19	2021	1.17	0.24	0.07	-0.02	1.38	1.34	0.32	-1	-1.12	-0.51	0.6	-0.73
20	2022	-1.5	-1.76	-0.9	-0.46	0.15	-0.61	-2.28	-0.33	-0.48	-0.83	-1.32	-0.39
N° DATOS		19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
SPI. MAX		1.69	1.89	1.7	2.24	1.66	1.73	2.11	2.62	2.06	2.04	1.24	1.52
SPI. MIM		-1.5	-1.76	-2.47	-2.18	-1.84	-2.03	-2.28	-1.74	-2.36	-2.35	-2.04	-2.27
LEVE NDA		Sequía extrema	Sequía severo	Sequía moderada	Cercano normal			Húmedo moderado	Húmedo severo		Humedad extrema		

4. MAPAS TEMÁTICOS



1 centimeter = 20,000 meters
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
Fuente: INEI



SIMBOLOGÍA			
	Ayacucho	PROVINCIA	
	Lagos y lagunas		CANGALLO
	Ríos quebradas		HUAMANGA
	Red vial nacional		HUANCA SANCOS
	HUANTA		PARINACOCHAS
	LA MAR		PAUCAR DEL SARA SARA
	LUCANAS		SUCRE
	PARINACOCHAS		VICTOR FAJARDO
	PAUCAR DEL SARA SARA		VILCAS HUAMAN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

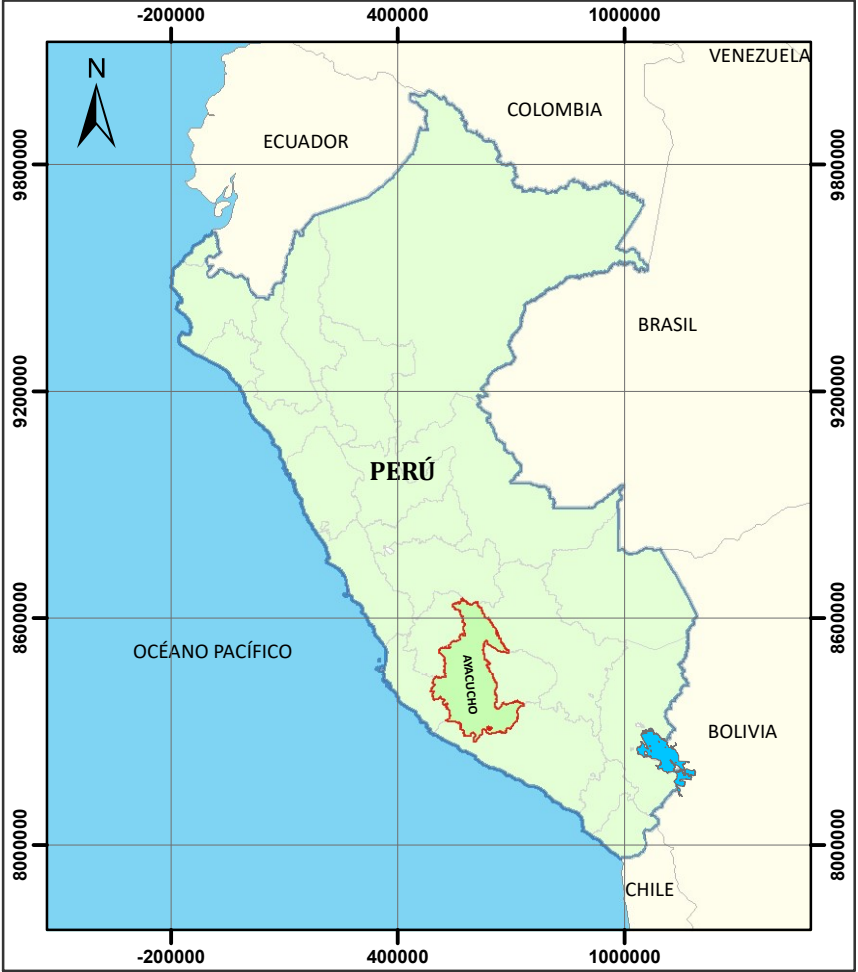
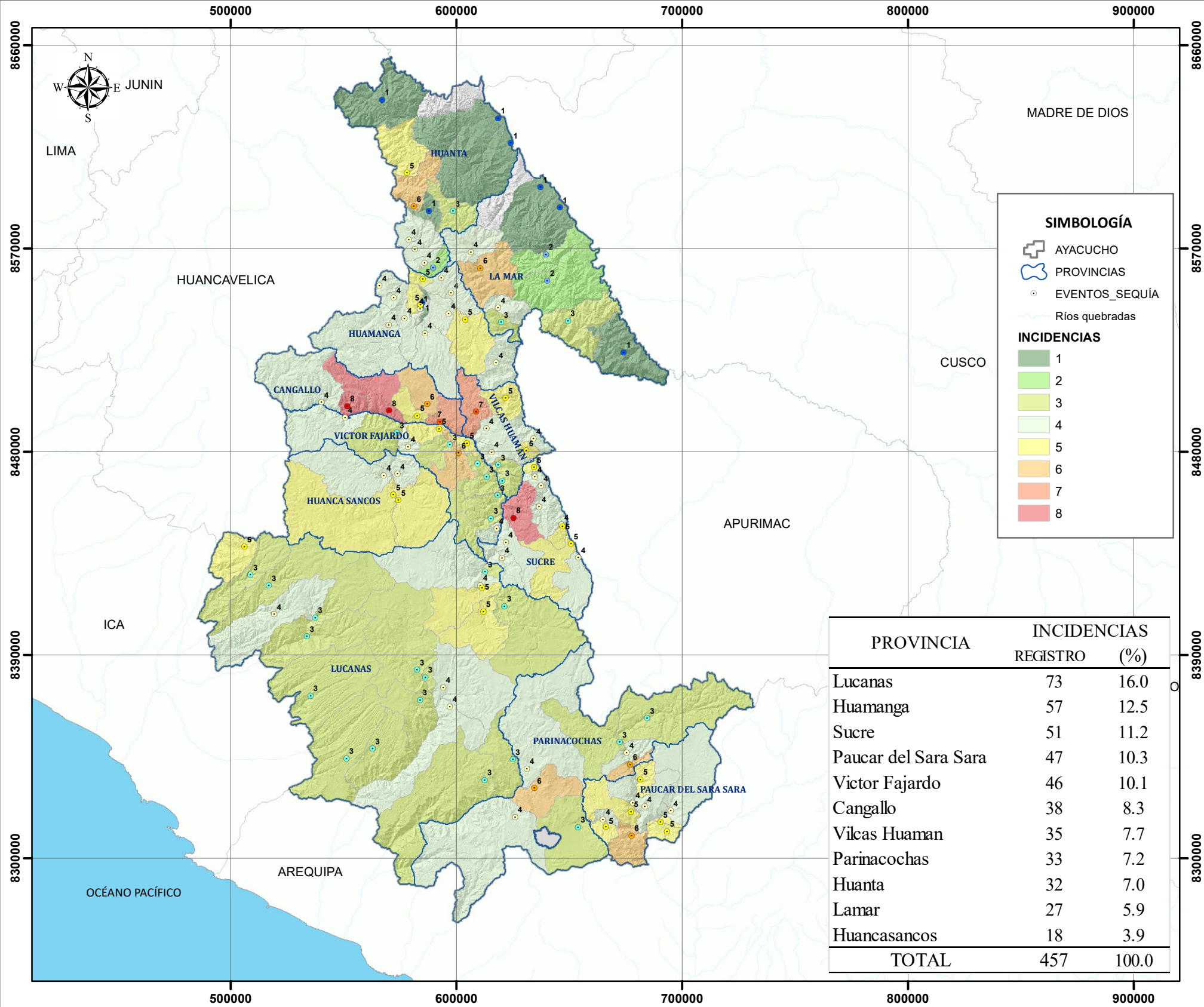
TESIS : "Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022"

UBICACIÓN
REGIÓN : AYAUCHO

ELABORADO : MARTINEZ GOMEZ, Erson

MAPA : UBICACIÓN DE AYACUCHO	LÁMINA PL-01
ESCALA: INDICADA	DIBUJO S.I.G
FECHA : MARZO - 2024	

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL REPORTE DE LAS INCIDENCIAS DE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AYACUCHO (2003-2021)



1 centimeter = 20,000 meters
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
Fuente: INDECI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS : "Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022"

UBICACIÓN

REGIÓN : AYAUCHO

ELABORADO : MARTINEZ GOMEZ, Erson

MAPA : INCIDENCIAS DE SEQUÍAS

ESCALA: INDICADA

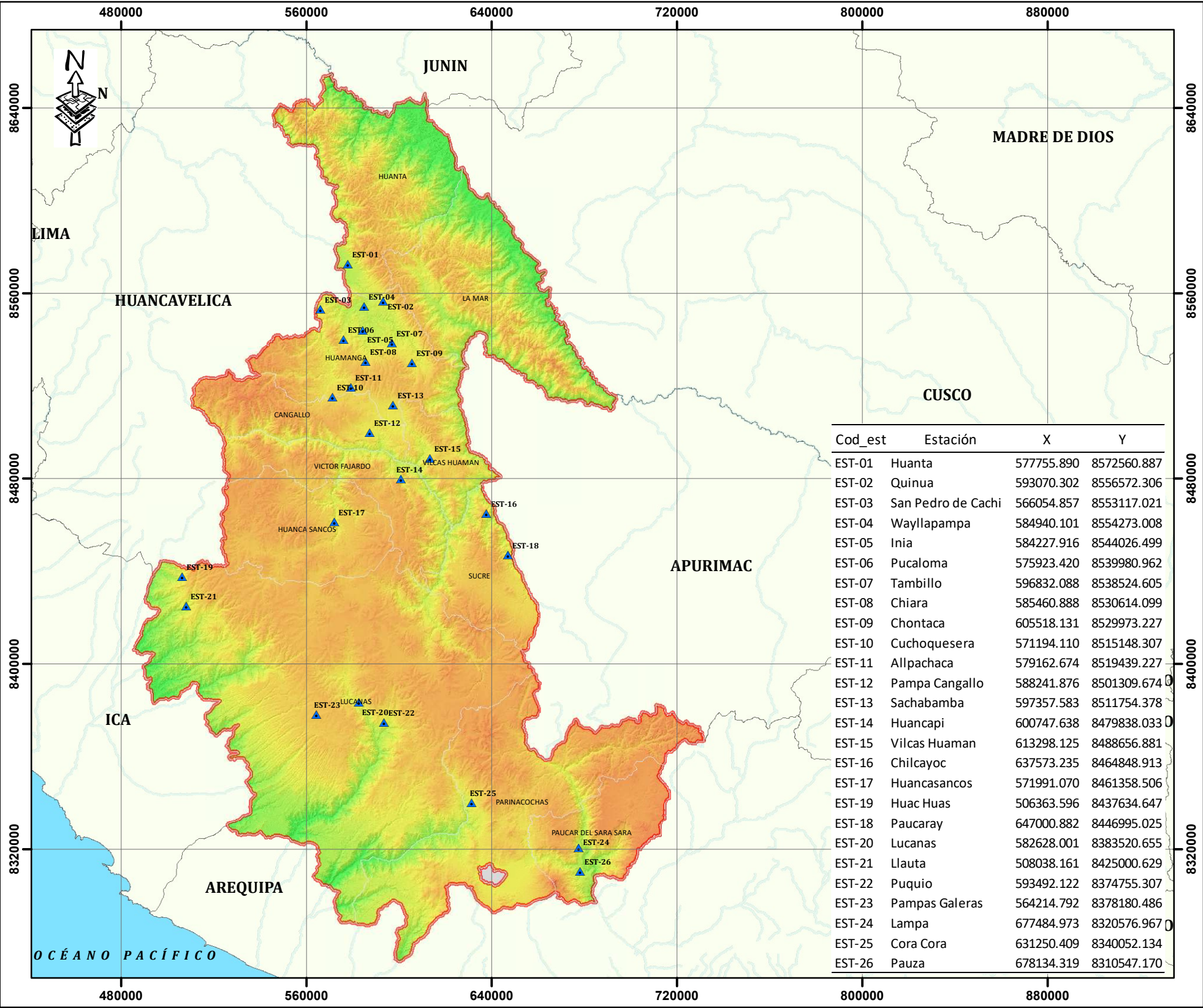
FECHA : MARZO - 2024

LÁMINA

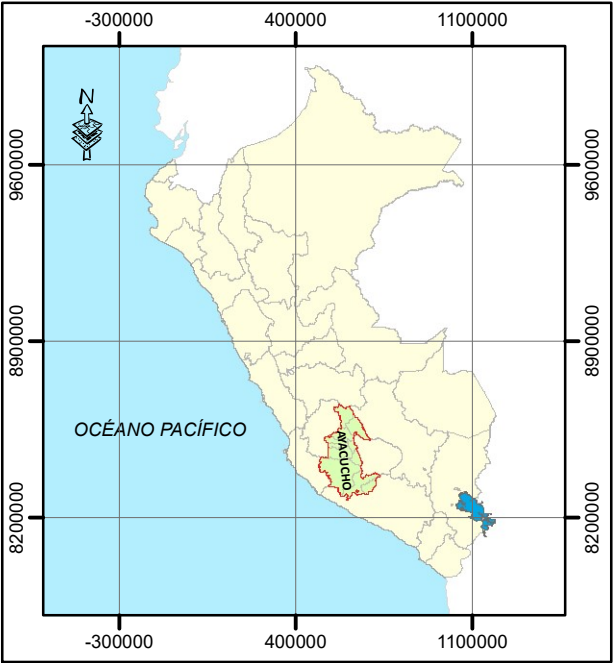
PL-02



UBICACIÓN ESPACIAL DE ESATCIONES PLUVIOMÉTRICAS



Cod_est	Estación	X	Y
EST-01	Huanta	577755.890	8572560.887
EST-02	Quinoa	593070.302	8556572.306
EST-03	San Pedro de Cachi	566054.857	8553117.021
EST-04	Wayllapampa	584940.101	8554273.008
EST-05	Inia	584227.916	8544026.499
EST-06	Pucaloma	575923.420	8539980.962
EST-07	Tambillo	596832.088	8538524.605
EST-08	Chiara	585460.888	8530614.099
EST-09	Chontaca	605518.131	8529973.227
EST-10	Cuchoquesera	571194.110	8515148.307
EST-11	Allpachaca	579162.674	8519439.227
EST-12	Pampa Cangallo	588241.876	8501309.674
EST-13	Sachabamba	597357.583	8511754.378
EST-14	Huancapi	600747.638	8479838.033
EST-15	Vilcas Huaman	613298.125	8488656.881
EST-16	Chilcayoc	637573.235	8464848.913
EST-17	Huancasancos	571991.070	8461358.506
EST-19	Huac Huas	506363.596	8437634.647
EST-18	Paucaray	647000.882	8446995.025
EST-20	Lucanas	582628.001	8383520.655
EST-21	Llauta	508038.161	8425000.629
EST-22	Puquio	593492.122	8374755.307
EST-23	Pampas Galeras	564214.792	8378180.486
EST-24	Lampa	677484.973	8320576.967
EST-25	Cora Cora	631250.409	8340052.134
EST-26	Pauza	678134.319	8310547.170



SIMBOLOGÍA

- Ayacucho
- Provincia
- Estaciones_Pluviométricas
- Ríos quebradas

1 centimeter = 20,000 meters

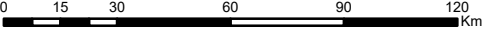
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

Projection: Transverse Mercator

Datum: WGS 1984

Fuente: SENAMHI, GR-AYACUCHO

ESCALA: 1:2,000,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS : "Variabilidad espacio temporal de las sequías en la
región Ayacucho para el periodo 2003-2022"

UBICACIÓN

REGIÓN : AYACUCHO

ELABORADO : MARTINEZ GOMEZ, Erson

MAPA : UBICACIÓN DE ESTACIONES

ESCALA: INDICADA

FECHA : MARZO - 2024

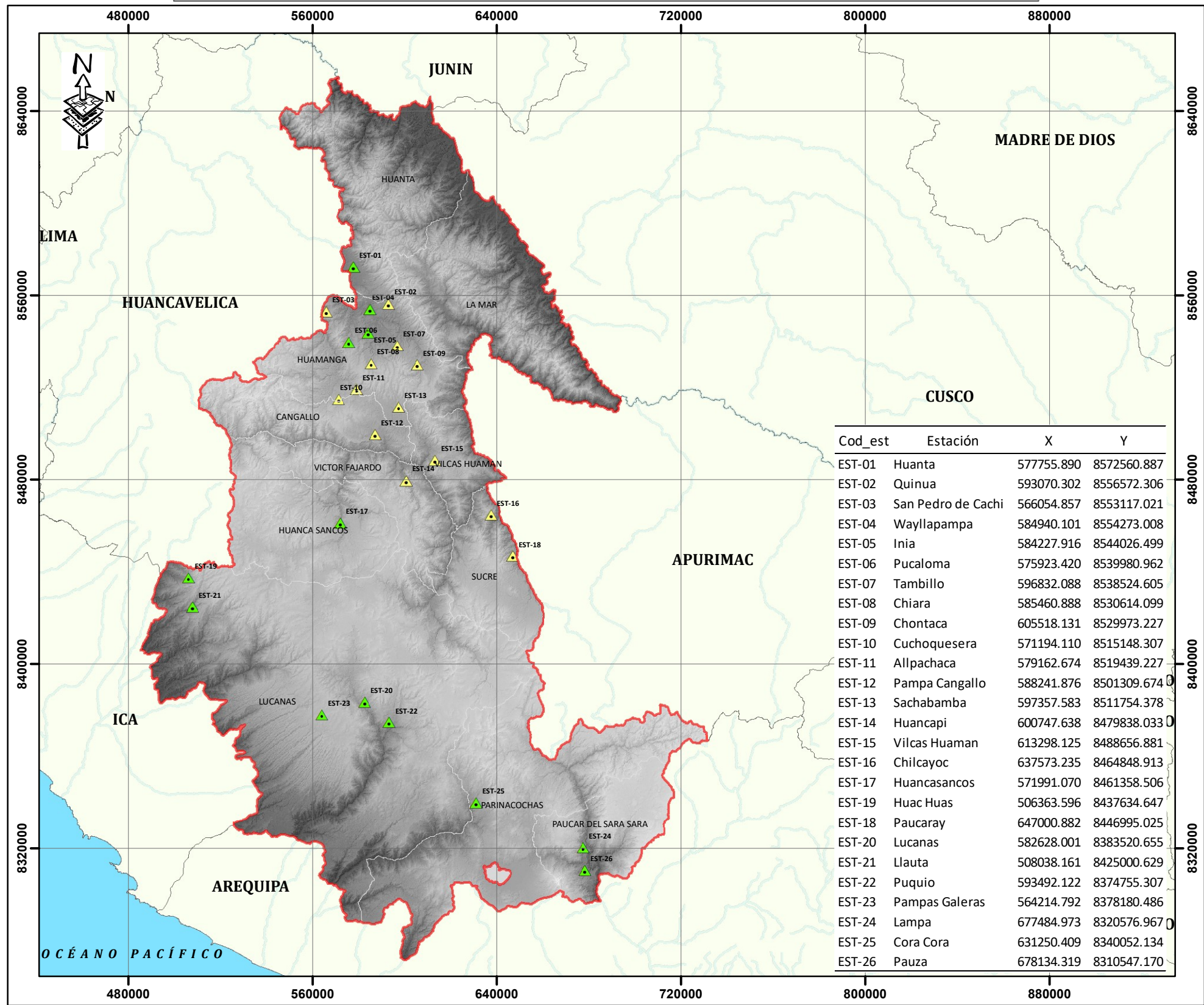
DIBUJO

S.I.G

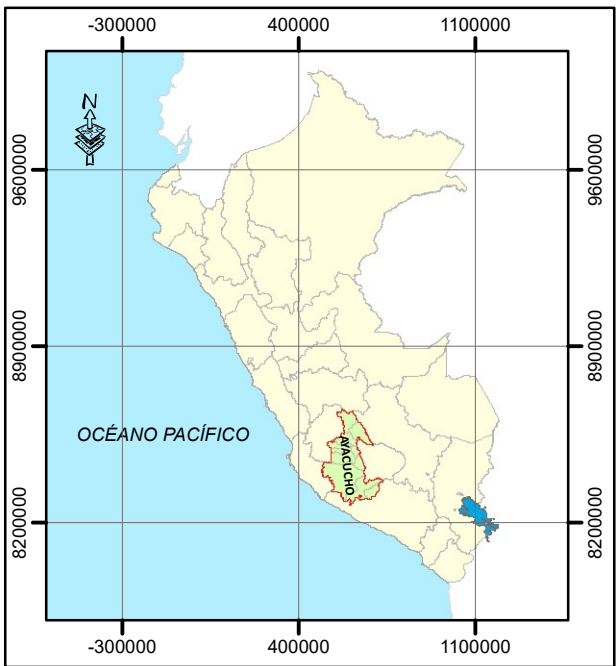
LÁMINA

PL-03

UBICACIÓN ESPACIAL DE ESATCIONES PLUVIOMÉTRICAS POR GRUPO



Cod_est	Estación	X	Y
EST-01	Huanta	577755.890	8572560.887
EST-02	Quinua	593070.302	8556572.306
EST-03	San Pedro de Cachi	566054.857	8553117.021
EST-04	Wayllapampa	584940.101	8554273.008
EST-05	Inia	584227.916	8544026.499
EST-06	Pucalloma	575923.420	8539980.962
EST-07	Tambillo	596832.088	8538524.605
EST-08	Chiara	585460.888	8530614.099
EST-09	Chontaca	605518.131	8529973.227
EST-10	Cuchoquesera	571194.110	8515148.307
EST-11	Allpachaca	579162.674	8519439.227
EST-12	Pampa Cangallo	588241.876	8501309.674
EST-13	Sachabamba	597357.583	8511754.378
EST-14	Huancapi	600747.638	8479838.033
EST-15	Vilcas Huaman	613298.125	8488656.881
EST-16	Chilcayoc	637573.235	8464848.913
EST-17	Huancasancos	571991.070	8461358.506
EST-19	Huac Huas	506363.596	8437634.647
EST-18	Paucaray	647000.882	8446995.025
EST-20	Lucanas	582628.001	8383520.655
EST-21	Llauta	508038.161	8425000.629
EST-22	Puquio	593492.122	8374755.307
EST-23	Pampas Galeras	564214.792	8378180.486
EST-24	Lampa	677484.973	8320576.967
EST-25	Cora Cora	631250.409	8340052.134
EST-26	Pauza	678134.319	8310547.170



SIMBOLOGÍA

- Ayacucho
- Provincia
- Eataciones_grupo_I
- Eataciones_grupo_II
- Ríos quebradas

1 centimeter = 20,000 meters

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

Projection: Transverse Mercator

Datum: WGS 1984

Fuente: SENAMHI, GR-AYACUCHO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS : "Variabilidad espacio temporal de las sequías en la
región Ayacucho para el periodo 2003-2022"

UBICACIÓN

REGIÓN : AYACUCHO

ELABORADO : MARTINEZ GOMEZ, Erson

MAPA : UBICACIÓN DE ESTACIONES POR REGIÓN

ESCALA: INDICADA

FECHA : MARZO - 2024

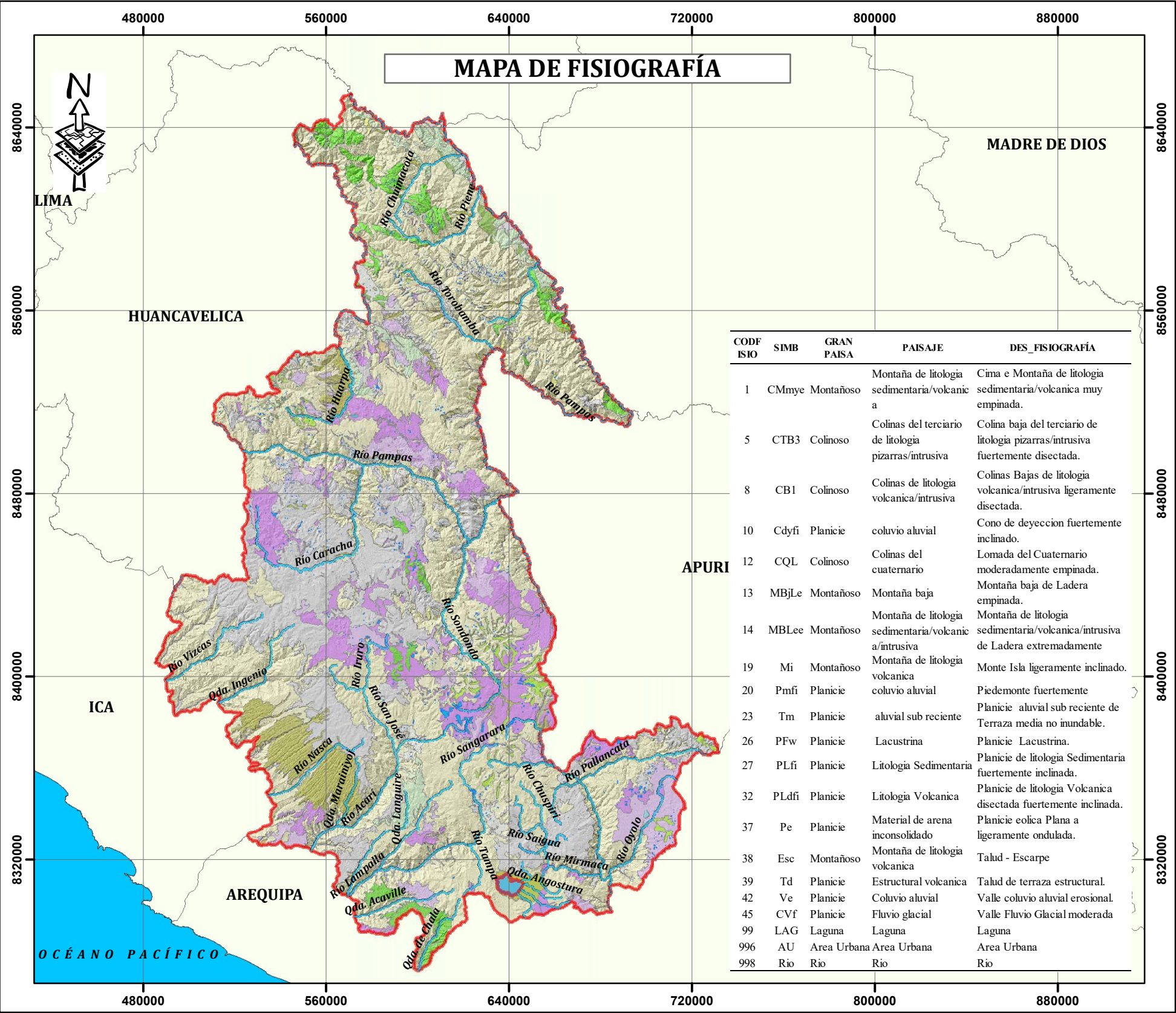
DIBUJO

S.I.G

LÁMINA

PL-04





1 centimeter = 20,000 meters

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

Projection: Transverse Mercator

Datum: WGS 1984

Fuente: Zee



SIMBOLIGÍA

Lagos y lagunas	CB1	Cdyfi	Mi	Pmfi
Ríos_quebradas	CMmye	Esc	PFW	Rio
Ayacucho	CQL	LAG	PLdfi	Td
Fisiografía	CTB3	MBLee	PLfi	Tm
SIMB	CVf	MBJLe	Pe	Ve
AU				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS : "Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022"

UBICACIÓN: REGIÓN : AYACUCHO

ELABORADO : MARTINEZ GOMEZ, Erson

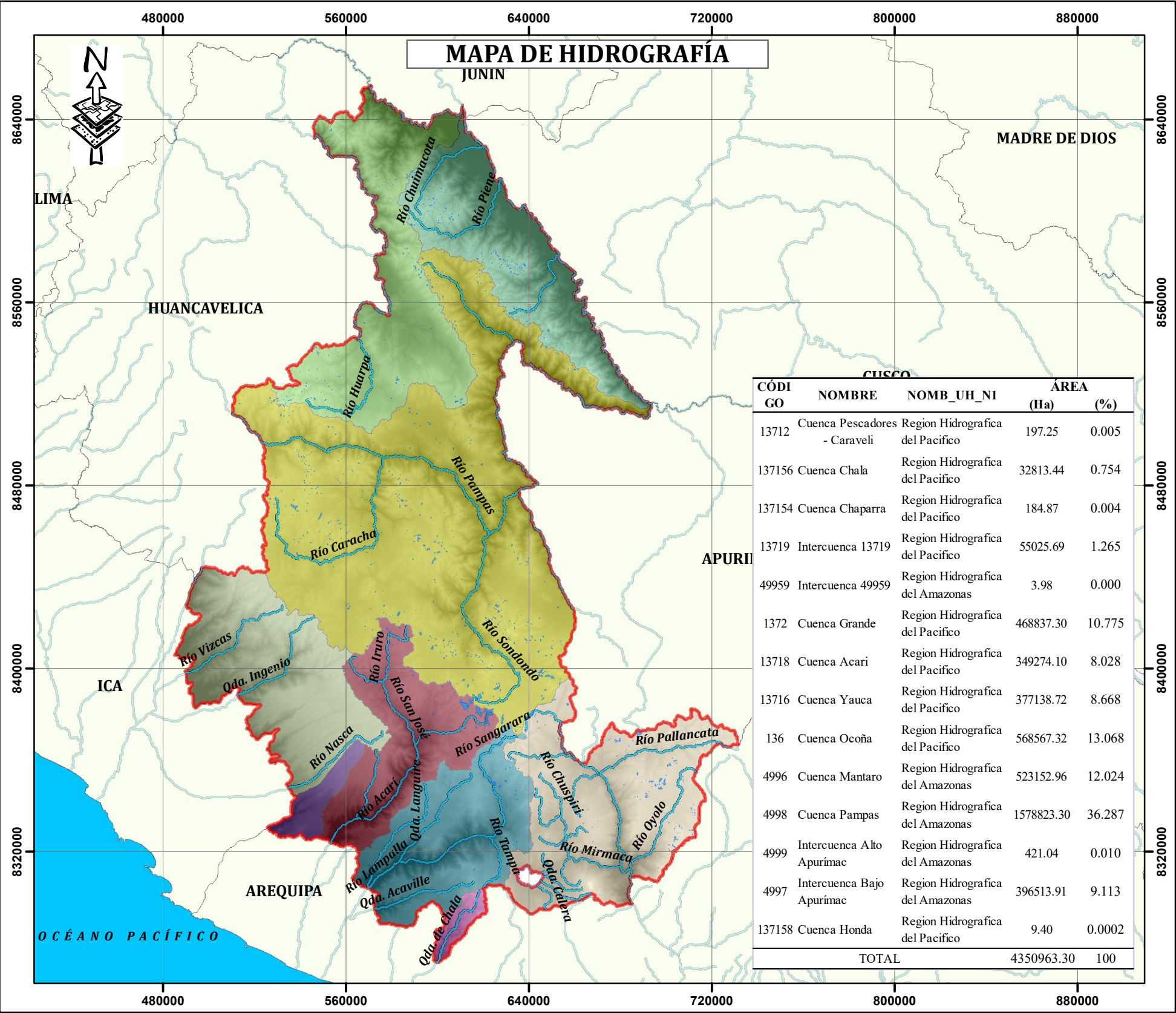
MAPA : FISIOGRAFÍA

ESCALA: INDICADA

FECHA : MARZO - 2024

DIBUJO: S.I.G

LÁMINA: PL-05



1 centimeter = 20,000 meters

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

Projection: Transverse Mercator

Datum: WGS 1984

Fuente: ANA

ESCALA: 1:2,000,000

0 15 30 60 90 120 Km

SIMBOLOGÍA

	Lagos y lagunas		137154		1372
	Ríos quebradas		137156		49959
	Ayacucho		137158		4996
CÓDIGO					
	136		13716		4997
	13712		13718		4998
			13719		4999

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS : "Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022"

UBICACIÓN

REGIÓN : AYACUCHO

ELABORADO : MARTINEZ GOMEZ, Erson

MAPA : HIDROGRAFÍA

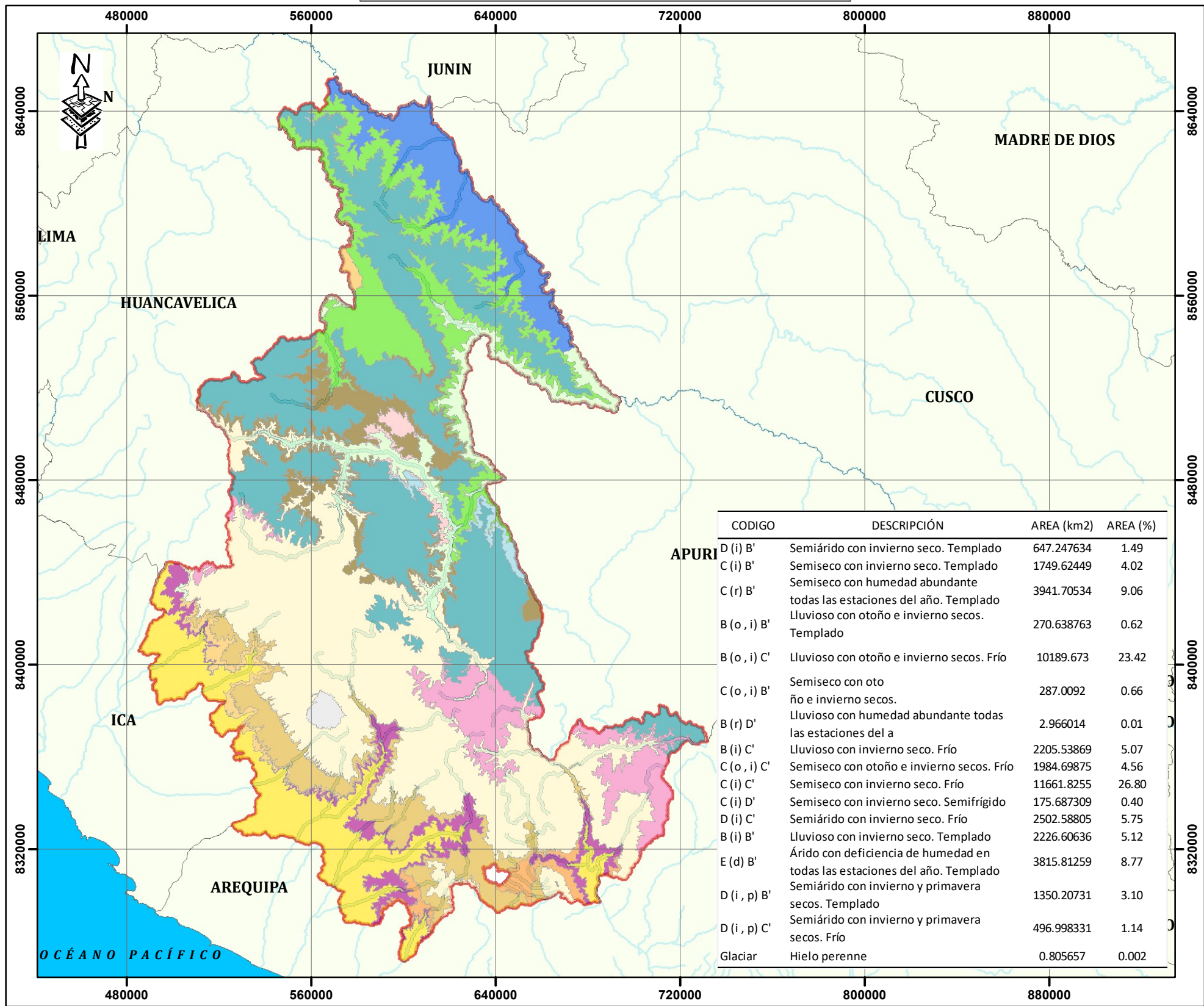
ESCALA: INDICADA

FECHA : MARZO - 2024

LÁMINA

PL-06

MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA



	CODIGO	DESCRIPCIÓN	AREA (km2)	AREA (%)
APURI	D (i) B'	Semiárido con invierno seco. Templado	647.247634	1.49
	C (i) B'	Semiseco con invierno seco. Templado	1749.62449	4.02
	C (r) B'	Semiseco con humedad abundante	3941.70534	9.06
		todas las estaciones del año. Templado		
	B (o , i) B'	Lluvioso con otoño e invierno secos.	270.638763	0.62
		Templado		
	B (o , i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío	10189.673	23.42
		Semiseco con oto		
	C (o , i) B'	ño e invierno secos.	287.0092	0.66
		Lluvioso con humedad abundante todas		
	B (r) D'	las estaciones del a	2.966014	0.01
	B (i) C'	Lluvioso con invierno seco. Frío	2205.53869	5.07
	C (o , i) C'	Semiseco con otoño e invierno secos. Frío	1984.69875	4.56
	C (i) C'	Semiseco con invierno seco. Frío	11661.8255	26.80
	C (i) D'	Semiseco con invierno seco. Semifrío	175.687309	0.40
	D (i) C'	Semiárido con invierno seco. Frío	2502.58805	5.75
	B (i) B'	Lluvioso con invierno seco. Templado	2226.60636	5.12
	E (d) B'	Árido con deficiencia de humedad en	3815.81259	8.77
		todas las estaciones del año. Templado		
	D (i , p) B'	Semiárido con invierno y primavera	1350.20731	3.10
		secos. Templado		
	D (i , p) C'	Semiárido con invierno y primavera	496.998331	1.14
		secos. Frío		
	Glaciar	Hielo perenne	0.805657	0.002

SIMBOLOGÍA

- Ayacucho
- Ríos_quebradas
- COD_CLIMA**
- B (i) B'
- B (i) C'
- B (o , i) B'
- B (o , i) C'
- B (r) D'
- C (i) B'
- C (i) C'
- C (i) D'
- C (o , i) B'
- C (o , i) C'
- C (r) B'
- D (i , p) B'
- D (i , p) C'
- D (i) B'
- D (i) C'
- E (d) B'
- Glaciar

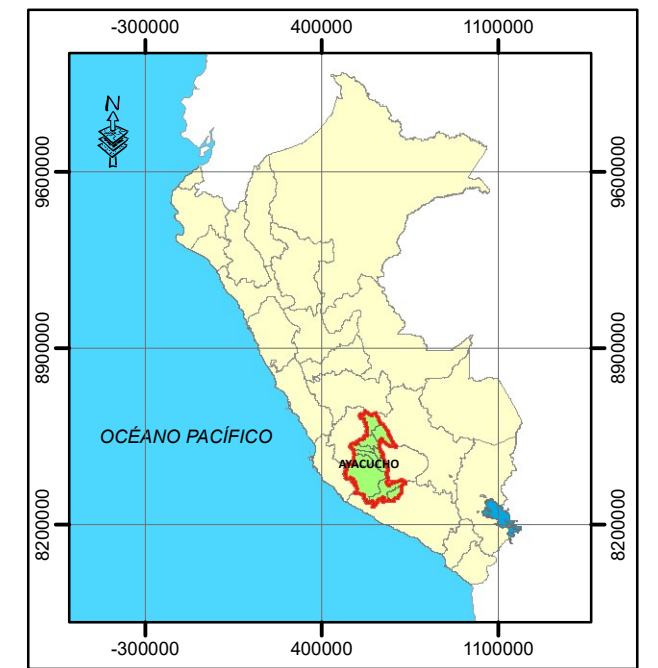
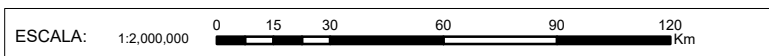
1 centimeter = 20,000 meters

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S

Projection: Transverse Mercator

Datum: WGS 1984

Fuente: SENAMHI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS : "Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022"

UBICACIÓN
REGIÓN : *AYAUCHO*

ELABORADO : MARTINEZ GOMEZ, Erson
MAPA : CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA
ESCALA: INDICADA
FECHA : MARZO - 2024

LÁMINA
PL-07

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. ERSON MARTINEZ GOMEZ****R.D. N° 345-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los tres días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciséis horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, M.Sc. Eleazar Chuchón Angulo como asesor y el Ing. Efraín Chuchón Prado; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola presentado por el Bachiller **ERSON MARTINEZ GOMEZ**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	13	13	16	14
M.Sc. Eleazar Chuchón Angulo	14	13	14	14
Ing. Efraín Chuchón Prado	15	13	14	14
PROMEDIO GENERAL				14

Acto seguido se invita al sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

.....
Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Presidente

.....
M.Sc. Eleazar Chuchón Angulo
Asesor

.....
Ing. Efraín Chuchón Prado
Jurado

.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH****FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022

Autor : Erson MARTINEZ GOMEZ

Asesor : Eleazar CHUCHÓN ANGULO

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de Veinticuatro **(24 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2551316628

Ayacucho, 13 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de Investigación y tesis - FCA

Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003- 2022

por Erson Martinez Gomez

Fecha de entrega: 13-dic-2024 10:09a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2551316628

Nombre del archivo:

Tesis_Variabilidad_espacio_temporal_de_las_sequías_en_la_región_Ayacucho_para_el_periodo_2003-2022.pdf (19.07M)

Total de palabras: 52064

Total de caracteres: 195705

Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

7%

2

repositorio.senamhi.gob.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.ana.gob.pe

Fuente de Internet

1%

5

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.ucss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

Vicente Serrano, Sergio Martin. "Spatial and temporal evolution of droughts in the middle Ebro Valley: Causes and environmental consequences", Proquest, 20111109

Publicación

1%

8	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
9	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.smarh.eng.ufmg.br Fuente de Internet	<1 %
11	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
12	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
13	rdu.unc.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Ministerio de Defensa Trabajo del estudiante	<1 %
15	d.documentop.com Fuente de Internet	<1 %
16	pdfslide.tips Fuente de Internet	<1 %
17	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	escasezycontaminacionfuenteshidricas.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

20	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
21	revistas.unife.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	www.kerwa.ucr.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Femenina del Sagrado Corazón Trabajo del estudiante	<1 %
24	alfresco.indeci.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.senamhi.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
26	dev.curriculumenlineamineduc.cl Fuente de Internet	<1 %
27	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
28	"Appendixes", The Adelphi Papers, 2008 Publicación	<1 %
29	saber.ucv.ve Fuente de Internet	<1 %
30	www.ecologiaverde.com Fuente de Internet	<1 %

31	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
32	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to unap Trabajo del estudiante	<1 %
34	Janeth Cortez-Villa, Abel Quevedo-Nolasco, Ramón Arteaga-Ramírez, Guillermo Carrillo-Flores. "Tendencia de la sequía meteorológica en el estado de Durango por el método de Rodionov", Tecnología y ciencias del agua, 2020 Publicación	<1 %
35	Submitted to Universidad de Alcalá Trabajo del estudiante	<1 %
36	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad de Guadalajara Trabajo del estudiante	<1 %
38	www.regionpuno.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
39	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022

Erson Martinez Gomez ¹ erson.martinez.21@unsch.edu.pe

Eleazar Chuchón Angulo ² eleazar.chuchon@unsch.edu.pe

Área de investigación : Medio ambiente

Línea de investigación : Hidrología hidráulica, saneamiento, energía y cambio climático. Riego y drenaje.

RESUMEN

La sequía es un fenómeno meteorológico natural que se ha intensificado en los últimos años debido a la variabilidad climática, generando incertidumbre en la agricultura y gestión de recursos hídricos. Esta tesis se centra en el análisis de la variabilidad espacio-temporal de las sequías en la región de Ayacucho, mediante el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI). Por ello se recopilieron datos sobre incidencia de sequías según al reporte de INDECI y registros históricos de precipitaciones mensuales acumuladas en 26 estaciones, para un periodo de análisis de 2003-2022, mediante las instituciones SENAMHI, ANA y OPEMAN. Se identificó grupos homogéneas por el método de Ward y vector regional. La completación y extensión de datos por el software Hec-04, la consistencia y la confiabilidad verificadas con el software tren y el programa SPIgenerator, empleado para obtener los valores de SPI. Se elaboró mapa de variabilidad espacial de las sequías basado en el reporte de INDECI, con registros de incidencias a nivel distrital Chuschi, Querobamba, Sancos y Totos presentaron mayores incidencias; a nivel provincial, Lucanas con 73 registros y a nivel regional, se registró 457 incidencias de sequías. La variabilidad temporal de sequías fue determinada en términos de número de eventos, duración, intensidad y severidad; categorizadas en sequías moderadas, severas y extremas a escalas temporales de corto, mediano y largo plazo. A corto plazo, el grupo I mostró mayor impacto en número de eventos, duración, severidad e intensidad y el grupo II presentó mayor duración y número de eventos; a largo plazo, ambos grupos presentaron similitudes en el número de eventos e intensidad, aunque el grupo I presentó mayor duración y severidad. El análisis tendencial fue a escala de 6 meses, revelando una ligera disminución de las sequías, con pendientes positivas de 0.0034 y 0.0014 para los grupos de análisis.

Palabras clave: sequía, incidencia de eventos, precipitación, intensidad, severidad.

ABSTRACT

Drought is a natural meteorological phenomenon that has intensified in recent years due to climate variability, generating uncertainty in agriculture and water resource management. This thesis focuses on the analysis of the spatiotemporal variability of droughts in the Ayacucho region, using the Standardized Precipitation Index (SPI) method. Therefore, data on the incidence of droughts was collected according to the INDECI report and historical records of accumulated monthly rainfall at 26 stations, for an analysis period of 2003-2022, through the institutions SENAMHI, ANA and OPEMAN. Homogeneous groups were identified by the Ward method and regional vector. The completion and extension of data by the Hec-04 software, the consistency and reliability were verified with the tren software and the SPIgenerator program, used to obtain the SPI values. A spatial variability map of droughts was prepared based on the INDECI report, with records of incidences at the district level. Chuschi, Querobamba, Sancos and Totos had higher incidences; at the provincial level, Lucanas had 73 records and at the regional level, 457 drought incidents were recorded. The temporal variability of droughts was determined in terms of number of events, duration, intensity and severity; categorized into moderate, severe and extreme droughts at short, medium and long-term time scales. In the short term, group I showed a greater impact in number of events, duration, severity and intensity and group II had a longer duration and number of events; in the long term, both groups had similarities in the number of events and intensity, although group I had a longer duration and severity. The trend analysis was at a 6-month scale, revealing a slight decrease in droughts, with positive slopes of 0.0034 and 0.0014 for the analysis groups.

Keywords: drought, event incidence, precipitation, intensity, severity.

1. INTRODUCCIÓN

Según el Consejo Consultivo del Agua (2015), la sequía se considera uno de los desastres naturales que ocasiona el mayor impacto económico.

Según GREENPEACE (2017), que es una organización ecologista internacional, independiente política y económicamente para la defensa del medio ambiente y de la paz, Los efectos de las sequías indican un aumento en la mortalidad de los árboles y un deterioro de los ecosistemas forestales. Además, se prevé una disminución de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, así como un deterioro de la calidad del agua, atribuido al incremento de las temperaturas y a la reducción de las precipitaciones. Por otro lado, se anticipa un aumento en el riesgo de extinción de especies como resultado de la interacción con el cambio climático. (GREENPEACE, 2017).

La ocurrencia de sequías produce los impactos en lo económico, social y ambiental. Debido a esta ocurrencia se generan pérdidas de producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera, de la misma forma ocasionan efectos como desempleo, disminución de ingresos, migración, erosión y pérdida del suelo, daños al ecosistema, problemas de salud, baja la calidad de vida y conflictos sociales (Gallardo & Brown, 2020).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2010), en su informe sobre las condiciones de sequías y las estrategias en Perú, señala que gran parte del territorio nacional se encuentra vulnerable a sequías periódicas. Esto incluye regiones clave de la costa y la sierra, cuya intensidad parece estar relacionada con la presencia de condiciones climáticas específicas que contrarrestan el fenómeno de El Niño.

El fenómeno de El Niño se asocia principalmente, en el Perú, con un incremento anómalo de las precipitaciones en la costa norte. No obstante, también se ha relacionado con episodios de sequía en la región sur del país." (Endara et al., 2019).

Esta investigación será un aporte en la comprensión de variabilidad espacio temporal de las sequías que han ocurrido en la región de Ayacucho en las últimas décadas. Para la identificación de estos episodios de sequía, se recopilarán datos caracterizados mediante diversos parámetros climatológicos, hidrológicos y agrícolas. Dichos datos permitirán establecer relaciones entre variables

como la precipitación y el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).

El objetivo de este artículo es identificar y analizar la variabilidad espacio temporal de las sequías en la región Ayacucho para el periodo 2003-2022.

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación de la zona de estudio

2.1.1. Ubicación geográfica

El área de estudio está ubicada en la región Ayacucho cuenta con un área total de 43 821 km², que pertenece al área meridional de los Andes entre los paralelos 12° 07' 30" y 15° 37' 00" de latitud sur y entre los meridianos 72°50' 19" y 75° 07' 00" de longitud oeste, con coordenada UTM WGS 84, zona 18S.

2.1.2. Ubicación política

La creación política de la región Ayacucho, está dividido en 11 provincias y 119 distritos, ubicado en la zona sur – central de los andes, situada en la vertiente oriental de los andes a 2791msnm. A su vez tiene como límites a las siguientes regiones:

Por el norte : Junín.

Por el sur : Arequipa.

Por el este : Apurímac.

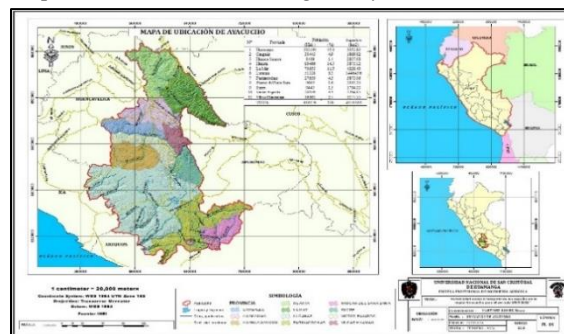
Por el oeste : Ica.

Por el noroeste : Huacancavelica.

Por el nor-este : Cusco.

Figura 1

Mapa de ubicación de la región Ayacucho

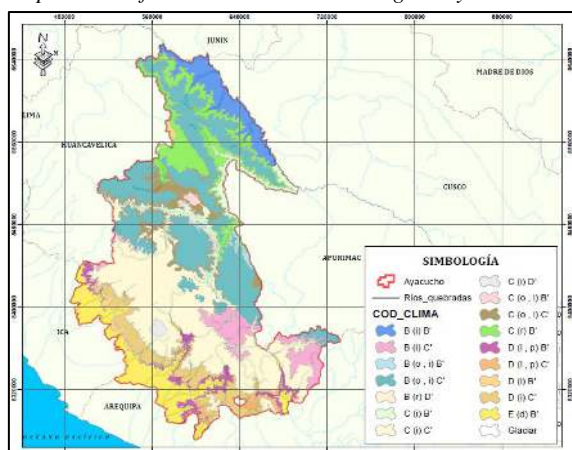


Nota. Caracterización de la zona de estudio.

2.1.3. Población

Ayacucho está conformada en 11 provincias.

Mapa de clasificación climática de la región Ayacucho.



2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales

Sistema de Información Geográfica (SIG). Para la determinación del área de estudio se ha recopilado información del sistema hidrográfico del Perú en base a datos de Autoridad Nacional de Agua (ANA), así mismo se recurrió a diferentes plataformas, entre ellos para la información cartográfica en formato de tipo shapefile, se ha visitado a la página de geoservidor MINAM de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) y geogps Perú, información basada en SENAMHI, ANA, INDECI, ente otros.

Para entender la distribución espacial del terreno en relación a la elevación, se ha obtenido el Modelo de Elevación Digital (DEM) alos pulsar con resolución 12.5 m por pixel, operativo de 2006 hasta 2011, información disponible en la plataforma de data search vertex en la siguiente dirección: <https://search.asf.alaska.edu/#/>

Para la información de los eventos de sequías de la región Ayacucho se ha visitado a la plataforma de INDECI, quien brinda la información de reporte de emergencias de los fenómenos en el Perú operativo de 2003 al 2021.

Datos de precipitación. Teniendo en cuenta el periodo de reporte de la emergencia de fenómenos por INDECI y la recomendación de Organización Meteorológica Mundial (OMM), para el cálculo de análisis de variabilidad climática en el ámbito de SPI se puede realizar el cálculo posterior a un registro mínimo de 20 años (OMM, 2016).

Con referencia a estos criterios se ha recabado información de serie cronológica de 20 años de precipitación mensual acumulada para el periodo de 2003 al 2022, dicha información se ha obtenido a través de las diferentes instituciones. Servicio

Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Oficina de Operación y Mantenimiento Hidráulico (OPEMAN) de gobierno regional Ayacucho.

2.2.2. Equipos y software

- ✓ Laptop core i5
- ✓ Materiales de escritorio
- ✓ Microsoft office 2016
- ✓ Hec-04
- ✓ ArcGis 10.5
- ✓ Past 4.03
- ✓ Trend
- ✓ Hydracces
- ✓ SPIgenrator

2.3. Metodología

La metodología de este estudio se ha estructurado en dos etapas para cumplir con los objetivos planteados: fase preliminar y fase de gabinete.

2.3.1. Fase preliminar

En esta fase se recopiló información del reporte de emergencias por sequías registradas en la región Ayacucho y asimismo se ha recabado información de la base de datos de series de precipitación mensual acumulada. Para los cuales, se llevaron a cabo los siguientes procesos:

Información sobre el reporte de incidencias de sequías para la región de Ayacucho. Se obtiene mediante la plataforma del INDECI, que es de acceso público y no requiere registro. Los datos se obtienen a través de la dirección:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojMDMxOGYwNWItYmI0Yy00YWI2LTlhNzYtMTY1YTdjNjhiYWWE3fiwidCI6IjNlZW5kMjZILThNTUtdNdG4MC040DEyLWEzMGZjZGU3OGEyZCJ9&pageName=ReportSectioncd99edcca07a5ff10551>

Figura 5

Ventana principal de la plataforma de INDECI.



Nota. Plataforma de INDECI sobre el reporte de emergencia de fenómenos en el Perú.

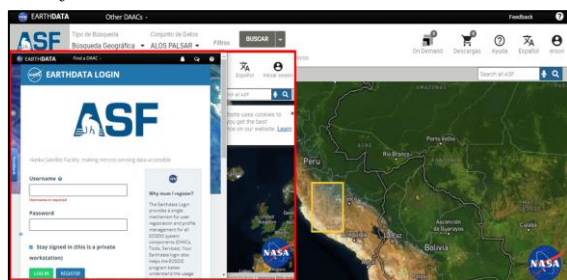
Descarga de cartas nacionales en formato tipo shapefile, mediante la página oficial de GeoGPS

Perú a través del siguiente enlace: <https://www.geogpsperu.com/>

Descarga del Modelo de Elevación Digital (DEM), se obtiene mediante la plataforma de Earthdata Search Vertex, ofrece datos del satélite Alos Palsar pixeado con una resolución de 12.5m. x 12.5m disponible en la siguiente dirección: <https://search.asf.alaska.edu/#/>

Figura 6

Plataforma de Earthdata Search Vertex.



Nota. Ventana principal de Earthdata Search Vertex para la descarga de Modelo Digital de Elevación. (DEM) (<https://search.asf.alaska.edu/#/>).

Información sobre datos de precipitación. La base de datos de registro histórico de precipitación mensual se ha recopilado para un periodo de tiempo de 20 años (2003-2022), en base al reporte disponible de las incidencias de sequía en Ayacucho por INDECI y la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Estas series de datos se obtuvo a partir de diversas fuentes, como la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (Ana) y la Oficina de Operación y Mantenimiento Hidráulico (OPEMAN) de gobierno regional de Ayacucho.

2.3.2. Fase gabinete

En esta fase se realizó los siguientes procesos:

- Generación de mapas sobre incidencias de sequía en Ayacucho mediante el software ArcGis 10.5.
- Selección de estaciones meteorológicas y pluviométricas.
- Tratamiento de datos de precipitación.
- Estimación del índice de precipitación estandarizado (SPI) a una escala de tiempo a corto plazo (1 y 3 meses), mediano plazo (6 meses) y a largo plazo (> 12 meses).

Generación de mapa sobre incidencia de sequías en Ayacucho.

Se desarrolla en base al reporte de incidencias proporcionada por INDECI, las cartas nacionales del servidor GeoGps y el modelo digital de elevación

(DEM). Para el mapeo, se utiliza el software ArcGIS 10.5.

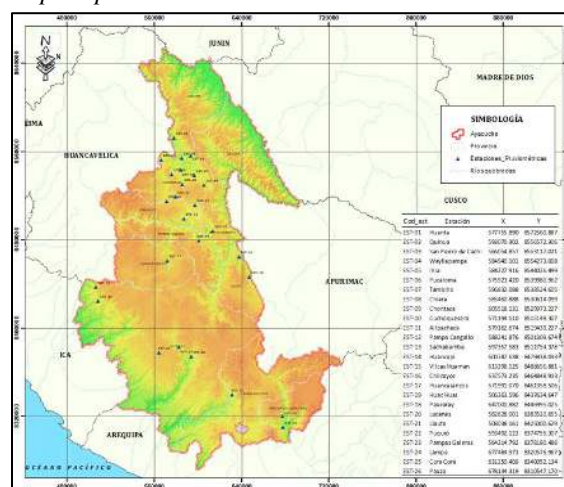
Análisis y tratamiento de los datos de precipitación.

Para análisis y tratamiento de los datos se realizó los siguientes procesos:

Paso 1. Para el presente estudio se ha obtenido datos de registro históricos de precipitación mensual, seleccionando 26 estaciones para un periodo de análisis de 20 años. La mayoría de las estaciones tienen menos del 20% de datos faltantes para el período comprendido entre 2003 al 2022.

Figura 7

Distribución espacial de las estaciones con registro de precipitación mensual.



Paso 2. Análisis exploratorio de datos de precipitación mensual, los datos de precipitación mensual son sometidos a un proceso de análisis y pruebas estadísticas con el fin de evaluar su calidad y confiabilidad. Para determinar las series de datos mensuales faltantes, se utilizó el criterio de Parra y Cortez (2005) establecen, si falta al menos un dato en el mes, no se calcula el valor mensual, considerándose perdido. Esto se debe a que el valor mensual es la suma acumulada de las lluvias diarias y los datos faltantes pueden comprometer la representatividad de los resultados utilizados en el estudio.

El análisis exploratorio de la serie de datos de precipitación mensual se realizó por estación, este análisis proporciona una vista general de todos los datos a ser analizados, identificando posibles datos atípicos (outliers) y estaciones no homogéneas. Para ello, se emplearon herramientas como diagramas de caja (box plot), histogramas, curvas de doble masa y pruebas estadísticas. Los posibles datos atípicos identificados son puestos a evaluados en

comparación con estaciones cercanas. Con base en la información histórica de precipitación mensual, se determinó si los datos dudosos debían ser eliminados o incluidos en la siguiente fase del análisis.

Paso 3. Análisis estadístico preliminar, se evalúa los cambios en la media y la homogeneidad de los datos en base a la información histórica de precipitación mensual. Posteriormente, se filtra los datos mensuales faltantes para detectar saltos y tendencias mediante pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, utilizando el software trend. Este software facilita las pruebas estadísticas para el análisis posterior de saltos y tendencias.

Paso 4. Grupos homogéneas, la formación de grupos homogéneas se realiza en dos etapas. En la Primera etapa se realiza un agrupamiento preliminar de las 26 estaciones mediante el software past4.03 por el método clúster de Ward, basado en la media de los datos de precipitación anual para el período 2003 a 2022. Como resultado, se genera un dendrograma, que es un diagrama de árbol que muestra la formación de conglomerados en cada paso según sus niveles de similitud.

Segunda etapa, en esta etapa se realiza el método del vector regional (MVR) a través del software Hydraccess, que permite agrupar estaciones de comportamientos similares.

Paso 5. Completación y extensión de datos de precipitación mensual, se ha desarrollado mediante el software Hec-04 para los datos faltantes y atípicos que fueron tratados como datos faltantes.

Paso 6. Consistencia de los datos de precipitación mensual, se ha evaluado mediante las pruebas “T” de Student y “F” de Fisher. A partir de la media y desviación estándar determinando que las series son homogéneas con 5% de nivel de significancia.

Estimación del índice de precipitación estandarizado (SPI) a una escala de tiempo a corto, mediano y largo plazo.

Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).

SENAMHI (2016), fue desarrollado por McKee en 1993, es una probabilidad que nos da una representación de los periodos secos y húmedos; cuantificando el déficit de precipitación en distintas escalas de tiempo. Se basa en el uso de series de tiempo de precipitación mensual y su correspondiente ajuste a la función de distribución de probabilidad Gamma, que posteriormente es transformada en la función normal.

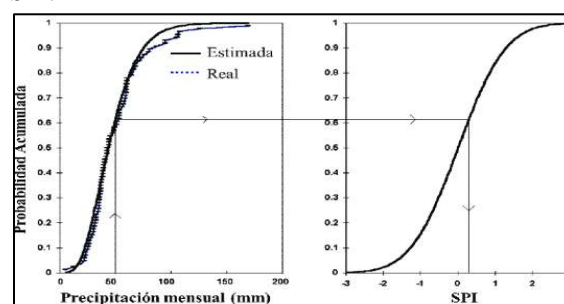
Según McKee et al. (1993), el SPI fue desarrollado en base a datos de precipitación; para lo cual se selecciona un conjunto de periodos promedios, para determinar el conjunto de escalas de tiempo “i” meses donde i es 3, 6, 12, 24 y 48 meses. Estas escalas son representaciones de tiempos arbitrarias pero típicas; el conjunto de datos se mueve en el sentido de que cada mes se determine un nuevo valor a partir de los “i” meses anteriores. Cada uno de los conjuntos de datos se ajusta a una función gamma para definir la relación entre la probabilidad y la precipitación.

Utilizando el SPI como indicador se puede establecer una definición funcional y cuantitativa de sequía para cada escala temporal. Un evento de sequía para la escala de tiempo se detiene aquí como un periodo en el que el SPI es continuamente negativo y alcanza un valor de “-1” o menos. La sequía comienza cuando el SPI cae por primera vez por debajo de cero y termina con el valor positivo del SPI después de un valor de “-1” o menos.

El procedimiento de transformación de la lluvia observada a través de las funciones de distribución acumulativa (CDF) de la distribución Gamma y la variable normal estandarizada (ver Figura 8).

Figura 8

Transformación de la lluvia observada mediante la función de distribución acumulativa Gamma (CDF) y la CDF de la variable normal estandarizada al SPI.



Nota. Adoptada de Edwards & McKee, 1997. por (Olivares, 2018)

Para el cálculo del SPI, las series de datos de precipitación de cada estación se ajustan a una función de distribución de probabilidad Gamma.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{para } x > 0 \quad \dots\dots\dots 01$$

Donde:

$x > 0$ es la precipitación acumulada.

$\alpha > 0$ es un parámetro de uniformidad.

$\beta > 0$ es un parámetro de escala.

$\Gamma(\alpha)$ define la función gamma.

Las soluciones de máxima verosimilitud se utilizan para estimar óptimamente los parámetros de distribución gamma, α y β para cada estación y para cada uno de los intervalos de tiempo (3 y 6 meses).

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \dots \dots \dots 02$$

$$\hat{\beta} = \left(\frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \right) \dots \dots \dots 03$$

$$A = \ln(\bar{x}) - n^{-1} \sum \ln(x) \dots \dots \dots 04$$

Donde:

α y β son parámetros de forma y escalar, pueden ser estimados con un procedimiento iterativo, para un mes dado y una escala de tiempo. La probabilidad acumulada $G(x)$ de una cantidad de precipitación, está dado por:

$$G(x) = \frac{1}{\beta r(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}} e^{-x/\beta} dx \dots \dots \dots 05$$

Dado que, $t = x/\beta$ se reduce a la siguiente función, llamada función Gamma incompleta:

$$G(x) = \frac{1}{r(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \dots \dots \dots 06$$

La distribución Gamma no está definida para $x = 0$ y la probabilidad de precipitación en cero $q = p(x = 0)$ viene a ser positiva, entonces la función probabilidad acumulada se convierte en:

$$H(x) = q + (1 - q) G(x) \dots \dots \dots 07$$

Donde, “q” es la probabilidad $x = 0$, es decir la frecuencia de ocurrencia de $x = 0$ en todas las series observadas, cuando son transformadas en función de distribución estándar normal, el SPI se 08 como:

$$\begin{aligned} & - \left(t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), t \\ & = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{H_{(x)}^2} \right)}, 0 < H_{(x)} \leq 0.5 \\ & \left(t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), t \\ & = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{H_{(x)}^2} \right)}, 0.5 < H_{(x)} \leq 1 \end{aligned}$$

Donde, las constantes equivalen a: $c_0 = 2.515517$, $c_1 = 0.802853$, $c_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$ y $d_3 = 0.001308$.

La estimación de la sequía se desarrolla mediante el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el cual requiere únicamente como dato de ingreso a series mensuales de precipitación, se obtiene una definición cuantitativa de sequía para

cada escala temporal, siendo estas de 1, 3, 6, y 12 meses para el periodo 2003 a 2022. La sequía comienza cuando el valor del SPI cae por debajo de cero por primera vez y finaliza cuando el SPI vuelve a ser positivo (McKee y otros, 1993).

El cálculo del SPI se desarrolla para cada escala temporal: corto plazo (1 y 3 meses), mediano plazo (6 meses) y largo plazo (> a 12 meses). El ajuste del SPI se realiza en dos etapas: se aplica una distribución Gamma a la serie de precipitación y luego se transforma a una distribución Normal estandarizada con media cero y varianza unitaria.

Según McKee et al. (1993), la intensidad de sequía se clasifica según los resultados del SPI, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación del SPI.

SPI	CATEGORÍA	PROBABILIDAD (%)
>2	Extremadamente húmedo	2.3
1.5 - 1.99	Muy húmedo	4.4
1 - 1.49	Moderadamente húmedo	9.2
-0.99 - 0.99	Cercano normal	68.2
-1 a -1.49	Moderadamente seco	9.2
-1.5 a -1.99	Muy seco	4.4
<-2	Extremadamente seco	2.3

Nota. Adoptado de (McKee y otros, 1993).

3. RESULTADOS Y DICUSIONES

3.1. Mapa de incidencia de sequía según el reporte de INDECI

La Figura 9, muestra el reporte de la distribución espacial de los registros de incidencias ocurridas en la región de Ayacucho.

Figura 9

Mapa de incidencias según el reporte de INDECI para el periodo (2003 - 2021).

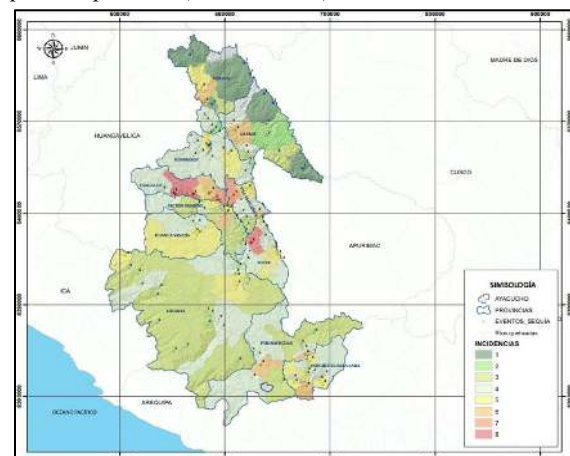


Tabla 3, presenta el registro de incidencias de sequía por provincia. Según esta tabla, la provincia de Lucanas reportó el mayor número de incidencias, con 73 registros lo que representa el 16% del total en la región de Ayacucho. El registro por distritos, según el informe de INDECI, corresponde a los distritos de Chuschi en la provincia de Cangallo y Querosbamba en la provincia de Sucre.

Tabla 3

Reporte de incidencias de sequía por provincia.

PROVINCIA	INCIDENCIAS	
	REGISTRO	(%)
Lucanas	73	16.0
Huamanga	57	12.5
Sucre	51	11.2
Paucar del Sara Sara	47	10.3
Victor Fajardo	46	10.1
Cangallo	38	8.3
Vilcas Huaman	35	7.7
Parinacochas	33	7.2
Huanta	32	7.0
Lamar	27	5.9
Huancasancos	18	3.9
TOTAL	457	100.0

Nota. Elaboración propia.

3.2. Análisis exploratorio de datos de precipitación

Este análisis se llevó a cabo para las 26 estaciones pluviométricas, con un total de 5330 datos registrados y 910 datos faltantes, lo que representa el 14.58% del total de la serie analizada. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (ver Tabla 4).

3.2.1. Análisis de caja box plot e histogramas

Mediante el diagrama de caja (box plot), se identificó 2.44% de datos dudosos.

Tabla 4

Datos ausentes y atípicos.

Descripción	Dato (mes)	Dato (%)
datos atípicos con la probabilidad de ser eliminados	152	2.44%
Datos ausentes	910	14.58%
Total, de datos	6240	100.00%

De acuerdo al análisis efectuado, las estaciones evidencian notable consistencia. Según los histogramas obtenidas se evidencia que en los primeros años de registro presentan picos bajo, los cuales indica que hubo poca precipitación; en cambio en los registros de 2011 a 2019 muestran histogramas de picos alto, indica que hubo presencia de lluvia; mientras tanto en los últimos años de registro los histogramas de las estaciones analizadas muestran picos bajos con descenso de lluvia. De las

estaciones analizadas, Sachabamba es la estación con registró de mayor precipitación anual (en mm), mientras que la estación de Lampa presenta menor registro anual (en mm). A continuación, se muestran los histogramas correspondientes para cada estación.

Figura 10

Histograma de precipitación anual, estación Huanta y Quinua.

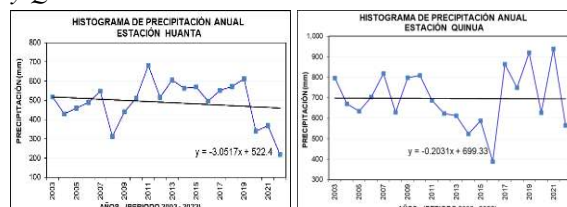


Figura 11

Histograma de precipitación anual, estación San Pedro de Cachi y Wayllapampa.

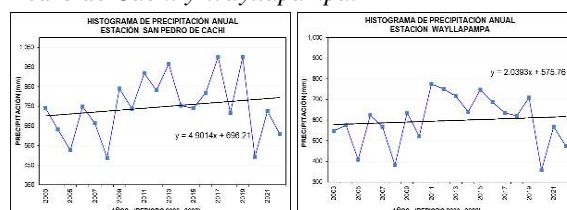


Figura 12

Histograma de precipitación anual, estación Inia y Pucalloma.

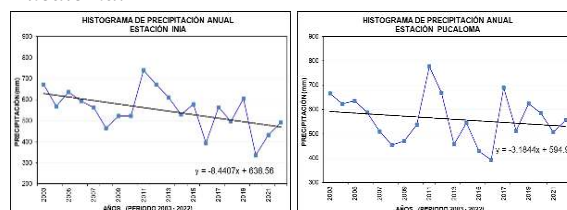


Figura 13

Histograma de precipitación anual, estación Tambillo y Chiara.

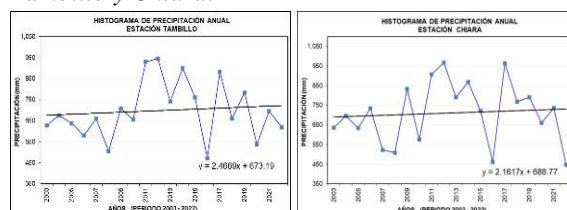


Figura 14

Histograma de precipitación anual, estación Chontaca y Cuchoquesera.

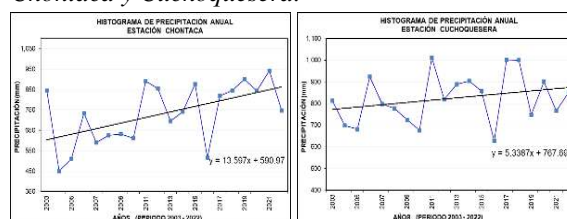


Figura 15

Histograma de precipitación anual, estación Allpachaca y Pampa Cangallo.

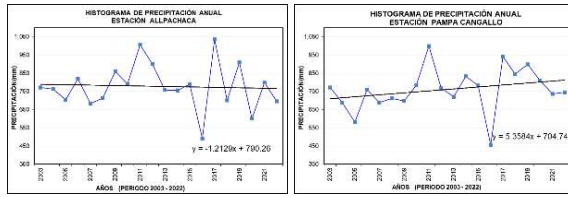


Figura 16

Histograma de precipitación anual, estación Sachabamba y Huancapi.

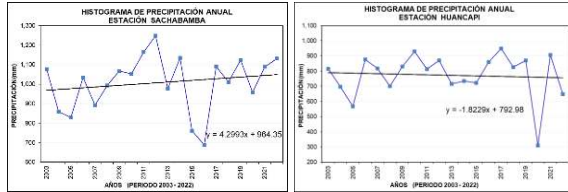


Figura 17

Histograma de precipitación anual, estación Vilcas Huamán y Chilcayoc.

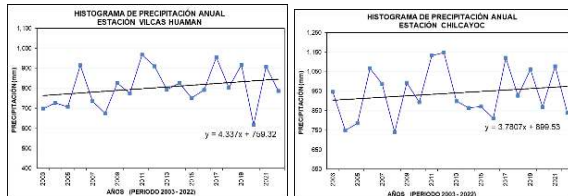


Figura 18

Histograma de precipitación anual, estación Huancasancos y Paucaray.

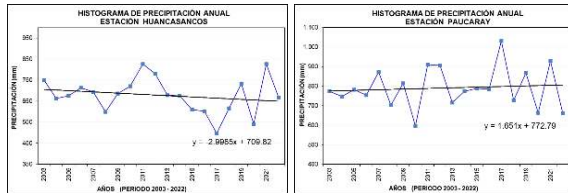


Figura 19

Histograma de precipitación anual, estación Huac Huas y Lucanas.

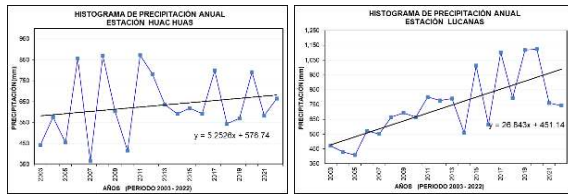


Figura 20

Histograma de precipitación anual, estación Llauta y Puquio.

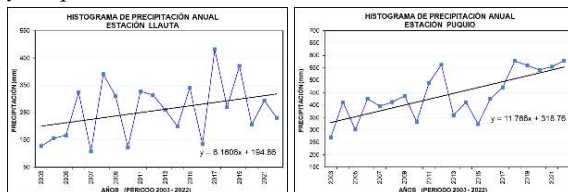


Figura 21

Histograma de precipitación anual, estación Pampas Galeras y Lampa.

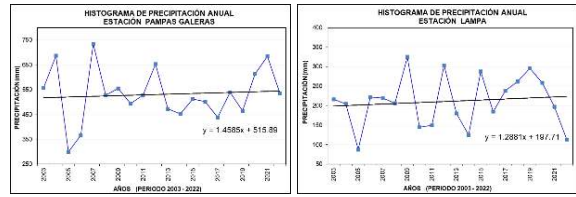
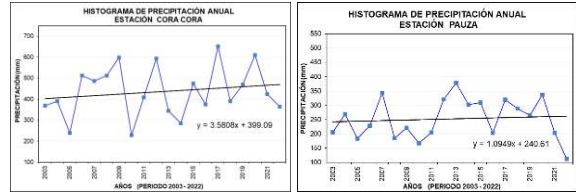


Figura 22

Histograma de precipitación anual, estación Cora Cora y Pauza.



3.2.2. Análisis de doble masa

El análisis se llevó a cabo mediante la comparación de las estaciones por correlación, empleando una estación ficticia generada a partir del promedio de las estaciones en el área de estudio. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 10, así como en las Figuras 31 y 32.

Figura 23

Histograma de la precipitación acumulada anual de las estaciones.

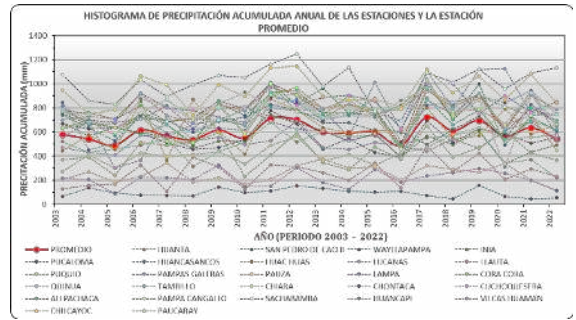
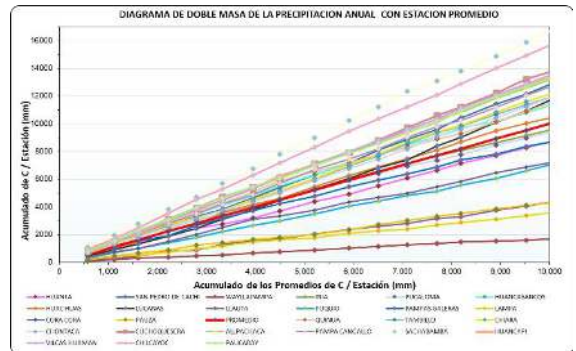


Figura 24

Diagrama de doble masa de la precipitación anual con la estación promedio.



3.2.3. Pruebas estadísticas

El análisis estadístico fue desarrollado mediante el software TREND, que facilitó la identificación de cambios en saltos y tendencias mediante pruebas estadísticas de Mann-Kendall, Spearman's Rho, regresión lineal, Cusum, desviación acumulada, Worsley likelihood, Rank Sum y t de Student.

Tabla 5

Prueba estadística para las estaciones Huanta, Quinua y San Pedro de Cachi.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: HUANTA					ESTACIÓN: QUINUA					ESTACIÓN: SAN PEDRO DE CACHI					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	-0.829	1.65	1.96	2.58	NS	-0.348	1.65	1.96	2.58	NS	-0.116	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	-0.808	1.65	1.96	2.58	NS	-0.357	1.65	1.96	2.58	NS	-0.086	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	-0.732	1.66	1.98	2.61	NS	-0.271	1.66	1.98	2.61	NS	0.301	1.66	1.98	2.61	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	11	18.90	21.07	25.25	NS	8	18.90	21.07	25.25	NS	10	18.90	21.07	25.25	NS	Paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.902	1.18	1.30	1.56	NS	0.573	1.18	1.30	1.56	NS	0.744	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.648	2.87	3.16	3.79	NS	2.953	2.87	3.16	3.79	NS	2.244	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	0.271	1.65	1.96	2.58	NS	0.492	1.65	1.96	2.58	NS	-0.228	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	0.01	1.66	1.98	2.61	NS	0.464	1.66	1.98	2.61	NS	-0.712	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 6

Prueba estadística para las estaciones Wayllapampa, Inia y Pucaloma.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: WAYLLAPAMPA					ESTACIÓN: INIA					ESTACIÓN: PUCALOMA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.13	1.65	1.96	2.58	NS	-1.803	1.65	1.96	2.58	NS	-0.616	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.169	1.65	1.96	2.58	NS	-1.755	1.65	1.96	2.58	NS	-0.488	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.181	1.66	1.98	2.61	NS	-1.723	1.66	1.98	2.61	NS	-0.76	1.66	1.98	2.61	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	14	18.90	21.07	25.25	NS	13	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.827	1.18	1.30	1.56	NS	1.081	1.18	1.30	1.56	NS	0.649	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.433	2.87	3.16	3.79	NS	3.01	2.87	3.16	3.79	NS	3.034	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.57	1.65	1.96	2.58	NS	1.384	1.65	1.96	2.58	NS	0.535	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.637	1.66	1.98	2.61	NS	1.375	1.66	1.98	2.61	NS	0.82	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 7

Prueba estadística para las estaciones Huanta, Quinua y San Pedro de Cachi.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: HUANTA					ESTACIÓN: QUINUA					ESTACIÓN: SAN PEDRO DE CACHI					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	-0.829	1.65	1.96	2.58	NS	-0.348	1.65	1.96	2.58	NS	-0.116	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	-0.808	1.65	1.96	2.58	NS	-0.357	1.65	1.96	2.58	NS	-0.086	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	-0.732	1.66	1.98	2.61	NS	-0.271	1.66	1.98	2.61	NS	0.301	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	11	18.90	21.07	25.25	NS	8	18.90	21.07	25.25	NS	10	18.90	21.07	25.25	NS	Paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.902	1.18	1.30	1.56	NS	0.573	1.18	1.30	1.56	NS	0.744	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.648	2.87	3.16	3.79	NS	2.953	2.87	3.16	3.79	NS	2.244	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	0.271	1.65	1.96	2.58	NS	0.492	1.65	1.96	2.58	NS	-0.228	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	0.01	1.66	1.98	2.61	NS	0.464	1.66	1.98	2.61	NS	-0.712	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 8

Prueba estadística para las estaciones Wayllapampa, Inia y Pucaloma.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: WAYLLAPAMPA					ESTACIÓN: INIA					ESTACIÓN: PUCALOMA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.13	1.65	1.96	2.58	NS	-1.803	1.65	1.96	2.58	NS	-0.616	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.169	1.65	1.96	2.58	NS	-1.755	1.65	1.96	2.58	NS	-0.488	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.181	1.66	1.98	2.61	NS	-1.723	1.66	1.98	2.61	NS	-0.76	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	14	18.90	21.07	25.25	NS	13	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.827	1.18	1.30	1.56	NS	1.081	1.18	1.30	1.56	NS	0.649	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.433	2.87	3.16	3.79	NS	3.01	2.87	3.16	3.79	NS	3.034	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.57	1.65	1.96	2.58	NS	1.384	1.65	1.96	2.58	NS	0.535	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.637	1.66	1.98	2.61	NS	1.375	1.66	1.98	2.61	NS	0.82	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 9

Prueba estadística para las estaciones Tambillo, Chiara, Chontaca.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: TAMBILLO					ESTACIÓN: CHIARA					ESTACIÓN: CHONTACA					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.196	1.65	1.96	2.58	NS	-0.294	1.65	1.96	2.58	NS	1.089	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.264	1.65	1.96	2.58	NS	-0.158	1.65	1.96	2.58	NS	1.114	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.067	1.66	1.98	2.61	NS	-0.064	1.66	1.98	2.61	NS	1.191	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	11	18.90	21.07	25.25	NS	12	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	Paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.687	1.18	1.30	1.56	NS	0.646	1.18	1.30	1.56	NS	0.913	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.223	2.87	3.16	3.79	NS	2.342	2.87	3.16	3.79	NS	2.833	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.464	1.65	1.96	2.58	NS	-0.46	1.65	1.96	2.58	NS	-1.078	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.141	1.66	1.98	2.61	NS	-0.206	1.66	1.98	2.61	NS	-1.016	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 10

Prueba estadística para las estaciones Cuchoquesera, Allpachaca, Pampa Cangallo.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: CUCHOQUESERA					ESTACIÓN: ALLPACHACA					ESTACIÓN: PAMPA CANGALLO					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.549	1.65	1.96	2.58	NS	-0.223	1.65	1.96	2.58	NS	0.521	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.539	1.65	1.96	2.58	NS	-0.15	1.65	1.96	2.58	NS	0.475	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.281	1.66	1.98	2.61	NS	-0.422	1.66	1.98	2.61	NS	0.552	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	8	18.90	21.07	25.25	NS	10	18.90	21.07	25.25	NS	10	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.504	1.18	1.30	1.56	NS	0.452	1.18	1.30	1.56	NS	0.542	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.257	2.87	3.16	3.79	NS	2.376	2.87	3.16	3.79	NS	2.111	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-1.081	1.65	1.96	2.58	NS	-0.256	1.65	1.96	2.58	NS	-0.802	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.615	1.66	1.98	2.61	NS	0.505	1.66	1.98	2.61	NS	-0.553	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 11

Prueba estadística para las estaciones Sachabamba, Huancapi, Vilcas Huamán.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: SACHA BAMBA					ESTACIÓN: HUACAPI					ESTACIÓN: VILCAS HUAMAN					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	0.238	1.65	1.96	2.58	NS	-1.131	1.65	1.96	2.58	NS	-0.108	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.226	1.65	1.96	2.58	NS	-1.057	1.65	1.96	2.58	NS	-0.062	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.294	1.66	1.98	2.61	NS	-0.51	1.66	1.98	2.61	NS	0.16	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	8	18.90	21.07	25.25	NS	14	18.90	21.07	25.25	NS	7	18.90	21.07	25.25	NS	No paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.508	1.18	1.30	1.56	NS	0.609	1.18	1.30	1.56	NS	0.433	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.094	2.87	3.16	3.79	NS	2.572	2.87	3.16	3.79	NS	1.794	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Rank Sum	-0.546	1.65	1.96	2.58	NS	0.451	1.65	1.96	2.58	NS	-0.345	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.316	1.66	1.98	2.61	NS	0.36	1.66	1.98	2.61	NS	-0.209	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Tabla 12

Prueba estadística para las estaciones Chilcayoc, Huancasancos y Paucaray.

TEST ESTADÍSTICO	ESTACIÓN: CHILCAYOC					ESTACIÓN: HUANCASANCOS					ESTACIÓN: PAUCARAY					TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.	Zestadístico	a=0.1	a=0.05	a=0.01	RES.		
Mann-Kendall	-0.065	1.65	1.96	2.58	NS	-0.392	1.65	1.96	2.58	NS	-0.295	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Spearman's Rho	-0.07	1.65	1.96	2.58	NS	-0.340	1.65	1.96	2.58	NS	-0.214	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	TENDENCIAS
Linear regression	0.053	1.66	1.98	2.61	NS	-0.654	1.66	1.98	2.61	NS	-0.117	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	TENDENCIAS
Cusum	12	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	9	18.90	21.07	25.25	NS	Paramétrico	SALTOS
Cumulative deviation	0.407	1.18	1.30	1.56	NS	0.652	1.18	1.30	1.56	NS	0.404	1.18	1.30	1.56	NS	Paramétrico	SALTOS
Worsley likelihood	2.187	2.87	3.16	3.79	NS	2.51	2.87	3.16	3.79	NS	2.14	2.87	3.16	3.79	NS	Paramétrico	SALTOS
Student's t	-0.066	1.65	1.96	2.58	NS	-0.071	1.66	1.98	2.58	NS	-0.377	1.65	1.96	2.58	NS	No paramétrico	SALTOS
RankSum	0.146	1.66	1.98	2.61	NS	0.075	1.66	1.98	2.61	NS	-0.116	1.66	1.98	2.61	NS	Paramétrico	SALTOS

Figura 25

Dendograma del agrupamiento preliminar, mediante el programa past4.03.

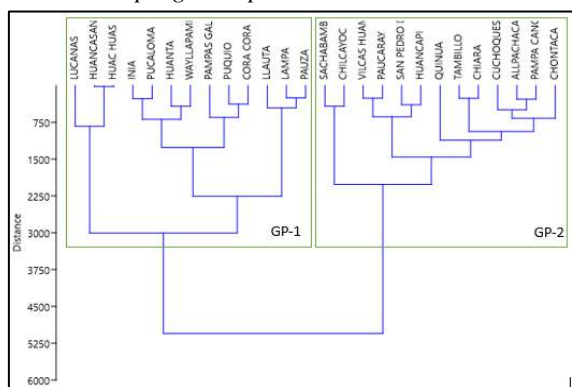
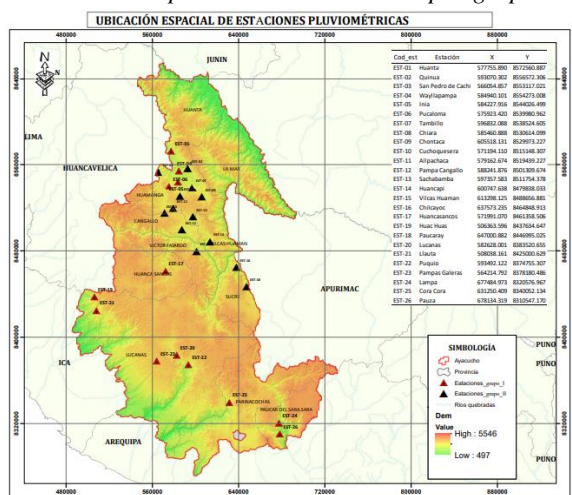


Figura 26

Distribución espacial de las estaciones por grupo.



En la Figura 26, se observa la distribución espacial y altitudinal de las estaciones meteorológicas para la región de Ayacucho. Las estaciones de color rojo pertenecen al grupo I y las estaciones de coloración negra pertenecen al grupo II.

Vector regional del grupo I.

Las estaciones del grupo I muestra una correlación confiable, reflejando un comportamiento homogéneo de precipitación entre las estaciones analizadas con un nivel de confianza del 95 %. En efecto, la variabilidad pluviométrica se presenta como un indicador sólido para el análisis de los índices anuales.

Figura 27

Índice anual del vector regional para el grupo I.

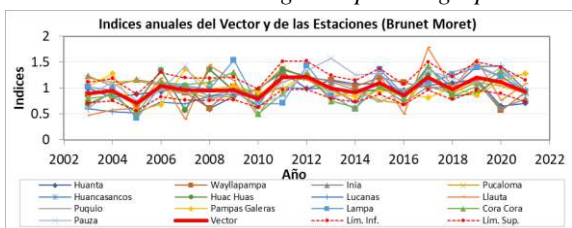
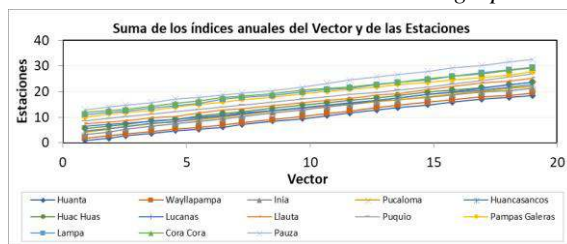


Figura 28

Índices acumulados de las estaciones del grupo I.



Vector regional del grupo II.

Las estaciones del grupo II muestra una correlación sólida, evidenciando un comportamiento homogéneo de precipitación entre las estaciones analizadas con un nivel de confianza del 95 %. En consecuencia, la variabilidad pluviométrica se confirma como un indicador confiable en el análisis de los índices anuales.

Figura 29

Índice anual del vector regional para el grupo II.

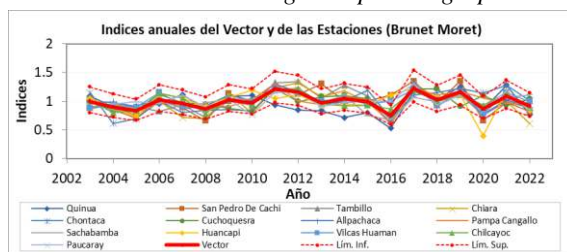
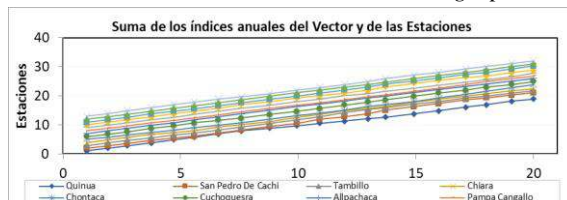


Figura 30

Índices acumulados de las estaciones del grupo II.



3.3. Variabilidad espacio temporal de SPI a escalas de tiempo 1, 3, 6 y 12 meses.

3.3.1. Sequía a corto plazo (SPI-1 y SPI-3)

La sequía a corto plazo se determinó a escalas temporales de 1 y 3 meses (SPI-1 y SPI-3) en ambos grupos homogéneos de series de precipitación. Las escalas reflejan condiciones a corto, mediano y largo plazo, se asocian con tipos de sequía, así como con las condiciones de humedad del suelo y el estrés de los cultivos durante la temporada de crecimiento. Los resultados muestran la variabilidad mensual de los periodos de eventos secos y húmedos durante el período de estudio de 2003 a 2022. La clasificación de las condiciones de sequía sigue los criterios de la OMM (2012), organizándose en categorías:

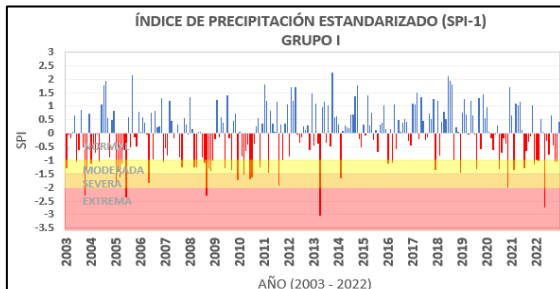
- Condiciones normales (valores de SPI entre - 0.99 a 0.99, color blanco).

- Moderadamente seco (de -1 a -1.49, en amarillo).
- Severamente seco (de -1.5 a -1.99, en naranja).
- Extremadamente seco (SPI menor a -2, en rojo).

✓ **SPI-1**

Figura 31

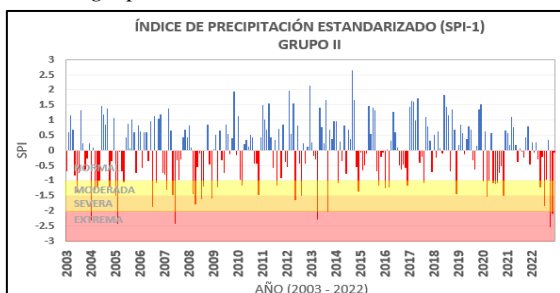
Variación temporal del SPI a una escala de 1 mes del grupo I.



La Figura 31, presenta los resultados del análisis de caracterización de sequía y humedad de grupo I para una escala temporal de 1 mes, mostrando también las fluctuaciones en un rango de -3.03 a 2.25 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

Figura 32

Variación temporal de la sequía a una escala de 1 mes del grupo II.

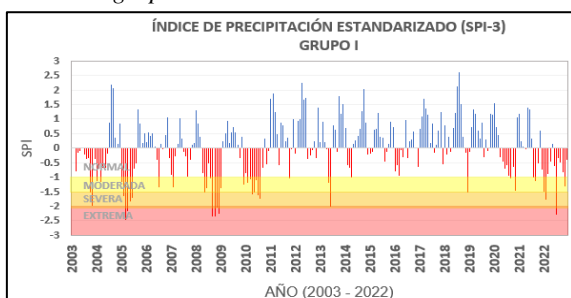


En la Figura 32, se evidencia los resultados del análisis de caracterización de sequía y humedad en el grupo II para una escala temporal de 1 mes, junto con las fluctuaciones en un rango de -2.56 a 2.65 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

✓ **SPI-3**

Figura 33

Variación temporal de la sequía a una escala de 3 meses del grupo I.



En la Figura 33, se muestra los resultados del análisis de caracterización de sequía y humedad del grupo I a una escala temporal de 3 meses, con fluctuaciones en un rango de -2.47 a 2.62 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

Figura 34

Variación temporal de sequía a escala de tiempo 3 meses del grupo II.

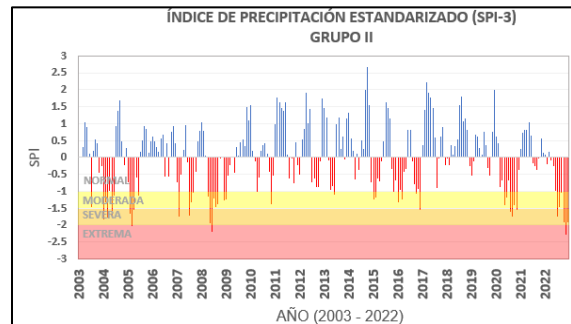


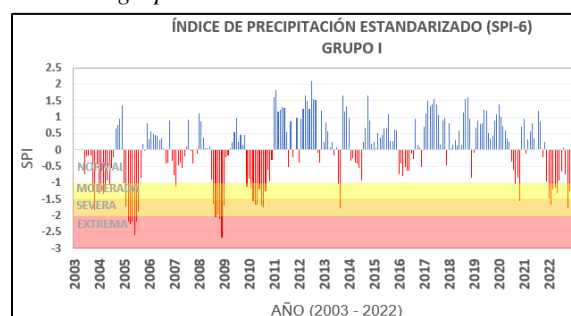
Figura 34, presenta el análisis del SPI en una escala temporal de 3 meses para el grupo II, junto con las fluctuaciones en un rango de -2.47 a 2.62 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

3.3.2. Sequía a mediano plazo (SPI-6)

En la Figura 35, se evidencia el análisis del SPI en una escala temporal de 6 meses para el grupo I, junto con las fluctuaciones en un rango de -2.67 a 2.11 durante el período de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022.

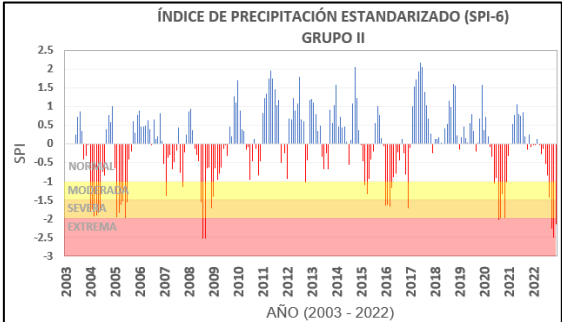
Figura 35

Variación temporal de sequía a una escala de 6 meses del grupo I.



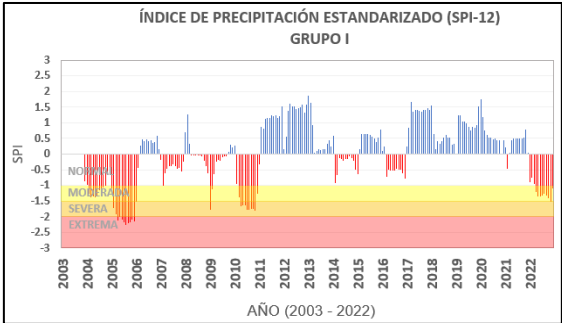
En la Figura 36, se observa los resultados del análisis de SPI a una escala temporal de 6 meses del grupo II, junto con la variación que oscila de -2.53 a 2.19 durante un periodo de análisis de 20 años, desde 2003 hasta 2022. En los primeros años se evidencia puntos de haber llegado a extrema.

Figura 36
Variación temporal de sequía a una escala de 6 meses del grupo II.



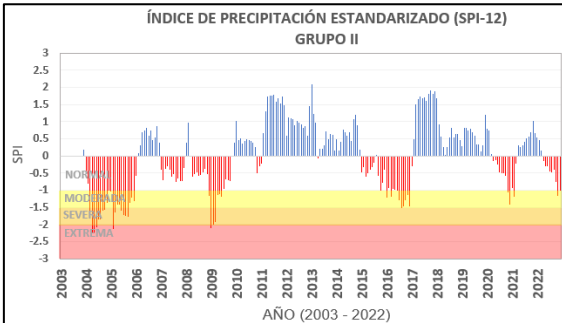
3.3.3. Sequía a largo plazo (SPI-12)

Figura 37
Variación temporal de sequía a una escala de 12 meses del grupo I.



Según la Figura 37, se evidencia la variación del análisis de SPI en una escala temporal de 12 meses para el grupo, así como las fluctuaciones que oscilan entre -2.27 y 2.08 durante un período de análisis de 20 años, de 2003 a 2022. Se muestra la fluctuación en los primeros años hasta extrema y los últimos años a moderada.

Figura 38
Variación temporal de sequía a una escala de 12 meses del grupo II.



Para la caracterización de la sequía presentada en las figuras anteriores, se ha creado una tabla resumen que incluye las principales características de la sequía. Esta tabla detalla los resultados de las dos regiones homogéneas, abarcando aspectos como el número de eventos, duración máxima, intensidad

máxima, severidad máxima, así como el inicio y el final de cada evento.

Tabla 16
Caracterización de SPI para el periodo de análisis (2003 al 2022).

SPI-escala	Grupo	Nº de eventos	Duración máxima	Intensidad máxima	Severidad máxima
SPI-1	Grupo I	68	6	-3.03	-9.06
SPI-3	Grupo I	56	9	-2.47	-14.88
SPI-6	Grupo I	57	13	-2.67	-15.84
SPI-12	Grupo I	56	25	-2.27	-38.28
SPI-1	Grupo II	63	6	-2.44	-6.74
SPI-3	Grupo II	59	8	-2.19	-9.97
SPI-6	Grupo II	64	14	-2.53	-14.47
SPI-12	Grupo II	56	23	-2.27	-36.57

Tabla 14, presenta los resultados del SPI para diferentes escalas temporales: corto plazo (SPI-1 y SPI-3), mediano plazo (SPI-6) y largo plazo (SPI-12). En esta tabla, se observa que el grupo I registra el mayor número de eventos en la escala de 1 mes. Por otro lado, el SPI-12 muestra una duración más prolongada de los eventos en ambos grupos, siendo el grupo I la más afectada. Asimismo, esta región exhibe la mayor intensidad y severidad de los eventos analizados.

Tabla 17
Caracterización de las sequías más severas registradas durante el periodo de estudio (2003 a 2022).

SPI-escala	Grupo	Duración (meses)	Intensidad	Severidad	Inicio	Fin
SPI-1	Grupo I	6	-2.37	-9.06	01/01/2005	07/01/2005
SPI-3	Grupo I	9	-2.36	-14.88	05/01/2008	02/01/2009
SPI-6	Grupo I	8	-2.59	-15.84	02/01/2005	10/01/2005
SPI-12	Grupo I	25	-2.27	-38.28	02/01/2004	03/01/2006
SPI-1	Grupo II	6	-1.79	-6.74	03/01/2008	09/01/2008
SPI-3	Grupo II	8	-1.75	-9.97	05/01/2020	01/01/2021
SPI-6	Grupo II	14	-2.53	-14.47	07/01/2008	09/01/2009
SPI-12	Grupo II	23	-2.27	-36.57	03/01/2004	02/01/2006

Según la Tabla 15, se evidencia los resultados de la caracterización del SPI, enfocándose en sequías más severas por grupos de análisis, incluyendo aspectos como intensidad, duración en meses y las fechas de inicio a finalización de cada sequía. Este análisis abarca escalas de tiempo de 1, 3, 6 y 12 meses para el periodo de análisis de 2003 a 2022. Según los resultados obtenidos la mayor severidad se registró en el grupo I, con una duración de 25 meses, iniciando en enero de 2004 y finalizando en marzo de 2006. Asimismo, el grupo I mostró menor severidad a escala de 1 mes, con un evento que tuvo lugar entre enero y julio de 2005.

3.4. Análisis de las tendencias en el comportamiento de las sequías observadas.

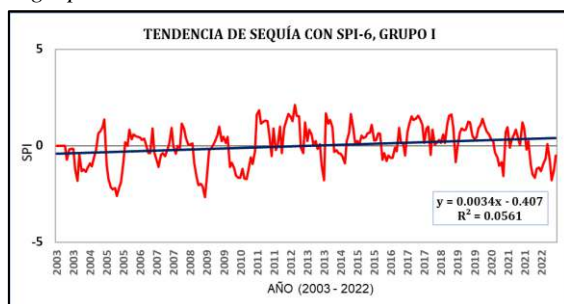
Las Figuras 39 y 40 ilustran los resultados del análisis de tendencias para la serie SPI, centrándose

en el comportamiento observado de las sequías a una escala temporal de 6 meses, que es la más significativa en el análisis de sequías referente a la agricultura. Este análisis implica calcular el pendiente de la línea de mejor ajuste para la serie ($y=mx+b$) a fin de evaluar si las condiciones de sequía en el área de estudio están en aumento o en declive.

La Figura 39, correspondiente al grupo I, la serie SPI-6 revela una pendiente positiva de 0,0034, lo cual indica disminución en la ocurrencia de eventos secos.

Figura 39

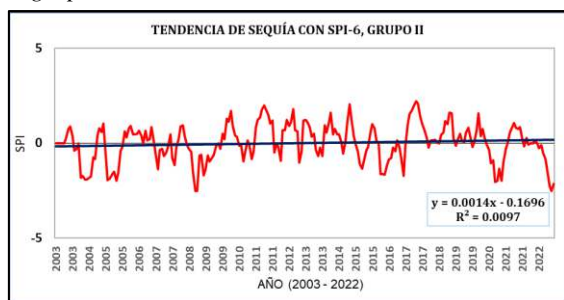
Tendencias de sequía a escala de tiempo SPI-6 para el grupo I.



En la Figura 40, el grupo II exhibe una pendiente positiva de 0,0014 en su serie SPI-6, lo que indica que el grupo II, la incidencia de eventos secos ha estado disminuyendo.

Figura 40

Tendencias de sequía a escala de tiempo SPI-6 para el grupo II.



CONCLUSIONES

El presente estudio logró cumplir el objetivo general de identificar y analizar la variabilidad espacio temporal de las sequías en la región de Ayacucho para el periodo de 2003 a 2022. A través de la implementación de los objetivos específicos, se proporcionó un análisis detallado sobre los patrones de sequía, que incluyó la identificación de las áreas más afectadas, la evolución temporal de los eventos y la determinación de las tendencias.

Se logró generar mapas de incidencia de sequías basado en el reporte de INDECI para la región de Ayacucho durante el periodo de 2003 a 2022, proporcionando una herramienta visual clave para identificar las áreas más afectadas por sequías, lo cual se muestra en el Anexo 4. Este anexo ilustra la distribución espacial de los eventos registrados en los distritos y provincias, con datos de respaldo en el Anexo 2. El informe identifica a Chuschi, Querobamba, Sancos y Totos como los distritos con mayor incidencia de sequías. A nivel provincial, Lucanas reporta la mayor incidencia, con 73 registros durante el periodo de análisis, mientras que la región en general registró 457 incidentes de emergencia por sequía. Estos resultados proporcionan una base para comprender los patrones regionales de sequía y apoyar las estrategias de gestión de recursos hídricos y planificación agrícola. Se realizó el análisis de la variabilidad espacio temporal de la sequía, mediante el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) a escalas de tiempo ajustadas a la región de Ayacucho, permitió caracterizar los eventos de sequía en función de duración, intensidad y severidad, clasificándolas como moderados, severos y extremos en los plazos de corto, mediano y largo. En la escala de tiempo a corto plazo (SPI-1 y SPI-3), se identificó que el grupo I experimentó mayores impactos de sequía. En el mediano plazo (SPI-6), grupo I evidencia los efectos más severos e intensos, mientras que el grupo II muestra mayor número de eventos y mayor duración. A escala de tiempo a largo plazo (SPI-12), los dos grupos compartieron similitudes en cuanto a la cantidad de eventos e intensidad; sin embargo, la duración y severidad fueron superiores en el grupo I. En promedio se registraron 60 eventos de sequía durante el período de análisis en ambos grupos, siendo la sequía más severa ocurrida en los principios de 2004 y 2006 en el grupo I.

Se identificó las tendencias de sequía para el periodo de estudio a una escala temporal de 6 meses, destacándose esta escala como la más significativa para el análisis de sequía en agricultura. Los resultados muestran una tendencia positiva en los grupos I y II, con pendientes de 0.0034 y 0.0014, respectivamente. Lo cual indica una disminución en la frecuencia de eventos de sequía en los últimos años. Esta tendencia es influenciada debido a la presencia de precipitaciones altas durante los periodos de 2009 a 2019 en promedio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2010). *Autoridad Nacional del Agua*. Informe nacional del Perú sobre las condiciones de sequías y estrategias de gestión en el Perú: https://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/571/mod_page/content/88/PERU_2_2.pdf
- Consejo Consultivo del Agua. (2015). *Consecuencias de sequía*. <https://www.aguas.org.mx/sitio/blog/notas/item/95-7-consecuencias-de-una-sequia.html>
- Endara Huanca, S. M., Acuña, D., Vega, J. F., Febre, C., Correa, K., & Avalos, G. (2019). *Caracterización espacio temporal de la sequía en los departamentos altoandinos del Perú (1981-2018)*. SENAMHI, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/233>
- Endara, S. (2019). *Monitoreo de Sequías para Sistemas de Alerta Temprana: descripción de índice para el monitoreo de sequías hidrológicas implementado en el SENAMHI*. Lima. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/293>
- Gallardo, Y., & Brown, O. (2020). *Impactos de las sequías*. BM Editores: <https://bmeditores.mx/ganaderia/impactos-de-las-sequias/>
- GREENPEACE. (2017). *Organización Ecologista Internacional, independiente política y económicamente, para la defensa del medio ambiente y de la paz*. Sequías, algo mas que falta de lluvias impactos e imágenes: https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2017/11/Sequia-Falta-de-Agua_WEB-1.pdf
- INDECI. (2014). *Instituto Nacional de Defensa Civil*. Boletín estadístico virtual de la gestión reactiva: <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201708041005051.pdf>
- INEI. (2018). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecurso/publicaciones_digitales/Est/Lib1568/
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). La relación de la frecuencia y duración de la sequía con las escalas de tiempo. (17-22). https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf
- MINAM. (2012). *Ministerio del Ambiente*. Desarrollo de capacidades en zonificación ecológica económica y ordenamiento territorial en la región de Ayacucho: https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Clima.pdf
- Olivares, B. (2018). *transformación de una distribución gamma ajustada a una distribución normal estandarizada*. https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Ejemplo-de-transformacion-de-una-distribucion-gamma-ajustada-a-una-distribucion_fig2_328083523
- OMM. (2012). *Organización Meteorológica Mundial*. Índice normalizado de precipitación Guía de usuarios: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf
- OMM. (2016). *Manual de indicadores e índices de sequías*. https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO-GWP_Manual-de-indicadores_2016
- SENAMHI. (2016). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Análisis del riesgo de sequías en el Sur del Perú: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/108>
- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Informe técnico: Análisis del periodo de lluvias 2020/2021 a nivel nacional: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2073107/INFORME-LLUVIAS-20-21_Agosto2021%201%20.pdf.pdf
- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Glosario de términos relacionados a Sequías, Gestión del Riesgo y Cambio Climático: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01405SENA-7.pdf>
- SENAMHI. (2021). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Climas del Perú, mapa de clasificación climática nacional: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>