

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA
EN LA PROVINCIA DE TAYACAJA-HUANCAVELICA”**

Presentada por:

ANDY ROGER JUNIOR CACERES HUASHUAYO

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO METEORÓLOGO

Lima – Perú

2024

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

1%

★ CONSULTING SERVICIOS LUCKY SOCIEDAD
COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA.
"PAMA del Fundo Doña Julia-IGA0013700", R.D.G. N°
409-2018-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021
Publicación

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias **Apagado**

Excluir bibliografía

Activo

M.Sc. Victoria Calle Montes
Revisado 1/07/2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA
EN LA PROVINCIA DE TAYACAJA-HUANCAVELICA”**

Presentada por:

ANDY ROGER JUNIOR CACERES HUASHUAYO

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO METEORÓLOGO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Mestre. Jerónimo García Villanueva
PRESIDENTE

Dr. Alexis Nicolás Ibáñez Blancas
MIEMBRO

Mg. Sc. Eusebio Idelmo Cisneros Tarmeño
MIEMBRO

Mg. Sc. Victoria Doris Calle Montes
ASESORA

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, mi madre, mi padre, mis hermanos, Daniel y Ariana, y mis tíos Moisés, Jackeline y Ricardo, por su apoyo incondicional durante mi carrera universitaria y profesional

AGRADECIMIENTO

A mi profesora y asesora Ing. Victoria Doris Calle Montes, por sus enseñanzas durante mi carrera universitaria y asesoramiento durante el desarrollo de esta tesis.

A mi jurado calificador, Ing. Jéronimo Garcia, Ing. Alexis Ibañez e Ing. Eusebio Cisneros, de la tesis por sus observaciones y sugerencias.

A mis compañeros de trabajo del Instituto Nacional de Defensa Civil, Ing. Marco Moreno Tapia, Ing. Edward Farfan Vargas y Lic. Janet Mercado, que durante el tiempo compartieron conmigo su aprendizaje y conocimiento, directa e indirectamente, clave para finalizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2. Base teórica.....	5
2.2.1. Evaluación del riesgo de desastres.....	5
2.2.2. La sequía.....	13
2.2.3. Precipitación líquida	16
2.2.4. Agua en la atmósfera	17
2.2.5. Dinámica atmosférica	18
III. METODOLOGÍA	22
3.1. Área de estudio	22
3.2. Materiales.....	23
3.2.1. Datos	23
3.2.2. Softwares	24
3.3. Identificación de la ocurrencia de los eventos de sequía meteorológica en Tayacaja	24
3.4. Determinación de los niveles de peligro y vulnerabilidad de la sequía meteorológica en Tayacaja	24
3.5. Cálculo de los niveles de riesgo de la sequía meteorológica en Tayacaja.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Identificación de la ocurrencia de los eventos de sequía meteorológica en Tayacaja	31
4.2. Determinación de los niveles de peligro y vulnerabilidad de la sequía meteorológica en Tayacaja	35

4.1.1. Determinación de los niveles de peligro.....	35
4.1.2. Determinación de los niveles de vulnerabilidad.....	50
4.3. Cálculo de los niveles de riesgo por sequía meteorológica	59
V. CONCLUSIONES.....	62
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. BIBLIOGRAFÍA	64
VIII. ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de Saaty.....	6
Tabla 2: Matriz de comparación de pares	7
Tabla 3: Clasificación de los valores del SPI.....	16
Tabla 4: Matriz de 3x3 (Ejemplo: Sismo).....	25
Tabla 5: Comparación de parámetros iguales (Ejemplo: Sismo).....	25
Tabla 6: Comparación de parámetros diferentes (Ejemplo: Sismo)	25
Tabla 7: Matriz de comparación por pares (Ejemplo: Sismo)	25
Tabla 8: Inversa de las sumas totales (Ejemplo: Sismo).....	26
Tabla 9: Matriz de Normalización (Ejemplo: Sismo).....	26
Tabla 10: Vector Priorización – Ponderación (Ejemplo: Sismo).....	26
Tabla 11: Porcentaje del Vector Priorización (Ejemplo: Sismo).....	27
Tabla 12: Clasificación de eventos con y sin sequía meteorológica de los 12 primeros meses de SPI 2000-2021.	33
Tabla 13: Primeros 12 eventos de sequía meteorológica 2000-2021.....	33
Tabla 14: Ponderación del parámetro evaluador.....	36
Tabla 15: Ponderación de los parámetros del factor condicionante.....	37
Tabla 16: Ponderación de la Zona climática	37
Tabla 17: Ponderación de la cobertura vegetal	38
Tabla 18: Ponderación del tipo de suelo	38
Tabla 19: Ponderación de la geomorfología	39
Tabla 20: Ponderación de la geología	39
Tabla 21: Ponderación del uso de suelo	40
Tabla 22: Ponderación de la pendiente	40
Tabla 23: Ponderación de la zona de vida.....	40
Tabla 24: Valores del factor condicionante	42
Tabla 25: Ponderación de los parámetros del factor desencadenante	42

Tabla 26: Ponderación de la lluvia acumulada mensual	43
Tabla 27: Ponderación humedad especifica en 500hPa	43
Tabla 28: Ponderación de altura geopotencial a 200 hPa	44
Tabla 29: Ponderación de la vorticidad potencial a 200hPa	44
Tabla 30: Ponderación de niveles de presión en superficie	44
Tabla 31: Valores del factor condicionante	45
Tabla 32: Cálculo de la susceptibilidad	46
Tabla 33: Niveles de susceptibilidad	46
Tabla 34: Cálculo del peligro.....	47
Tabla 35: Niveles de peligro	48
Tabla 36: Peso de los parámetros para el cálculo de vulnerabilidad	50
Tabla 37: Ponderación de servicio higiénicos.....	50
Tabla 38: Ponderación de Servicios de agua	51
Tabla 39: Ponderación de Horas de agua.....	51
Tabla 40: Relación de exposición, fragilidad y resiliencia para la vulnerabilidad social.....	51
Tabla 41: Ponderación de pobladores por distrito	52
Tabla 42: Ponderación Grupo etario	52
Tabla 43: Ponderación tipo de discapacidad.....	52
Tabla 44: Ponderación último año cursado.....	52
Tabla 45: Ponderación Seguro de salud.....	53
Tabla 46: Ponderación tipo de empleo.....	53
Tabla 47: Ponderación condición de vivienda	54
Tabla 48: Cálculo de la vulnerabilidad social.....	55
Tabla 49: Cálculo de la vulnerabilidad económica.....	55
Tabla 50: Cálculo de la vulnerabilidad ambiental	56
Tabla 51: Cálculo de la vulnerabilidad y descripción.....	56

Tabla 52: Niveles y descripción de la vulnerabilidad	57
Tabla 53: Cálculo del riesgo	59
Tabla 54: Niveles y descripción del riesgo	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de peligros.	7
Figura 2. Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales.	8
Figura 3. Parámetros de evaluación de la sequía	9
Figura 4. Factores condicionantes.....	10
Figura 5. Factores desencadenantes.	10
Figura 6. Interrelaciones entre los diversos tipos de sequía, en función del tiempo.....	14
Figura 7. Representación del balance hidrostático. Flechas negras representan las fuerzas netas aplicadas a la parcela de aire en la columna atmosférica.....	19
Figura 8. Mapa de los distritos de Tayacaja.....	22
Figura 9. Flujograma para la evaluación del peligro.	27
Figura 10. Flujograma para la evaluación de la vulnerabilidad.	28
Figura 11. Primeros 6 datos CHRIPS de las 276 descargadas a nivel nacional.	31
Figura 12. Primeros 6 meses SPI de las 264 generadas a nivel nacional.....	32
Figura 13. Primeros 6 meses de SPI de las 264 generadas en nuestra área de estudio.....	32
Figura 14. Grafica de barras de los eventos por año con sequía meteorológica durante 2000-2021	34
Figura 15. Grafica de barras de los eventos por meses con sequía meteorológica durante 2000-2021	34
Figura 16. Mapa de frecuencia de eventos de sequía meteorológica 2000-2021 en Tayacaja.....	35
Figura 17. Mapa de peligro para el mes de Febrero.....	49
Figura 18. Mapa de peligro para el mes de Julio	49
Figura 19. Mapa de vulnerabilidad ante sequia meteorológica en la provincia de Tayacaja.....	62
Figura 20. Mapa de riesgo para el mes de junio	61
Figura 21. Mapa de riesgo para el mes de noviembre	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lista de eventos que se categoriza con sequia (S) y sin sequia (NS) meteorológica para el periodo de estudio 2000-2021.....	69
Anexo 2. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) del parámetro evaluador frecuencia de sequias del 2000 al 2021.	75
Anexo 3. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) del factor desencadenante y sus descriptores.....	76
Anexo 4. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) del factor condicionante y sus descriptores.	82
Anexo 5. Mapas de peligro para cada mes.....	90
Anexo 6. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad	96
Anexo 7. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad ambiental	97
Anexo 8. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad social.....	99
Anexo 9. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad económica.....	106
Anexo 10. Mapas de riesgo para cada mes	108

RESUMEN

Este estudio se enfocó en la evaluación de la sequía meteorológica en la provincia de Tayacaja-Huancavelica durante el período de 2000 a 2021. Para ello, se identificaron los eventos de sequía meteorológica en la región utilizando datos grillados del modelo CHRIPS y se calculó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para determinar la frecuencia y distribución espacial de la sequía. Además, se determinaron los niveles de peligro y vulnerabilidad de la sequía meteorológica en la provincia, lo que permitió calcular los niveles de riesgo utilizando la metodología del análisis jerárquico de SAATY. La evaluación de estos niveles es crucial para comprender la magnitud y la probabilidad de los impactos de la sequía en la región, así como para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación. Los resultados indican que la provincia de Tayacaja-Huancavelica ha experimentado eventos de sequía meteorológica durante el período de estudio, y que estos eventos son más frecuentes durante los meses de abril a septiembre. Además, se identificaron áreas de alta vulnerabilidad a la sequía meteorológica en la región, lo que sugiere la necesidad de desarrollar estrategias de gestión de la sequía para reducir los impactos negativos en la economía y la sociedad. En general, los resultados de este estudio pueden ser útiles para los responsables de la toma de decisiones y los planificadores en la región de Tayacaja-Huancavelica para desarrollar políticas y estrategias de gestión de la sequía que reduzcan los impactos negativos en la economía y la sociedad. La evaluación del riesgo de la sequía meteorológica es importante para identificar las áreas y poblaciones más vulnerables y para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación a la sequía.

Palabras claves: evaluación, peligro, vulnerabilidad, Saaty, análisis jerárquico

ABSTRACT

This study focused on the evaluation of meteorological drought in the province of Tayacaja-Huancavelica during the period from 2000 to 2021. To do this, meteorological drought events in the region were identified using gridded data from the CHRIPS model and the Standardized Precipitation Index (SPI) was calculated to determine the frequency and spatial distribution of drought. In addition, the hazard and vulnerability levels of meteorological drought in the province were determined, which allowed the risk levels to be calculated using the SATTY hierarchical analysis methodology. Assessing these levels is crucial to understanding the magnitude and likelihood of meteorological drought impacts in the region, as well as developing mitigation and adaptation strategies. The results indicate that the province of Tayacaja-Huancavelica has experienced meteorological drought events during the study period, and that these events are more frequent during the months of April to September. Furthermore, areas of high drought vulnerability were identified in the region, suggesting the need to develop drought management strategies to reduce negative impacts on the economy and society. Overall, the results of this study can be useful for decision makers and planners in the Tayacaja-Huancavelica region to develop drought management policies and strategies that reduce negative impacts on the economy and society. Meteorological drought risk assessment is important to identify the most vulnerable areas and populations and to develop drought mitigation and adaptation strategies.

Keywords: evaluation, hazard, vulnerability, Satty, hierarchical analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Segura-Castillo, E., Mora-González, M. A., & Bolaños-Alvarez, Y. (2019) mencionan que los efectos del cambio climático ocasionan que variables meteorológicas, así como los sistemas sinópticos que influyen en ellas, estén en constante variación provocando la variabilidad temporal de fenómenos como las sequías. Generando que los beneficiarios de las condiciones ambientales vean el efecto reflejado directamente en sus ingresos económicos, pérdida de propiedades, públicas y privadas, y de la campaña agrícola.

Las precipitaciones líquidas, lluvias, desempeñan un papel fundamental en cuestiones ambientales, sociales y económicas (por ejemplo, la agricultura, los recursos hídricos, el riesgo de inundación), y su descripción precisa mediante modelos regionales es crucial para determinar las posibles repercusiones del cambio climático. Los ecosistemas, a largo plazo, deben reproducirse correctamente porque afectan directamente a la disponibilidad de agua y a los procesos hidrológicos. Sin embargo, también se deben capturar las lluvias diarias y los eventos extremos asociados, ya que su ocurrencia e intensidad tienen efectos importantes en la población y los ecosistemas (Jacob, D. et al., 2014).

Entre los elementos del clima vinculados con los riesgos del cambio climático, se encuentran las sequías. La sequía es una parte normal del clima y puede ocurrir en todas las regiones climáticas del mundo, incluidos los desiertos y las selvas tropicales. Son uno de los peligros naturales más costosos año tras año: sus efectos son considerables y generalizados, al perjudicar a muchos sectores económicos y personas en cada ocasión (IPCC, 2014).

En el Perú, desde 1972 existía una entidad llamada Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI), encabezada por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), dedicada a la gestión de riesgos de desastres. Según la Ley N°19338, el SINADECI tenía la responsabilidad de atender emergencias y prevenir desastres naturales, aunque en la práctica se enfocaba principalmente en la preparación y respuesta ante situaciones de desastre. El interés en la reducción y prevención de riesgos de desastres aumentó en la última década debido a continuos desastres, lo que llevó a la creación, en mayo de 2011 mediante la Ley

N° 29664, del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Este sistema incluye dos organismos ejecutores: el INDECI, responsable de preparación, respuesta y rehabilitación ante desastres, y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), encargado de estimación, prevención, reducción del riesgo y reconstrucción.

CENEPRED, como organismo ejecutor, se encarga de desarrollar normas técnicas y de gestión, así como de proporcionar asistencia técnica especializada a entidades públicas y privadas en procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastre. El 31 de julio de 2015, publicó la segunda versión del "Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales", que está relacionado directamente con el estudio y aplicación de los procedimientos metodológicos de evaluación de riesgos por fenómenos naturales. Este manual utiliza el método Multicriterio proporcionado por CENEPRED (análisis jerárquico) para ponderar los parámetros de evaluación del fenómeno natural y la vulnerabilidad del entorno, destacando la importancia de cada parámetro en el cálculo del riesgo. Este enfoque genera información cualitativa y cuantitativa mediante una escala común, lo que facilita el análisis detallado del problema y permite que las soluciones propuestas se complementen con métodos matemáticos de optimización.

Durante el 2013 hasta los inicios del 2021 se registró un total de 1,532 emergencias asociadas a las sequías, según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), a través del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) se tuvo, 75,305 damnificados, 752,291 hectáreas de cultivos destruidos y más de 1'895,734 animales fallecidos. Siendo el año 2016 que registró el mayor número de emergencias (848) y hectáreas de cultivos destruidos (698,831), además del mayor número de animales perdidos por el fenómeno (274,981) (SINPAD – INDECI, 2021).

Durante el 2021, los departamentos con mayor registro de emergencias asociadas a las sequías fueron: Ayacucho (186), Apurímac (164), Huancavelica (136) y Junín (88); siendo la provincia de Tayacaja. Huancavelica la provincia más afectada por las sequías (11). Por otro lado, los departamentos que presentaron mayor número de hectáreas afectadas son Ayacucho (671,326) y Cusco (13,097) viéndose afectada la económica de los pobladores (SINPAD – INDECI, 2021).

Por lo expresado se tiene como objetivo general, evaluar el riesgo de la sequía meteorológica en la provincia de Tayacaja-Huancavelica mediante el uso del análisis jerárquico de Satty, y

como objetivos específicos, identificar la ocurrencia de los eventos de la sequía meteorológica en la provincia de Tayacaja-Huancavelica durante el 2000 al 2021, determinar los niveles de peligro y vulnerabilidad de la sequía meteorológica en la provincia de Tayacaja-Huancavelica durante el 2000 al 2021 y calcular los niveles de riesgo de la sequía meteorológica usando los niveles de peligro y vulnerabilidad en la provincia de Tayacaja-Huancavelica durante el 2000 al 2021.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación, se detalla la revisión literaria llevada a cabo:

2.1. Antecedentes de la investigación

En la investigación de Dalezios et al. (2014) denominado “Identificación de riesgos de sequía agrícola para agroecosistemas sostenibles” (traducido del inglés) aborda el estudio de la sequía agrometeorológica y agrícola desde el punto de vista de la gestión de riesgo de desastres, para su estudio utiliza los datos satelitales de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica / radiómetro avanzado de muy alta resolución (NOAA / AVHRR) sobre la región de Tesalia de 1981 al 2000. Sus resultados demuestran que las sequías agrícola aparece cada año durante la estación cálida en la región, y aumenta de leve a extrema a lo largo de esta; además dentro de este estudio se implementó un sistema de alerta temprana utilizando relaciones funcionales empíricas de gravedad y extensión real, sus resultados identifican el riesgo de sequía satisfactoriamente ofreciendo un potencial pronóstico. En el estudio de Bachmair et al. (2016) denominado “Indicadores de sequía revisados: la necesidad de una consideración más amplia del medio ambiente y la sociedad” (traducido del inglés) realiza una revisión de los indicadores e impactos de la sequía con una encuesta a 33 proveedores de sistemas operativos de monitoreo y alerta temprana de sequías a escala mundial a regional.

Van Ginkel & Biradar (2021) en su estudio denominado “Alerta temprana de sequía en sistemas agroalimentarios” (traducido del inglés) mencionan que las sequías aumentarían en frecuencia, intensidad, duración y propagación bajo el cambio climático y que los eventos de sequías repentinas son cada vez más frecuentes. En su estudio examina una serie de Sistemas de Alertas Tempranas a nivel mundial, resaltando la importancia de los Sistema de Alerta Temprana ante sequías y la comunicación entre los niveles de gobiernos para reducir el tiempo de reacción y aumento de la eficiencia, reforzando la idea de S. Pulwarty & Sivakumar (2014).

Sharafi et al. (2020) en su investigación titulada “Evaluación del riesgo de sequía: Hacia un

sistema de alerta temprana de sequía y un medio ambiente sostenible en el oeste de Irán” (traducido del inglés), considera para el cálculo del riesgo los elementos de peligro y vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) con la finalidad de sentar la base para sistema de alerta tempranas ante sequias en áreas de recursos limitados.

Villani et al. (2022) en su investigación titulada “Evaluación del riesgo de sequía en las cuencas agrícolas del Mediterráneo: un estudio de caso en el centro de Italia” (traducido del inglés), presenta una metodología completa para la evaluación del riesgo de sequía, incluyendo 45 indicadores para representar el peligro, la exposición y la vulnerabilidad.

Safarianzengir et al. (2022) en su investigación titulada “Análisis temporal y espacial y monitoreo de la sequía (meteorología) y sus impactos en los cambios ambientales en Irán” (traducido del inglés), evalúa y monitorea la sequía y sus impactos en los cambios ambientales en Irán utilizando datos del satélite TERRA-MODIS y el Índice de severidad de la sequía de Palmer durante 21 años, además estimó la cantidad de precipitación y evapotranspiración, precipitación acumulada y evapotranspiración real, a partir de la evaporación y transpiración real demostrando que en la región de Irán la gravedad y frecuencia de sequias aumento a lo largo de los años de estudio, también que existe relación inversa entre la intensidad de la sequía y la humedad de la superficie del suelo.

2.2.Base teórica

En esta sección se expondrá la base teórica del trabajo de investigación.

2.2.1. Evaluación del riesgo de desastres

Se define en la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (UNISDR, 2009) como un método para determinar la naturaleza y el alcance de los riesgos mediante el análisis de peligros potenciales y la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad existentes, que en conjunto pueden dañar a las poblaciones, propiedades, servicios y servicios afectados. los medios de vida y el medio ambiente, del que dependen, definido por el CENEPRED del Perú como el potencial de daño y pérdida para las poblaciones y sus medios de vida debido a su fragilidad y efectos peligrosos.

Es por ello que, para la evaluación del riesgo, es necesario evaluar el peligro y la vulnerabilidad con de la metodología del proceso de análisis jerárquico, desarrollado por Thomas L. Saaty. (The Analytic Hierarchy Process, 1980), propuesta por el CENEPRED, tanto para el cálculo de los pesos ponderados para los componentes del peligro y vulnerabilidad como para sus descriptores de los factores. Estos descriptores se definen

como la estratificación de un parámetro, a modo de ejemplo; si se tiene el parámetro “Niveles de educaciones” sus descriptores serían nivel primario, nivel secundario, nivel superior universitario, nivel superior técnico, etc.

2.2.1.1. Análisis jerárquico de Saaty (AJS)

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual. El punto central del AJS es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados; además recalcar que en el trabajo se aplicara esta metodología para los parámetros de cada una de las vulnerabilidades, social, económica y ambiental, y los 5 descriptores de todos los parámetros. A continuación, se presenta la escala:

Tabla 1: Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a	Al comparar un elemento con otro el primero se considera igual o diferente a el segundo
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre 2 juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores	

FUENTE: Saaty,1980; CENEPRED,2014

Según lo establecido por el método de Saaty o proceso de análisis jerárquico, para una determinada matriz se tiene una relación de consistencia que debe ser menor, lo cual indica que los criterios utilizados para la comparación son los más adecuados. Ver el siguiente cuadro:

Tabla 2: Matriz de comparación de pares

Matriz de pares	Relación de consistencia
3 X 3	Relación de consistencia (RC < 0.04)
4 X 4	Relación de consistencia (RC < 0.08)
5 X 5	Relación de consistencia (RC < 0.1)

FUENTE: Gobierno Regional (GORE) Callao .2018

2.2.1.2. Peligro

Según la Ley n°. 29664, se define como la probabilidad de que un evento físico, potencialmente nocivo, de origen natural o debido a la acción humana, tenga lugar en un lugar determinado, con una intensidad y un tiempo determinados y se produzca en un período determinado, dicho con otras palabras, frecuencia.

A. Clasificación del peligro

Por su propia naturaleza, el peligro incluye elementos potencialmente dañinos para la vida humana, la sanidad, la propiedad o el medio ambiente. Hay varios métodos para clasificar un peligro, Figura 1; pero en términos amplios se puede clasificar según el origen que lo genera y son de dos clases: de origen natural, como los sismos, avalanchas, tsunamis y de carácter tecnológico o generado por acciones humanas (antrópicos).

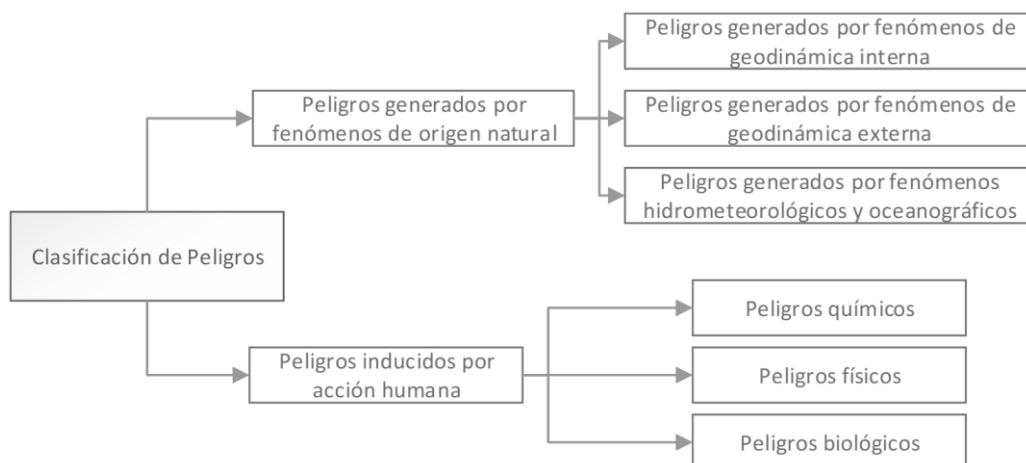


Figura 1. Clasificación de peligros.

FUENTE: CENEPRED,2014

De los peligros generados por fenómenos de origen natural, figura 2, se desprenden los siguientes eventos:

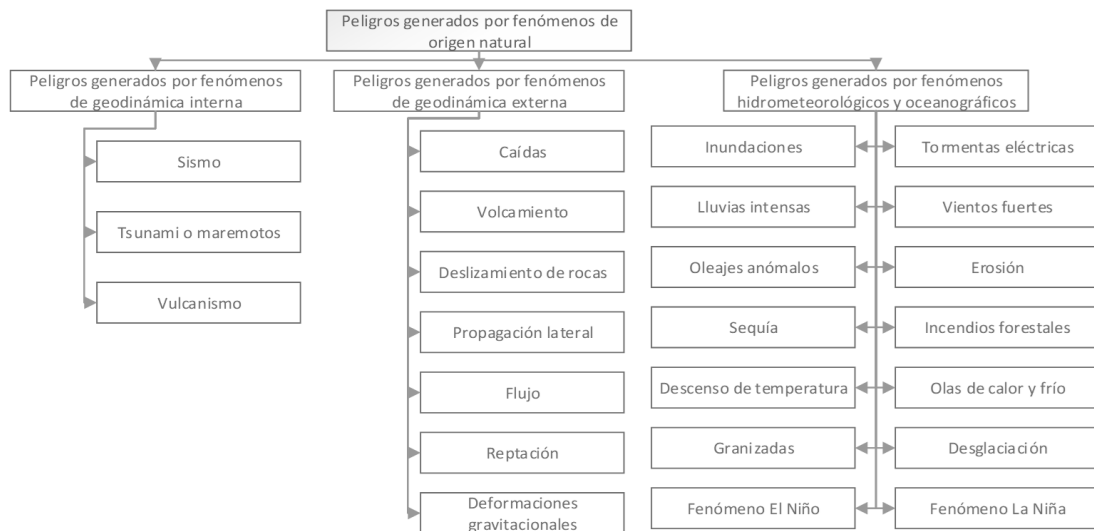


Figura 2. Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales.
FUENTE: CENEPRED,2014

B. Componentes del peligro

El peligro es producto del/los parámetros/s de evaluación y la susceptibilidad

B.1. Parámetro de evaluación

Según el CENEPRED, el parámetro de evaluación, figura 3, es aquel que permite definir y caracterizar el peligro, ya que se expresa como la manifestación del peligro sobre un área

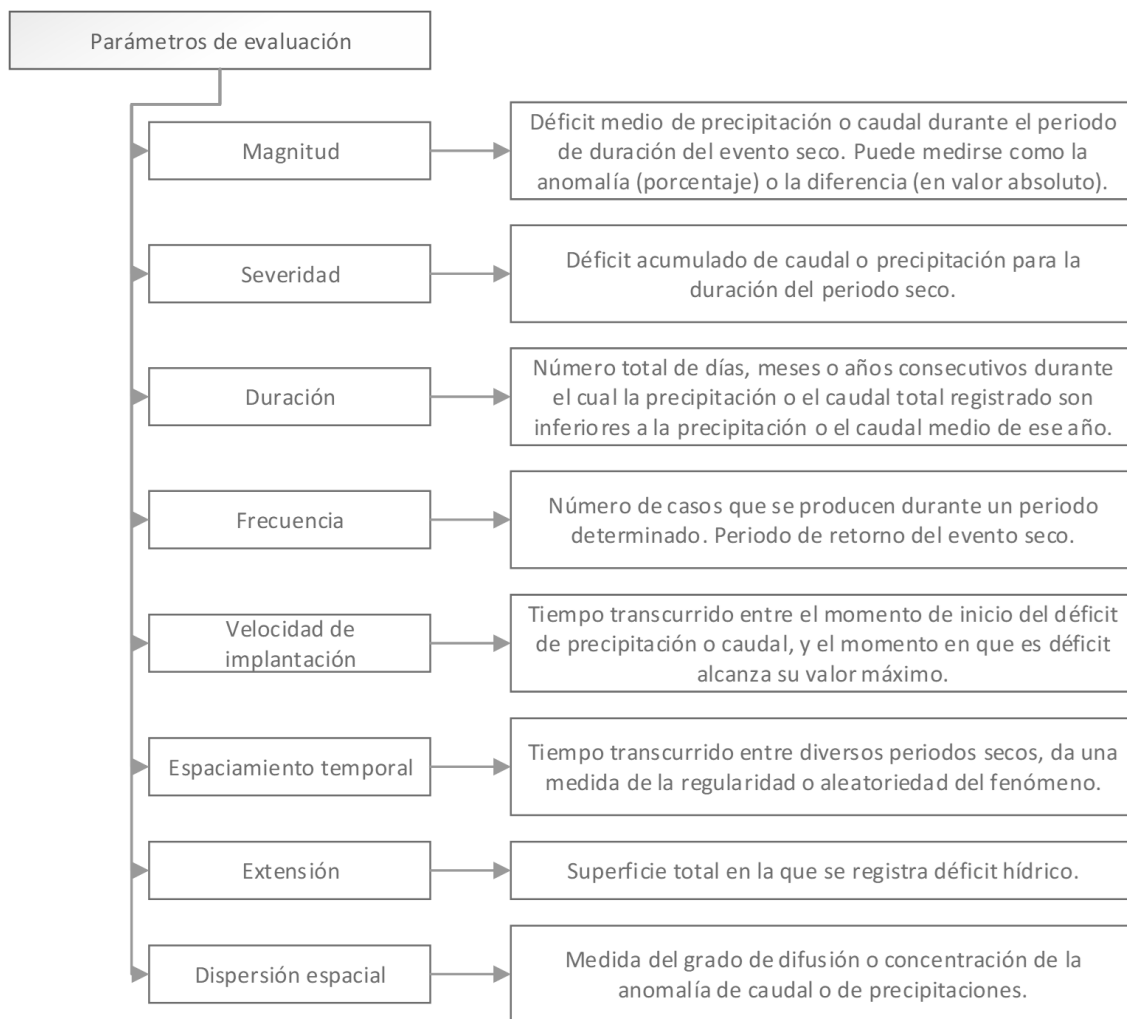


Figura 3. Parámetros de evaluación de la sequía
FUENTE: CENEPRED,2014

B.2.Susceptibilidad

CENEPRED menciona que la susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda sobre determinado ámbito geográfico, además este es el resultado entre el factor condicionantes y factor desencadenante.

- Factor condicionante

Son parámetros propios del área geográfica de estudio que contribuyen a posibilitar o no la tendencia (intensidad e intensidad) de la fuente natural al igual que su distribución espacial (CENEPRED, 2014).

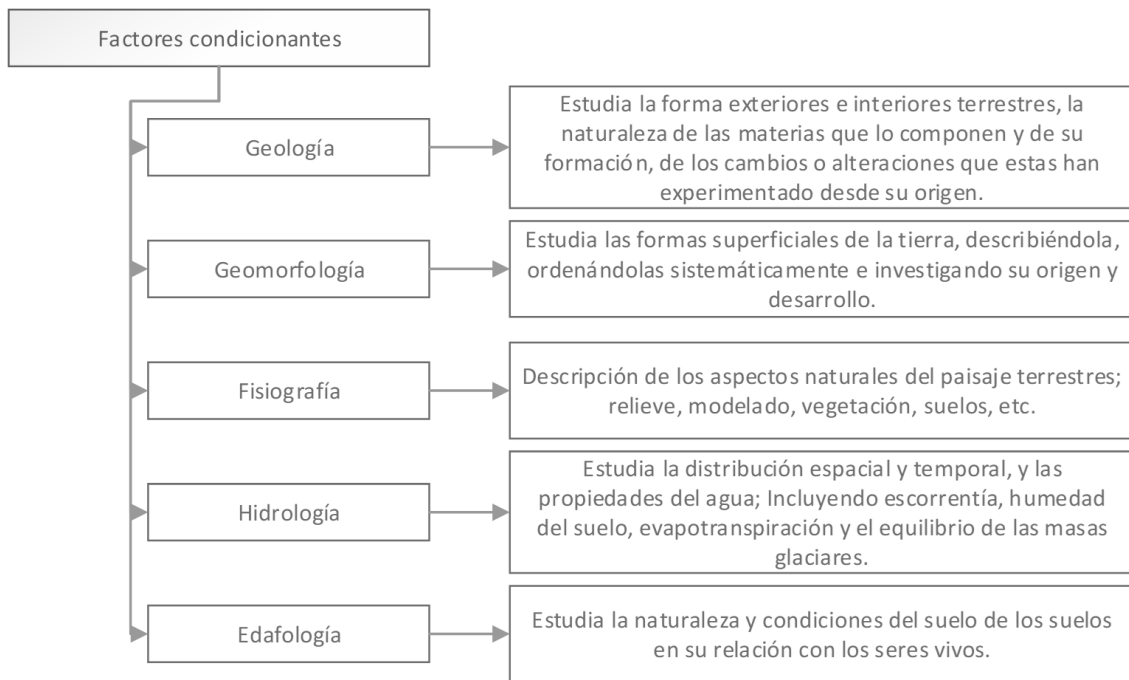


Figura 4. Factores condicionantes.
FUENTE: CENEPRED,2014

- Factor desencadenante

“Son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico” En la figura 5 se presenta ejemplo del factor desencadenantes” (CENEPRED,2014).

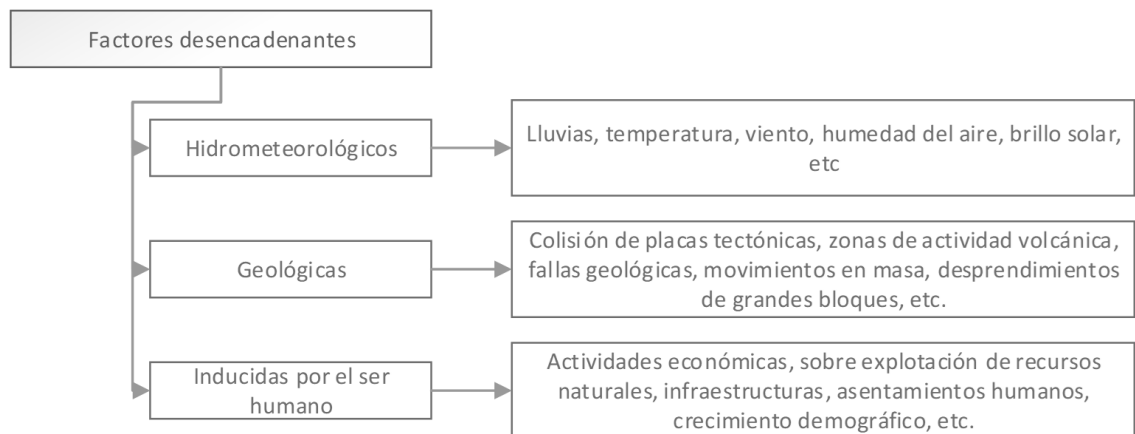


Figura 5. Factores desencadenantes.
FUENTE: CENEPRED,2014

2.2.1.3. Vulnerabilidad

INDECI (2006) define la vulnerabilidad como el grado de vulnerabilidad o vulnerabilidad de un elemento o grupo de elementos ante la ocurrencia de desastres naturales o provocados por el hombre de una magnitud particular. CENEPRED (2022) propone las instalaciones

como elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, niveles organizacionales, sistemas de alerta, desarrollo de políticas institucionales, etc.) que pueden sufrir daños humanos y materiales, y CENEPRED (2022) lo propone como vulnerabilidad poblacional y estructural. Daños debidos a peligros o amenazas de la actividad física o socioeconómica.

A. Tipos de vulnerabilidad

Los tipos de vulnerabilidad mencionados en la literatura del manual del CENEPRED (2014) es la siguiente:

Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica

Es el grado de resistencia del medio natural y de los organismos que conforman un ecosistema determinado frente a la presencia del cambio climático.

Vulnerabilidad Física

Se refiere a la calidad o tipos de materiales utilizados y de construcción de viviendas, instituciones económicas (comerciales e industriales) y servicios (sanidad, educación, sede de gobierno) e infraestructuras socioeconómicas (centrales hidroeléctricas, autopistas, puentes, etc.). canales de riego), para asimilar el impacto del peligro.

Vulnerabilidad Económica

Representa el acceso que tienen las personas de un núcleo de población determinado a los activos económicos (suelo, infraestructuras, servicios y trabajo remunerado, entre otros), que se refleja en la capacidad de afrontar un desastre.

Vulnerabilidad Social

Se analiza en función del nivel de organización y participación que tiene una comunidad para anticipar y dar respuesta a las emergencias. Las poblaciones organizadas (de forma formal e informal) pueden controlar más fácilmente las consecuencias de los desastres que los ciudadanos, que no están organizadas, por lo que su capacidad de anticipar y responder a las emergencias es mucho más efectiva y eficiente.

Vulnerabilidad Educativa

Se refiere a la adecuada implantación de estructuras curriculares en los distintos niveles de la educación formal, con la inclusión de temas relacionados con la prevención y preparación

para desastres, con la intención de preparar (para emergencias) y dotar al alumnado de un multiplicador es educar (crear una cultura). de prevención). Impacto en la ciudadanía.

Vulnerabilidad Cultural e Ideológica

Se refiere a la perspectiva que un ser o grupo humano tiene de sí mismo, como ciudadanía o comunidad, que determina su respuesta a la presencia de una amenaza de origen natural o tecnológico, y su nivel de conocimiento, creencia, práctica se verá afectado. de acuerdo con., actitudes, miedos, mitos, etc.

Vulnerabilidad Política e Institucional

Describe el grado de autonomía y el nivel de toma de decisiones políticas que pueden tener las instituciones públicas existentes en una ciudad o comunidad para mejor gestionar los desastres. Esto está relacionado con la fuerza y la capacidad institucional de los Comités de Defensa Civil (CDC) a nivel regional, provincial y de distrito para llevar a cabo de forma eficaz sus funciones, incluida la prevención y el enfoque de desastres o la defensa civil.

Vulnerabilidad Científica y Tecnológica

Es el nivel de conocimiento científico y técnico que debe tener la población sobre los peligros de origen natural y tecnológico, especialmente los del núcleo de población. Asimismo, sobre el acceso a la información y el uso de técnicas que proporcionan una mayor protección a la población frente a las amenazas.

B. Componentes de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad se compone en la exposición, fragilidad y resiliencia de la población.

B.1.Exposición

Hace referencia a las decisiones y prácticas que sitúan a las personas y sus medios de vida en la zona de impacto de riesgo. La exposición surge de una relación inadecuada con el medio ambiente, provocada por procesos de desarrollo demográfico no planificados, procesos de migración aleatoria, procesos de urbanización sin una gestión adecuada del territorio. Y/o políticas de desarrollo económico insostenibles. (CENEPRED,2014).

B.2.Fragilidad

Hace referencia a los medios de subsistencia de las personas en situaciones de marginación o debilidad relativa y en relación al peligro. En general, se centra en las condiciones físicas de una comunidad o ciudadanía y es de origen interno, por ejemplo, como: incumplimiento

de la existente. Normas sobre formas constructivas, construcciones y/o materiales, entre otro
Cuanto mayor es la fragilidad, mayor es la vulnerabilidad (CENEPRED,2014).

B.3.Resiliencia

Hace referencia a la capacidad de un ser para integrarse o recuperarse ante una amenaza y su medio de vida. Está relacionado con las condiciones sociales y la organización de la población. A mayor resiliencia, menor riesgo (CENEPRED,2014).

2.2.2. La sequía

Conceptualmente, se puede definir como “un período prolongado de precipitaciones líquidas, lluvias, deficientes que da como resultado un daño extenso a los cultivos y una pérdida de rendimiento” (National Drought Mitigation Center, 2006). Las definiciones conceptuales también pueden ser importantes para establecer una política de sequía. Las definiciones operativas identifican el comienzo, el final, la extensión espacial y la gravedad de una sequía. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1994), la sequía es un fenómeno natural que se produce cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados.

2.2.2.1. Tipos de sequías

Sequía meteorológica: Se refiere a un déficit de lluvia donde la lluvia en un área determinada cae por debajo del 25% de lo normal. "Estos son específicos de la región, en vista de que el déficit de lluvia es muy variable de una región a otra (Shakla, 2007)

Sequía hidrológica: Vinculado a la deficiencia de agua en superficie o subsuelo debido a la poca precipitación en una determinada área. Aunque las sequías tienen su origen en la deficiencia de precipitación, la sequía hidrológica se preocupa principalmente por cómo esta deficiencia afecta a los componentes del sistema hidrológico. (Shukla,2007)

Sequía agrícola: Es el impacto de la sequía meteorológica o hidrológica en el sector agrícola, centrándose en la escasez de precipitaciones líquidas, las diferencias entre la evapotranspiración potencial real, el suelo, los déficits de agua del suelo y la reducción de los niveles de agua subterránea o embalses (Shukla,2007). Ya que los cultivos requieren de ciertas condiciones de humedad en su desarrollo y crecimiento.

Sequía socioeconómica: Este tipo de sequía ocurre principalmente cuando la demanda de un bien económico excede su oferta debido a la escasez de agua relacionada con el clima. (Shukla,2007).

En la figura 6 se presenta como estos tipos de sequías se interrelacionan.

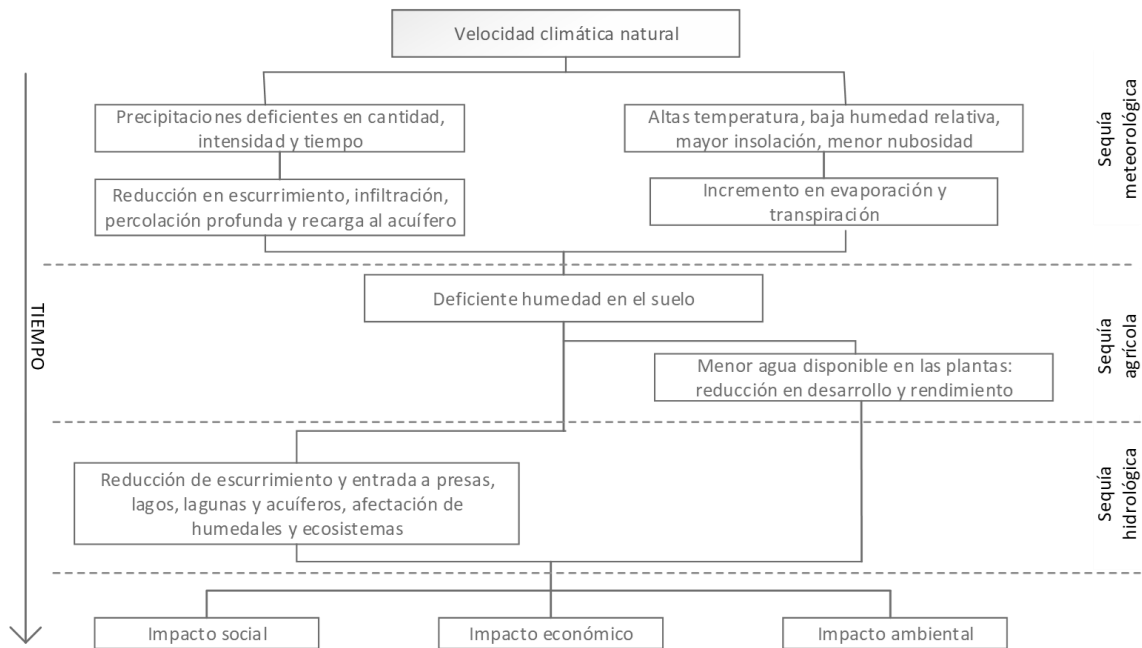


Figura 6. Interrelaciones entre los diversos tipos de sequía, en función del tiempo
FUENTE: CENEPRED,2014

2.2.2.2. Índice estandarizado de precipitación (SPI)

El SPI, fue desarrollado por Mckee et al. (199); y permite cuantificar el déficit de precipitación para múltiples escalas de tiempo (1, 3, 6, 12, 24, 48 meses). El SPI muestra buenas características en la identificación y predicción de la sequía en clase de transición (Moreira et al. (2008; Olivares y Zingaretti,2018).

Su versatilidad permite monitorear los suministros de agua a corto plazo importantes para la producción agrícola, así como los recursos hídricos a largo plazo, como los suministros de agua subterránea, los caudales de los ríos y los niveles de los embalses. Cabe señalar que el SPI depende únicamente de la cantidad de precipitación.

En términos matemáticos, el cálculo del SPI se basa en la normalización de la probabilidad acumulada de precipitación generada por la estación de observación a lo largo de los años. Además, se debe corregir la distribución gamma en función de la serie de precipitación acumulada en el punto de observación y el período de referencia. Se utiliza todo el período de observación de la estación meteorológica para determinar los parámetros de escala y la forma de la función de densidad de probabilidad de precipitación. La función de distribución gamma de dos parámetros se define mediante la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}, x > 0 \dots\dots\dots (1)$$

Donde α = parámetro de forma o uniformidad; β = parámetro de escala; x = cantidad de precipitación; $\Gamma(\alpha)$ = función gamma que está definida por la siguiente expresión:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt \dots\dots\dots (2)$$

Los parámetros α y β están determinados por el método de máxima verosimilitud para series de datos plurianuales para cada ubicación, cada escala temporal y cada mes del año y están definidos por las siguientes expresiones:

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

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n} \dots\dots\dots (4)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \dots\dots\dots (5)$$

Donde \bar{x} = valor promedio de la cantidad de precipitación; n = número de mediciones de la precipitación; x_i = cantidad de precipitación en la secuencia de la data, ecuación 4. Los parámetros obtenidos se aplican también a la determinación de una probabilidad acumulada de cierta precipitación para un período de tiempo específico en una escala temporal de toda la precipitación observada. La probabilidad acumulativa puede ser representado como:

$$P(X \leq x) = F(x; \alpha, \beta) = \int_0^x f(t; \alpha, \beta) dt \dots\dots\dots (6)$$

Dado que no se define ninguna función gamma en $x=0$ y la distribución de lluvia puede contener cero, se utiliza una función de mezcla que consta de probabilidades cero (la probabilidad de lluvia es igual a cero), denotada por "q" con $p = 1-q$. Entonces la función de distribución de probabilidad acumulada se convierte en:

$$H(x) = q + p * F(x; \alpha, \beta) \dots\dots\dots (7)$$

$$q = \frac{m}{n} \dots\dots\dots (8)$$

Donde m = número de ceros en la serie temporal de precipitación; n = número de observaciones en la secuencia temporal de la data. La función de probabilidad acumulativa, $H(x)$ es luego transformada en una variable normal estándar $Z \approx N(0,1)$, que viene a ser el valor del SPI. El cálculo del SPI es realizado en base a la siguiente ecuación estudiado por

Abramowitz & Stegun (1965); Bordi et al. (2001); Lloyd-Hughes & Saunders, (2002), el cual representa la distribución normal inversa para la probabilidad acumulativa.

$$Z = SPI = \begin{cases} -\left(t - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right), & 0 < H(x) \leq 0.5 \\ +\left(t - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right), & 0.5 < H(x) \leq 1.0 \end{cases} \dots\dots\dots (9)$$

Donde t es determinado como:

$$t = \begin{cases} \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}} & , 0 < H(x) \leq 0.5 \\ \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}} & , 0.5 < H(x) \leq 1.0 \end{cases} \dots\dots\dots (10)$$

Y $C_0, C_1, C_2, d_1, d_2, d_3$ son coeficientes cuyo valor son los siguientes:

$C_0 = 2.515517, C_1 = 0.802853; C_2 = 0.010328$

$d_1 = 1.432788, d_2 = 0.189269, d_3 = 0.001308.$

Los valores del SPI se clasifican de acuerdo a su intensidad de la sequía ó humedad que se produce en el periodo de análisis considerado. La Tabla 3 muestra el significado de los valores del SPI en cada intervalo.

Tabla 3:Clasificación de los valores del SPI.

Intervalo del SPI	Categoría o Severidad de Sequia	Clasificación Simplificada
$SPI \geq 2.0$	Extremadamente húmedo	Condiciones anormales de humedad
$1.5 \leq SPI < 2.0$	Muy húmedo	
$1.0 \leq SPI < 1.5$	Moderadamente húmedo	
$0.0 \leq SPI < 1.0$	Ligeramente húmedo	Condiciones normales
$-1.0 < SPI < 0.0$	Ligeramente seco	
$-1.5 < SPI \leq -1.0$	Moderadamente seco	Condiciones anormales de sequia

FUENTE: Elaborado en base a Mckee et al. (1995)

2.2.3. Precipitación líquida

La precipitación se dispersa de diversas maneras, la mayor parte es absorbida temporalmente por el suelo y eventualmente regresa a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, mientras que otra se mueve sobre la superficie del suelo y llega a los canales de los ríos, y el resto eventualmente se filtra en el suelo. Parte del agua que proviene de manantiales o desemboca en ríos forma escorrentía superficial bajo la influencia de la gravedad. A medida que continúa el ciclo hidrológico, eventualmente desemboca en el océano o se evapora en la atmósfera (Chow, 1998).

2.2.3.1. Medición de la precipitación líquida

La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. El dispositivo de medición se basa en la exposición de elementos en un recipiente cilíndrico con la parte superior abierta, en el que se recoge el agua de lluvia u otras precipitaciones y se registra su altura (Villon, 2002).

En nuestro medio existen entidades compiladoras de datos quienes vienen recopilando datos a través de estaciones meteorológicas instaladas en diferentes puntos, de tal forma de que se obtenga gran cantidad de información a diferentes grados de detalle.

2.2.3.2. Obtención de a precipitación líquida

La precipitación se puede obtener de una variedad de fuentes, la más común y confiable de las cuales es la medición directa de la precipitación desde estaciones meteorológicas terrestres (pluviómetros). Un pluviómetro es una herramienta que nos permite medir visualmente la cantidad de precipitación entre las 0Z y las 23:59Z, 24 horas. Las estaciones meteorológicas automáticas son dispositivos de recopilación de datos que realizan, almacenan y transmiten observaciones automáticamente sin presencia humana.

Otras fuentes de información son las mediciones satelitales. No obstante, estas fuentes de información deben ser utilizados con cautela ya que el valor de la precipitación es obtenido mediante la estimación a partir de productos satelitales como: CHIRPS, CMORPH,3B42, CoSch, HYDRO, entre otros; y estos generalmente presentan sesgos.

2.2.4. Agua en la atmosfera

2.2.4.1. Humedad especifica

Es la masa de vapor de agua (m_v) en una unidad de masa de aire, vapor de agua sumado con masa de aire seco (m_d). (Wallace & Hobbs, 2006)

$$q = \frac{m_v}{m_v+m_d} \dots\dots\dots (11)$$

La relación entre la humedad específica en 500 hPa y la sequía puede ser inversa, es decir, niveles bajos de humedad específica en esa altitud pueden estar asociados a condiciones de sequía. La humedad específica en 500 hPa es un indicador de la cantidad de vapor de agua

presente en la atmósfera a esa altitud, y su disponibilidad es crucial para la formación de precipitación.

Cuando la humedad específica en 500 hPa es baja, puede indicar una atmósfera más seca y menos propensa a la formación de nubes y precipitación. Esto puede resultar en una reducción de la lluvia en una determinada región, lo que contribuye a condiciones de sequía (Carvalho, L. M. V., Jones, C., Liebmann, B., & Silva Dias, P. L., 2004).

2.2.5. Dinámica atmosférica

La meteorología dinámica es el estudio de los movimientos atmosféricos como soluciones a las ecuaciones básicas de la mecánica de fluidos y la termodinámica, u otro sistema de ecuaciones adaptado a situaciones específicas (como la teoría estadística de la turbulencia). Se requiere un conocimiento profundo de las matemáticas y la dinámica de fluidos, ya que proporciona la base científica necesaria para comprender el papel de los movimientos atmosféricos en el tiempo y el clima en todas las escalas planetaria, meteorológica, meso y micro. Es este conocimiento el que permite un enfoque práctico de la predicción meteorológica y del clima mediante métodos dinámicos, que incluye también la mejora del conocimiento en la predicción meteorológica numérica. Cubre la asimilación de datos y los modelos de pronóstico como componentes clave de los sistemas de pronóstico, así como el posprocesamiento de los resultados del modelo y cómo las simulaciones pueden guiar aplicaciones específicas (Holton, 2014).

A continuación, mencionamos las dinámicas atmosféricas asociadas a la estabilidad/inestabilidad de la atmósfera, las cuales pueden generar precipitaciones líquidas las cuales influyen directamente en el fenómeno de sequías meteorológicas.

2.2.4.1. Ecuación hidrostática.

La presión del aire en cualquier nivel atmosférico es debido a la fuerza por unidad de área ejercida por el peso de todo el aire que está por encima esa altura (Febres, 2018). Consecuentemente, **la presión atmosférica** decrece con el incremento de la altura sobre la superficie. La fuerza neta de ascenso actuando en la parcela horizontal de aire está generalmente muy cerca del equilibrio con la fuerza descendente debido a la fuerza gravitacional que actúa en la parcela; si la fuerza de ascenso y descenso son iguales se dice que la atmósfera se encuentra en balance hidrostático (Wallace, 2005; Febres 2018). En la figura 7 se aprecia el equilibrio entre la fuerza de gravedad y la fuerza de gradiente de presión en ausencia de movimiento atmosférico.

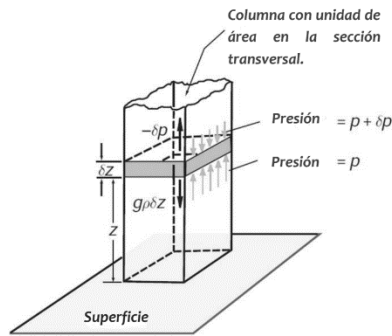


Figura 7. : Representación del balance hidrostático. Flechas negras representan las fuerzas netas aplicadas a la parcela de aire en la columna atmosférica.

FUENTE: Febres, 2018 adaptado de Wallace 2006

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g \dots \dots \dots (12) \text{ ó}$$

$$p(z) = \int_z^{\infty} \rho g dz \dots \dots (13)$$

Donde, p es la presión, ρ la densidad, g la aceleración debido a la gravedad, y z , la altura geométrica. El signo negativo en la ecuación 12 afirma que la razón inversa entre la presión y la altura.

Es de utilidad expresar la ecuación hidrostática, ecuación 13, en términos de **geopotencial** (Φ), en vez de usar la altura geométrica. El geopotencial está definido como el trabajo requerido para alzar una unidad de masa a una distancia Δz sobre el nivel del mar. En otras palabras, Φ es el potencial gravitacional por unidad de masa. Las unidades de geopotencial es JKg^{-1} o $\text{m}^{-2}\text{s}^{-2}$; es conocido también como altura dinámica y esta expresado en la ecuación 14,

$$\Phi = \int_0^h g(\varphi, z) dz \dots \dots (14)$$

$$d\Phi = g dz \dots \dots (15)$$

$$Z_g = \frac{\Phi}{g_0} \quad (16)$$

Donde $g(\varphi, z)$ es la aceleración debido a la gravedad, φ la latitud, $g_0 \approx 9.80665 \text{ ms}^{-2}$ es el promedio global de la gravedad en el nivel medio del mar. La expresión matemática Φ se resume en la ecuación 15. **La altura geopotencial**, ecuación 16, es usado como coordenada vertical en la mayoría de las aplicaciones en las cuales la energía juega un importante rol (ej. movimientos atmosféricos de gran escala). En efecto, en la tropósfera y estratósfera baja, los valores de (Z_g) son numéricamente casi idénticos a la altura geométrica (z). El uso de la altura geopotencial supone la eliminación de la fuerza centrífuga y la densidad del aire. Esta aproximación mejora la interpretación en las soluciones de los modelos atmosféricos.

El jet stream, identificado mediante la altura geopotencial en 200 hPa, es un fuerte y estrecho flujo de vientos en la atmósfera superior que circula de oeste a este. Su posición y fuerza están influenciadas por gradientes de temperatura y presión atmosférica, así como por la topografía y la interacción entre los océanos y la atmósfera.

En general, durante eventos de sequía en Sudamérica, se ha observado que el jet stream tiende a desplazarse hacia el sur, alejándose de las zonas afectadas por sequías. Este desplazamiento del jet stream puede conducir a un debilitamiento de la circulación atmosférica y a una disminución en la llegada de frentes y sistemas meteorológicos que traen lluvia a la región. La presencia de un jet streak, asocia generalmente con un núcleo de altura geopotencial alta, puede generar un aumento en la estabilidad atmosférica, lo que puede limitar la formación de nubes de desarrollo vertical y tormentas severas (Pezza, A. B., & Ambrizzi, T, 2008).

2.2.4.2. Vorticidad potencial

Es una propiedad conservativa la cual representa la vorticidad y la variación de la temperatura potencial en una capa, conocida como estabilidad estática, la cual nos ayuda a determinar el ascenso o descenso de una masa. La vorticidad potencial indica que la vorticidad de una parcela solo puede ser cambiada por un cambio en su latitud y/o el cambio en la estabilidad estática (Holton, 2004).

Además, es una medida de la rotación del flujo atmosférico en la atmósfera terrestre. Se refiere a la circulación del aire alrededor de un centro de baja presión (vorticidad ciclónica) o de alta presión (vorticidad anticiclónica). La vorticidad potencial puede influir en la formación de sequías a través de su efecto en la circulación atmosférica y en los patrones de precipitación (Holton, J. R., Hakim, G. J., & Charney, J. G. ,2013).

Y estas representado por la siguiente ecuación:

$$PV = (\zeta + f) \frac{\partial \theta}{\partial p} UVP * \dots(17)$$

Dónde: ζ es la vorticidad relativa, $f = 2\Omega \sin\phi$, la vorticidad planetaria y $\frac{\partial \theta}{\partial p}$ diferencial entre superficies de temperatura potencial medida en unidades de presión.

En general, la vorticidad potencial está relacionada con la estabilidad de la atmósfera. En condiciones de alta vorticidad potencial, el aire tiende a ascender y crear zonas de baja presión en la superficie, lo que puede favorecer la formación de nubes y precipitación. Por

el contrario, en condiciones de baja vorticidad potencial, el aire tiende a descender y crear zonas de alta presión en la superficie, lo que puede resultar en condiciones de tiempo seco y la inhibición de la formación de nubes y precipitación (Holton, J. R., Hakim, G. J., & Charney, J. G., 2013).

En el contexto de las sequías, la vorticidad potencial puede influir en la formación y persistencia de patrones atmosféricos que favorecen condiciones secas. Por ejemplo, durante episodios de alta vorticidad potencial positiva en regiones subtropicales, como el cinturón de los vientos alisios, el aire tiende a descender, lo que inhibe la formación de nubes y precipitación. Esto puede resultar en sequías en regiones que dependen de la lluvia para su abastecimiento de agua, como algunas áreas de África, Australia y América del Sur (Kucharski, F., Sylla, M. B., & Bracco, A., 2015).

Sin embargo, la relación entre la vorticidad potencial y las sequías es compleja y puede estar influenciada por muchos otros factores, como la temperatura del mar, la variabilidad climática, la topografía y la actividad humana. Además, las sequías son eventos climáticos multifactoriales que también pueden ser causados por otros procesos atmosféricos y/o cambios en el ciclo hidrológico regional. Por lo tanto, es importante considerar múltiples variables y procesos en el estudio de las sequías y su relación con la vorticidad potencial (Cook, B. I., Ault, T. R., & Smerdon, J. E., 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

La provincia de Tayacaja es una de las siete que conforman el departamento de Huancavelica en el Sur del Perú. Limita por el Norte y por el Oeste con el departamento de Junín; por el Este con el departamento de Ayacucho y la provincia de Churcampa y por el Sur con la provincia de Huancavelica.

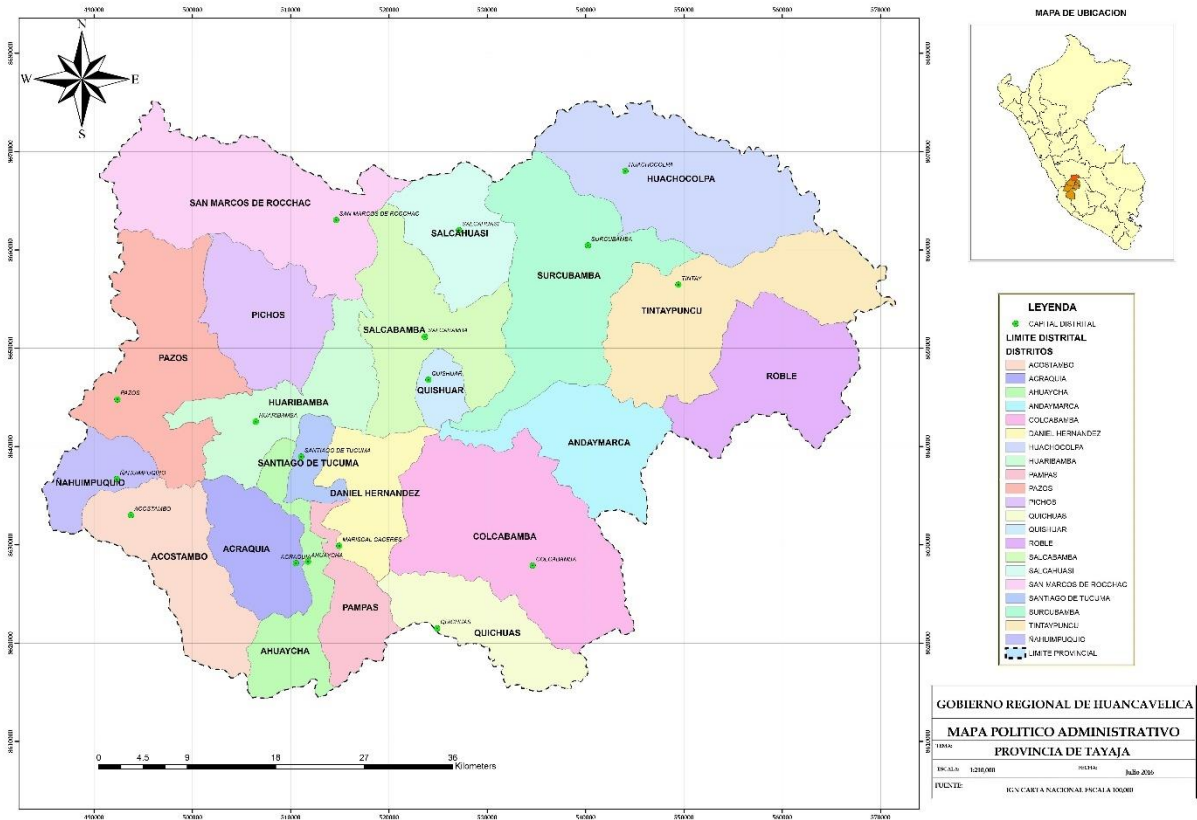


Figura 8. Mapa de los distritos de Tayacaja.
FUENTE: IGN, MUNITAYACAJA

3.2 Materiales

Para la ejecución de la presente tesis se hizo uso de los siguientes materiales.

3.2.1. Datos

Los datos grillados de precipitación y de Sistema de Información Geográfica utilizados en el presente trabajo correspondieron a cada mes del año desde el 2000 hasta el 2021. En el caso de los factores condicionantes, se empleó la información más actual disponible, la cual abarcó los siguientes parámetros sobre el área de estudio:

- Parámetros de peligro: Para la evaluación del peligro se utilizaron los siguientes datos, con sus respectivas fuentes indicadas entre paréntesis:
 - Parámetro evaluador: Frecuencia de los eventos de la sequía meteorológica en la provincia de Tayacaja-Huancavelica durante el 2000 al 2021 (Propia).
 - Factor condicionante: Pendiente (ASTER), Geología (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET), Geomorfología (INGEMMET), Cobertura vegetal (Ministerio del Ambiente - MINAM), Uso de Suelo (MINAM), Tipo de Suelo (INGEMMET), Zona climática (SENAMHI) y Zonas de Vida (ONERM),
 - Factor desencadenante: Se utilizarán el promedio mensual interanual de:
 - Niveles de presión en superficie (ERA5)
 - Vorticidad potencial en 200hPa (ERA5)
 - Humedad específica en 500hPa (ERA5)
 - Altura geopotencial a 200hPa (ERA5)
 - Lluvias acumuladas mensuales (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS))
- Parámetros de vulnerabilidad: Para la evaluación de la vulnerabilidad se calcularon la exposición, fragilidad y resiliencia de la población ante sequías, siguiendo la metodología descrita en el Manual para la Evaluación del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales del CENEPRED (2014). En caso de que no se dispusiera de alguno de los tres mencionados, solo se hizo uso de dos.
 - Vulnerabilidad Social:
 - Exposición: Pobladores por distrito (Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI) 2017)

- Fragilidad: Grupo etario (INEI 2017), Último año cursado (INEI 2017), Tipo de discapacidad (INEI 2017)
- Resiliencia: Seguro de Salud (INEI 2017)
- Vulnerabilidad Ambiental:
 - Fragilidad: Servicios Higiénico (INEI 2017), Servicios de Agua (INEI 2017)
 - Resiliencia: Horas de agua (INEI 2017)
- Vulnerabilidad Económica:
 - Fragilidad: Tipo de empleo (INEI 2017)
 - Resiliencia: Condición de vivienda ocupada (INEI 2017)

3.2.2. Softwares

- Rstudio
- Excel 2019
- ArcGis 10.8
- QGis Desktop 3.26.3

3.3. Identificación de la ocurrencia de los eventos de sequía meteorológica en Tayacaja

Para cumplir con nuestro primer objetivo se siguieron los siguientes pasos:

- a) Se calculó el SPI con 3 meses de media móvil (SPI3) utilizando los datos CHIRPS acumulados mensualmente durante el periodo 2000-2021 para nuestra región de interés.
- b) Se clasificaron, según la tabla 3, los meses con y sin sequía meteorológica.
- c) Se cuantificaron los eventos con sequía de manera espacial.
- d) Se realizaron las gráficas necesarias para el análisis de la ocurrencia de sequías.

3.4. Determinación de los niveles de peligro y vulnerabilidad de la sequía meteorológica en Tayacaja

El segundo objetivo específico se dividió en dos partes: la determinación de los niveles del peligro y la determinación de los niveles de la vulnerabilidad en nuestra área de estudio. Para el desarrollo se utilizó la metodología del Análisis Jerárquico de Saaty, con el fin de hallar el peso ponderado de cada uno de los parámetros evaluadores de la sequía meteorológica, factores de susceptibilidad (factor condicionante y factor desencadenante) y factores de vulnerabilidad (exposición, fragilidad y resiliencia). El siguiente ejemplo fue para el caso del fenómeno natural de sismo, como se muestra en el manual del CENEPRED (2014).

PASO 1: Se identifican los parámetros que permitieron caracterizar de forma apropiada el peligro existente (SISMO: Magnitud (Mw), Intensidad (MMI) y Aceleración del Suelo (m/s²)). Luego, en función de los parámetros seleccionados, se construyó una matriz cuadrada (3x3) con igual número de filas y columnas, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4:Matriz de 3x3 (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo			
Intensidad de sismo			
Aceleración natural del suelo			

FUENTE: CENEPRED ,2014

PASO 2: Se realizó la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty, siguiendo los criterios de las tablas 5 y 6, para finalmente obtener la matriz de Saaty, como se muestra en la tabla 7:

Tabla 5:Comparación de parámetros iguales (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00		
Intensidad de sismo		1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

FUENTE: CENEPRED ,2014

La comparación de dos parámetros de igual magnitud nos dará la unidad (1: igual importancia).

Tabla 6:Comparación de parámetros diferentes (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3(*)	
Intensidad de sismo	3.00 (**)	1.00	
Aceleración natural del suelo			1.00

(*) La magnitud es 3 veces menos importante que la intensidad - Ligeramente menos importante

(**) La intensidad es 3 veces más importante que la magnitud - Ligeramente más importante

FUENTE: CENEPRED ,2014

Tabla 7:Matriz de comparación por pares (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	1/3	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	1/5	1/7	1.00

FUENTE: CENEPRED ,2014

PASO 3: Los valores de la matriz fueron ajustados a decimales para facilitar el cálculo de la ponderación. Cada columna de la matriz fue sumada para obtener las sumas totales, que luego se utilizaron para calcular las inversas, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8:Inversa de las sumas totales (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	1.00	0.33	5.00
Intensidad de sismo	3.00	1.00	7.00
Aceleración natural del suelo	0.20	0.14	1.00
Suma	4.20	1.47	13.00
1/Suma	0.23	0.67	0.07

FUENTE: CENEPRED ,2014

PASO 4: La matriz fue elaborada multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente, tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9:Matriz de Normalización (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo
Magnitud de sismo	$1.00 * 0.23 = 0.23$	$0.33 * 0.67 = 0.22$	$5.00 * 0.07 = 0.38$
Intensidad de sismo	0.71	0.67	0.53
Aceleración natural del suelo	0.04	0.09	0.07

FUENTE: CENEPRED ,2014

PASO 5: El vector de priorización (ponderación) se determinó mediante la suma promedio de cada fila. Se garantizó que la suma de cada columna fuera igual a la unidad, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Vector Priorización – Ponderación (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Magnitud de sismo	Intensidad de sismo	Aceleración natural del suelo	Ponderación
Magnitud de sismo	0.23	0.22	0.38	$(0.23+0.22+0.38) / 3$
Intensidad de sismo	0.71	0.67	0.53	0.64
Aceleración natural del suelo	0.04	0.09	0.07	0.07
	1.00	1.00	1.00	1.00

FUENTE: CENEPRED ,2014

Se indicó la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Tabla 11: Porcentaje del Vector Priorización (Ejemplo: Sismo)

PARAMETROS	Vector de priorización (Ponderación)	Porcentaje
Magnitud de sismo	0.28	28%
Intensidad de sismo	0.64	64%
Aceleración natural del suelo	0.07	7%

FUENTE: CENEPRED ,2014

3.4.1. Determinación de los niveles de peligro

Para determinar los niveles de peligro en nuestra área de estudio, se siguieron los pasos mostrados en la figura 8.

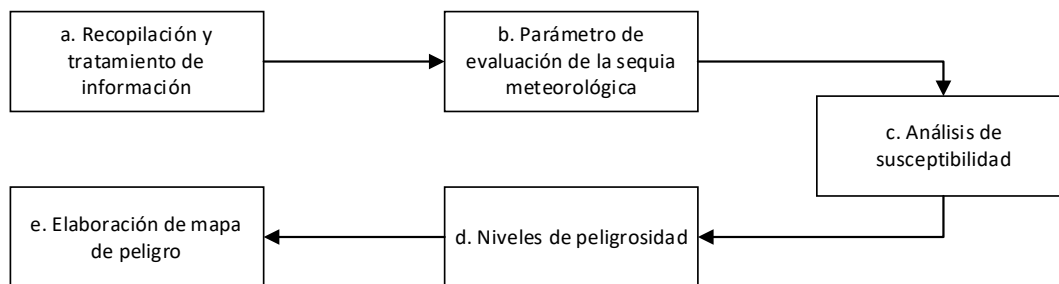


Figura 9. Flujograma para la evaluación del peligro.

a) Recopilación y tratamiento de información

Consistió en la recopilación actual de material bibliográfico, datos de campo y registros digitales (vectorial, ráster y/o satelital) que estuvieran disponibles, tal como se mencionó en el punto 3.2.1 de la sección de parámetros de peligro.

b) Parámetros de evaluación (PE) de la sequía meteorológica

La capa del parámetro de evaluación se estableció según la ponderación de Saaty de la frecuencia de los eventos de sequía meteorológica en la provincia de Tayacaja-Huancavelica durante el período de 2000 al 2021 (P1). Dado que este es el único parámetro que se utilizará, se multiplicará por 1 de la siguiente manera:

$$PE = P1 * 1 \dots (17)$$

c) Análisis de la susceptibilidad (S)

La susceptibilidad se calculó sumando la ponderación del factor condicionante (FC) multiplicado por 0.55 y la ponderación del factor desencadenante (FD) multiplicado por 0.45, de la siguiente manera:

$$FC = P1 * p1 + P2 * p2 + P3 * p3 + P4 * p4 + P5 * p5 + P6 * p6 + P7 * p7 + P8 * p8... (18)$$

$$FD = P1 * p1 + P2 * p2 + P3 * p3 + P4 * p4 + P5 * p5... (19)$$

$$S = FC * 0.4 + FD * 0.6... (20)$$

d) Niveles de peligrosidad (P)

Los niveles de peligro se estratificaron en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, calculando la suma de la susceptibilidad multiplicada por el 80% y el parámetro de evaluación por el 20%, de la siguiente manera:

$$P = S * 0.8 + PE * 0.2... (21)$$

Del cálculo anterior, obtendremos cinco valores, ya que estamos trabajando con cinco (5) descriptores. Estos valores se agruparán en pares para obtener los cuatro (4) niveles de peligro.

e)Elaboración de mapa de peligro

Se elaboró el mapa de peligro con los niveles de peligrosidad utilizando el software QGIS.

3.4.2. Determinación de los niveles de vulnerabilidad

Para determinar los niveles de vulnerabilidad en nuestra área de estudio, se seguirán los pasos mostrados en la figura 9

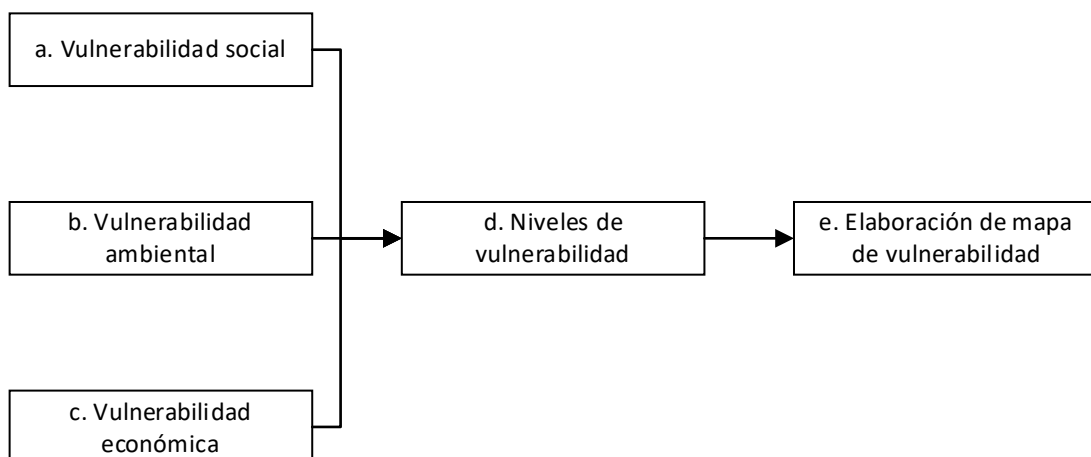


Figura 10. Flujograma para la evaluación de la vulnerabilidad.

Además, se utilizaron los datos indicados en el punto 3.2.1, apartado de indicadores de vulnerabilidad.

a) Vulnerabilidad Social (VS)

Para el cálculo de la vulnerabilidad social se utilizaron la exposición (Ex), fragilidad (Fr) y resiliencia (Re) social, los cuales fueron calculados de la siguiente manera;

$$Ex = \text{Pobladores por distrito} \dots (22)$$

Dado que la exposición solo tiene un parámetro, el valor de exposición se estableció igual a la ponderación del parámetro "Pobladores por distrito".

$$Fr = \text{Grupo Etario} * 0.5 + \text{Ultimo año cursado} * 0.5 \dots (23)$$

$$R = \text{Seguro de salud} \dots (24)$$

Al igual que la exposición, la fragilidad también tiene un solo parámetro, por lo que se consideró la ponderación del parámetro "Seguro de salud" como resiliencia.

A través de la matriz de Saaty se calcularon los pesos (p) de exposición, fragilidad y resiliencia para calcular la vulnerabilidad social de la siguiente manera:

$$VS = Ex * p1 + Fr * p2 + R * p3 \dots (25)$$

b) Vulnerabilidad Ambiental (VA)

Para el cálculo de la vulnerabilidad ambiental, solo se consideraron la exposición y fragilidad de la siguiente manera:

$$Fr = \text{Servicios Higienicos} * 0.5 + \text{Servicios de agua} * 0.5 \dots (26)$$

$$R = \text{Horas de agua} \dots (27)$$

Dado que la resiliencia solo tiene un parámetro, el valor de la resiliencia se estableció igual al de "horas de agua" con sus 5 descriptores. La vulnerabilidad ambiental se calculará de la siguiente manera:

$$VA = Fr * 0.5 + R * 0.5 \dots (28)$$

c) Vulnerabilidad Económica (VE)

Al igual que la vulnerabilidad ambiental, la vulnerabilidad económica seguirá el mismo procesamiento, el cual será de la siguiente manera:

$$Fr = \text{Tipo de empleo} \dots (29)$$

$$R = \text{Condición de vivienda ocupada} \dots (30)$$

$$VA = Fr * 0.5 + R * 0.5 \dots (31)$$

Dado que la fragilidad y la resiliencia solo tienen un parámetro cada una, estos se establecerán iguales a los valores de sus respectivos parámetros con sus 5 descriptores.

d) Niveles de vulnerabilidad (V)

Para el cálculo de la vulnerabilidad, se calcularon los pesos de vulnerabilidad social (VS), vulnerabilidad ambiental (VA) y vulnerabilidad económica (VE) utilizando el método Saaty, y se ponderaron de la siguiente manera:

$$V = VS * p1 + VA * p2 + VE * p3... (32)$$

De este proceso se obtuvieron 5 valores, dado que se trabajó con cinco (5) descriptores. Estos valores se agruparon en pares para obtener los cuatro (4) niveles, de manera similar a como se hizo con los niveles de peligrosidad.

e) Elaboración de mapa de vulnerabilidad

Se elaboró el mapa de vulnerabilidad con los niveles de vulnerabilidad utilizando el software QGIS.

3.5. Cálculo de los niveles de riesgo de la sequía meteorológica en Tayacaja.

Para lograr el tercer objetivo, se siguieron los siguientes pasos:

a) Niveles de riesgo

Para calcular los niveles de riesgo (R), se procedió según lo propuesto en el Manual del CENEPRED.

$$R = V * P (33)$$

El método consiste en el producto de los niveles de peligro (P) multiplicado por los niveles de vulnerabilidad (V).

b) Elaboración de mapa de riesgo

Se ha elaborado el mapa de riesgo con los niveles de riesgo utilizando el software QGIS.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos de la ejecución de la metodología.

4.1. Identificación de la ocurrencia de los eventos de sequía meteorológica en Tayacaja

Para la identificación de los eventos con sequía meteorológica en la zona de estudio, se descargó y procesó los datos grillados de precipitación en mm, del modelo CHIRPS (https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_monthly/tifs/) desde el 1999 al 2021 (276 datos grillados) para todo Perú, como se muestra en la figura 11.

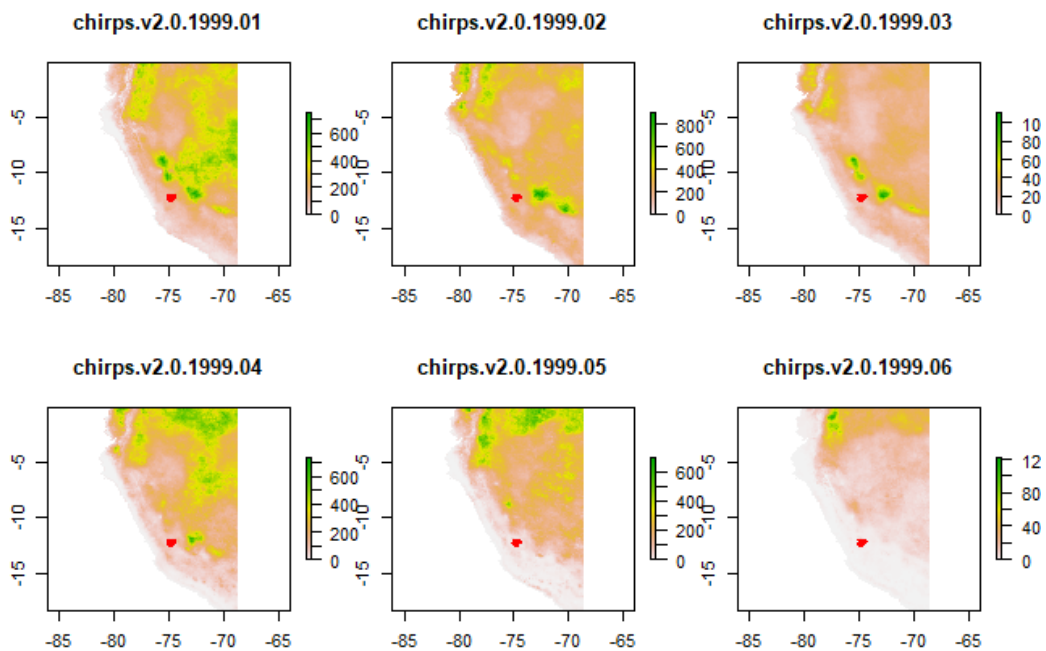


Figura 11. Primeros 6 datos CHIRPS de las 276 descargadas a nivel nacional.

Estos 276 datos grillados del CHIRPS se utilizaron para el cálculo del SPI3 desde el 2000 – 2021, obteniendo 264 meses grillados de SPI3, como se muestra en la figura 12.

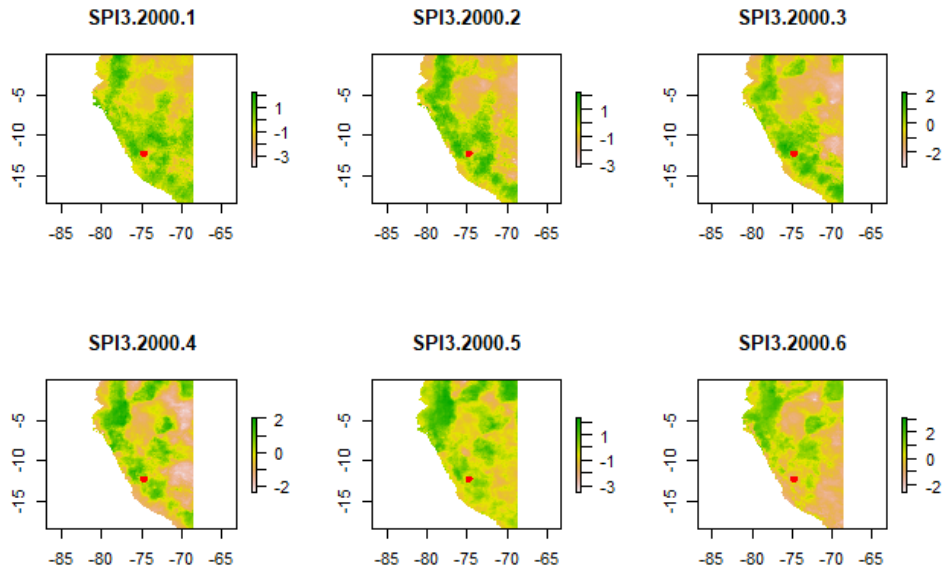


Figura 12. Primeros 6 meses SPI de las 264 generadas a nivel nacional.

Posteriormente se hizo un recorte de los 264 resultados de SPI sobre nuestra zona de estudio, Tayacaja, como se muestra en la figura 13, con paleta de colores en escala estandarizada, donde los colores más verdosos representan la no presencia de sequía meteorológica y las coloraciones más naranjas la presencia de la sequía meteorológica.

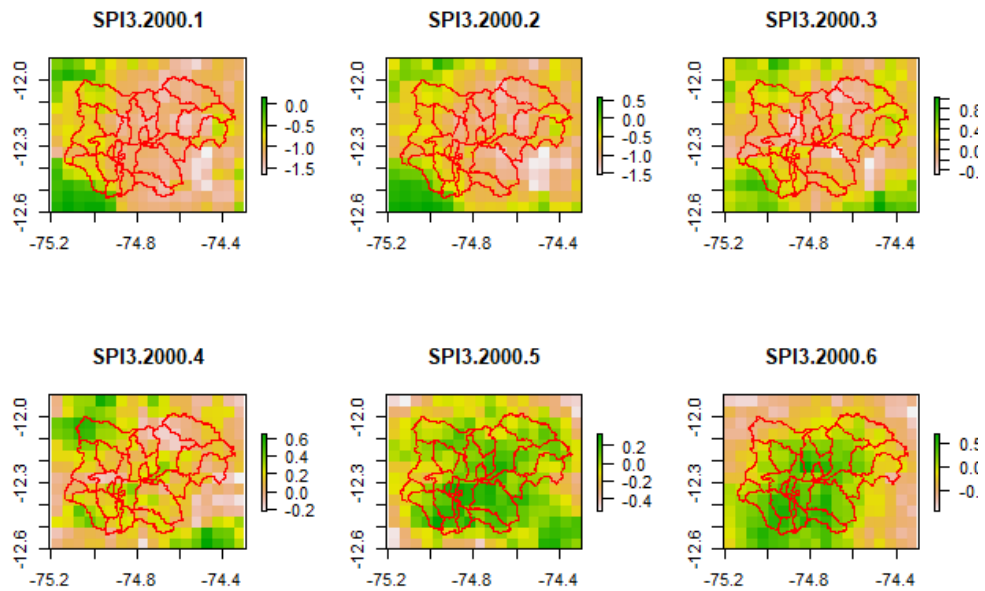


Figura 13. Primeros 6 meses de SPI de las 264 generadas en nuestra área de estudio.

Para identificar los eventos de sequía meteorológica, se procedió calcular el promedio de cada uno de los resultados grillados SPI y clasificar los valores promedios de SPI menores a 0 como sequía (S) y los mayores a 0 como no sequía (NS), como se muestra en la tabla 12, obteniendo un total de 123 eventos de sequía meteorológica promedio sobre nuestra zona de estudio durante 2000-2021.

Tabla 12: Clasificación de eventos con y sin sequía meteorológica de los 12 primeros meses de SPI 2000-2021.

Fecha	SPI	Evento
1/01/2000	-0.9807	S
1/02/2000	-0.6732	S
1/03/2000	0.1547	NS
1/04/2000	0.1448	NS
1/05/2000	-0.0229	S
1/06/2000	-0.0989	S
1/07/2000	0.3397	NS
1/08/2000	0.0312	NS
1/09/2000	-0.9694	S
1/10/2000	-0.6931	S
1/11/2000	-1.3721	S
1/12/2000	-1.5928	S

Para posteriormente solo entrar solo las fechas con eventos de sequía, clasificados como S, y se pasaron a una tabla, como se muestra en la tabla 13. Los resultados completos se encuentran en el Anexo 1.

Tabla 13: Primeros 12 eventos de sequía meteorológica 2000-2021

Fecha	SPI	Evento
1/01/2000	-0.981	S
1/02/2000	-0.673	S
1/05/2000	-0.023	S
1/06/2000	-0.099	S
1/09/2000	-0.969	S
1/10/2000	-0.693	S
1/11/2000	-1.372	S
1/12/2000	-1.593	S
1/01/2001	-0.903	S
1/02/2001	-0.480	S
1/03/2001	-0.002	S
1/04/2001	-0.872	S

Además, se observó que durante el 2000-2021 los años con más sequía meteorológica se dieron durante el 2005, 2007 y 2008 registrando 10 eventos de sequía meteorológica, como se muestra en la figura 14, y los años con menos eventos de sequía meteorológica fueron los años 2011, 2012 y 2014 registrando 2 eventos.

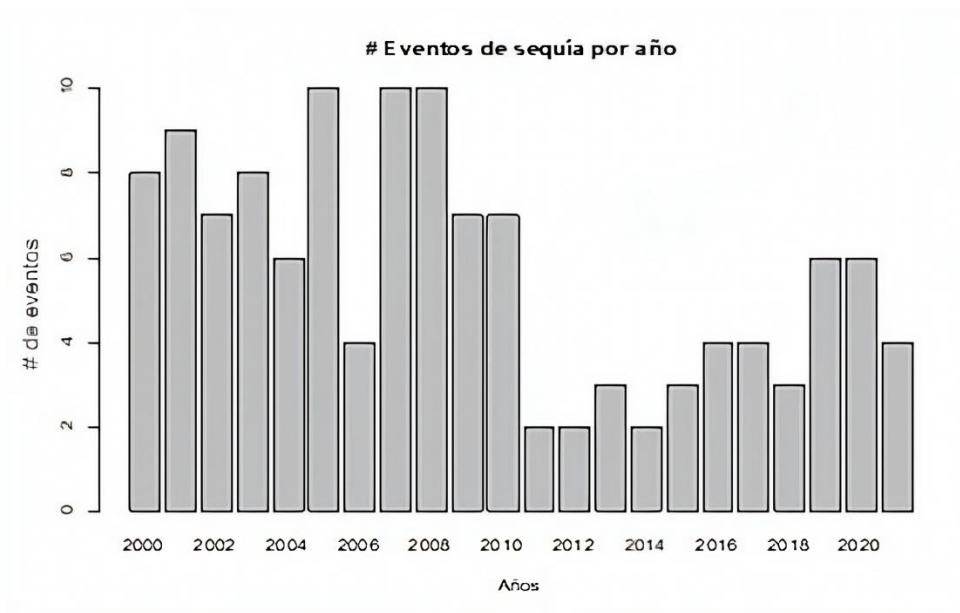


Figura 14. Grafica de barras de los eventos por año con sequía meteorológica durante 2000-2021

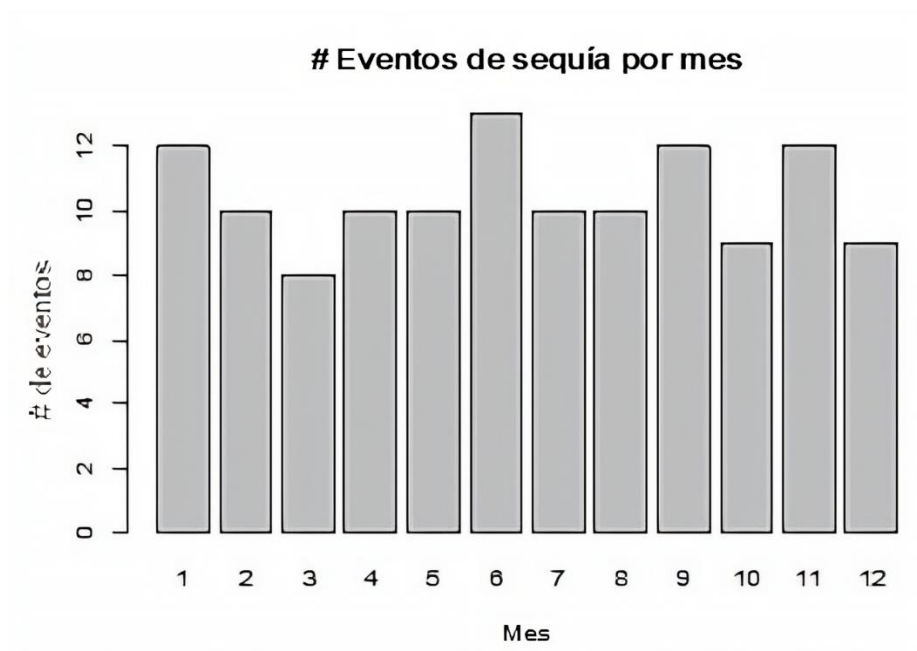


Figura 15. Grafica de barras de los eventos por meses con sequía meteorológica durante 2000-2021

Y como muestra la figura 15, en el periodo 2000-2021 el mes que presento más eventos de sequía meteorológica fue junio, con 13 eventos, seguido de los meses Enero, septiembre y noviembre, los cuales presentaron 12 eventos, y el mes que presento menos eventos de sequias meteorológicas fue marzo con 8 eventos. Si bien estacionalmente se esperas que de mayo a agosto se presencias más eventos de sequías meteorológicas, esto no se aprecia ya que estamos reduciendo la escala espacial, esto genera que no necesariamente los efectos estacionales afecten al área de trabajo.

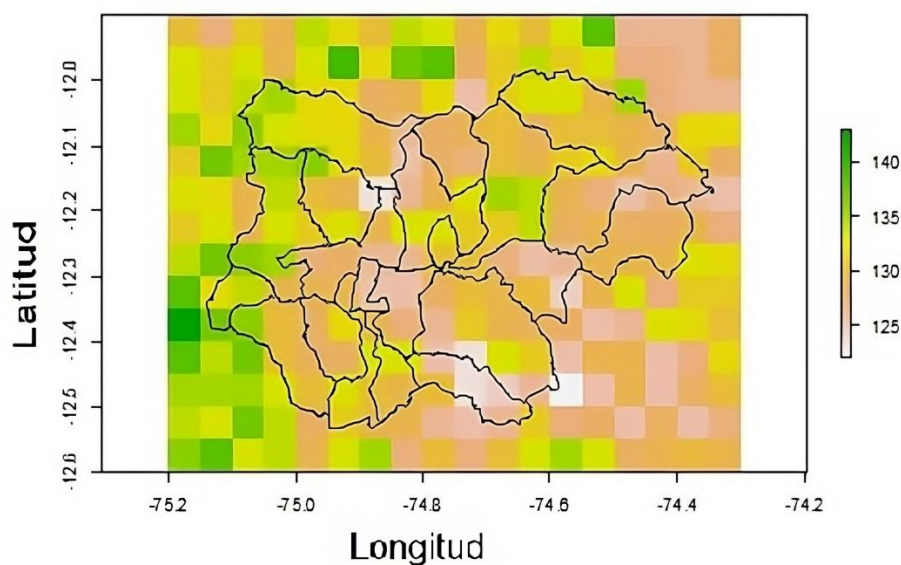


Figura 16. Mapa de frecuencia de eventos de sequía meteorológica 2000-2021 en Tayacaja

Para una mejor comprensión de la distribución espacial de las sequias en nuestra área de estudio se presenta la figura 16, donde se aprecia la frecuencia de valores negativos de SPI, es decir, eventos de sequía metrológica en toda la serie de tiempo 2000-2021 del pixel.

4.2. Determinación de los niveles de peligro y vulnerabilidad de la sequía meteorológica en Tayacaja

Para el cumplimiento de este objetivo específico, se dividirá en 2 partes, la primera con la determinación de los niveles de peligro para cada uno de los 12 meses del año, y la segunda con la determinación de la vulnerabilidad, para en el siguiente objetivo realizar el cálculo del riesgo.

4.1.1. Determinación de los niveles de peligro

Para determinar los niveles de peligro en nuestra área de estudio se requiere del cálculo del parámetro evaluador y la susceptibilidad, para posteriormente realizar su producto siguiendo

la ecuación 21.

4.1.1.1.Cálculo del parámetro evaluador

El parámetro evaluador está comprendido por la ponderación, tabla 14, de la frecuencia de los eventos de sequía meteorológica de cada pixel en la provincia de Tayacaja del 2000-2021, 22 años, para cada uno de los 12 meses.

Tabla 14: Ponderación del parámetro evaluador

PARÁMETRO	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje (%)
19-22	0.383	38.316
14-18	0.245	24.490
9-13	0.162	16.174
5-8	0.124	12.392
0-4	0.086	8.628

La tabla 14 nos muestra que le estamos dando mayor importancia a los meses que presenten entre 19 y 22 eventos de sequía meteorológica en todo el periodo de estudio, y se va reduciendo la importancia a medida que los eventos de sequía disminuyan. El desarrollo para el cálculo de la ponderación se presenta en el Anexo 2

4.1.1.2.Susceptibilidad

Para calculada la susceptibilidad, primero se calculó el factor condicionante y luego el factor desencadenante, para finalmente multiplicarlos según la ecuación 20.

A. Factor Condicionante

El factor condicionante está comprendido por los parámetros de pendiente, cobertura vegetal, tipo de suelo, geomorfología, geología, uso de suelo, pendiente y zonas de vida, los cuales tienen la siguiente ponderación, tabla 15, los cuales serán usados en la ecuación 18.

Tabla 15: Ponderación de los parámetros del factor condicionante

PARAMETRO	Vector Priorización	Porcentaje (%)
Zona climática	0.286	28.587
Cobertura Vegetal	0.158	15.840
Tipo de Suelo	0.138	13.773
Geomorfología	0.136	13.593
Geología	0.092	9.211
Uso de Suelo	0.078	7.809
Pendiente	0.067	6.728
Zonas de Vida	0.045	4.459

Cada parámetro a su vez presenta su propia ponderación con 5 descriptores, a continuación, se presenta la ponderación de cada uno de ellos. El desarrollo completo del análisis jerárquico para el factor condicionante se encuentra en el Anexo 3.

A.1. Zona climática.

Los 5 descriptores utilizados en el parámetro de Zona climática son; los climas lluviosos (A), húmedos (B), semisecos (C), semiáridos (D) y áridos (E), resultado en la siguiente ponderación, tabla 16.

Tabla 16: Ponderación de la Zona climática

Descriptores	Ponderación
A,	0.449
B	0.300
C	0.135
D	0.078
E	0.038

Se vio conveniente dar mayor importancia a los climas lluviosos, ya que estos se ven afectados en gran medida por el déficit originado por las sequías meteorológicas, además que afecta a los ecosistemas que presentan este tipo de climas, y se disminuyendo la importancia a medida que el requerimiento hídrico disminuya.

A.2. Cobertura Vegetal

Para los 5 descriptores del parámetro cobertura vegetal, se clasificaron en 5 grupos los tipos de cobertura vegetal según su requerimiento hídrico, resultado en a siguiente tabla de ponderación, tabla 17.

Tabla 17: Ponderación de la cobertura vegetal

Descriptor	Ponderación
Alto requerimiento hídrico	0.449
Moderado requerimiento hídrico	0.300
Requerimiento hídrico variable	0.135
Bajo requerimiento hídrico	0.078
Muy bajo requerimiento hídrico	0.038

Se vio conveniente darle mayor importancia a los tipos de cobertura vegetal que presenten alto requerimiento hídrico, esto debido a que el tipo de cobertura vegetal con alto requerimiento hídrico se vea afectado en gran medida por el déficit hídrico generado por las sequías meteorológicas.

A.3. Tipo de suelo

Los 5 descriptores para el parámetro tipo de suelo son los suelos de tipo, mollisols, histosols, entisols, inceptisols y las áreas urbanas, la ponderación resultante se presenta en la tabla 18.

Tabla 18: Ponderación del tipo de suelo

Descriptor	Ponderación
Mollisols	0.449
Histosols	0.300
Entisols	0.135
Inceptisols	0.078
Áreas urbanas	0.038

Se dio mayor importancia a los suelos de tipo mollisols, ya que estos tipos de suelo tienen alto requerimiento hídrico, y se fue dando menor importancia a medida que el tipo de suelo tenga menor requerimiento hídrico.

A.4. Geomorfología

En el caso de la geomorfología, se agruparon las unidades geomorfológicas según su requerimiento hídrico, obteniendo 5 descriptores los cuales se presentan en la tabla 19 con su respectiva ponderación.

Tabla 19: Ponderación de la geomorfología

Descriptor	Ponderación
Unidades con alta facilidad de erosión:	0.449
Unidades con moderada facilidad de erosión	0.300
Unidades con baja facilidad de erosión	0.135
área urbana	0.078
laguna	0.038

Se dio mayor importancia a las unidades con alta facilidad de erosión debido a que estas unidades geomorfológicas expuestas a los eventos de sequía meteorológica hacen que el suelo tienda a secarse y volverse más frágil, generando más propensos a desmoronarse y a ser arrastrados por el viento o el agua.

A.5. Geología

A igual que la geomorfología, se agruparon las unidades geológicas en 5 descriptores según su capacidad erosiva el cual se muestra en la tabla 20 con su respectiva ponderación.

Tabla 20: Ponderación de la geología

Descriptor	Ponderación
Geología con alta erosión	0.449
Geología con moderada erosión	0.300
Geología con baja erosión	0.135
área urbana	0.078
laguna	0.038

Siguiendo el criterio del parámetro geomorfología, se dio mayor importancia a las unidades geológicas con alta erosión

A.6. Uso de suelo

El uso de suelo se agrupo según su frecuencia en el uso del agua, los cuales se presentan en la tabla 21, con su respectiva ponderación.

Tabla 21: Ponderación del uso de suelo

Descriptor	Ponderación
Uso intensivo de agua	0.449
Uso moderado de agua	0.300
Uso bajo de agua	0.135
Uso muy bajo de agua	0.078
Uso sin requerimiento hídrico	0.038

Se dio mayor importancia a los grupos de uso de suelo que tengan un uso intensivo del agua, debido a que estos serán los primeros en verse afectados por los eventos de sequía meteorológica

A.7. Pendiente

En el caso de la pendiente, se utilizó el criterio propuesto de CENEPRED, el cual utiliza los descriptores mostrados en la tabla 22 como descriptores del parámetro pendiente.

Tabla 22: Ponderación de la pendiente

Descriptor	Ponderación
De 25° a mas	0.449
De 10° a 25°	0.300
De 5° a 10°	0.135
De 2° a 5°	0.078
Hasta 2°	0.038

A.8. Zonas de vida

Los 5 descriptores para el parámetro zonas de vida se muestra en la tabla 23, con su respectiva ponderación.

Tabla 23: Ponderación de la zona de vida

Descriptor	Ponderación
Bosque húmedo	0.449
bosque seco	0.300
monte espinoso	0.135
paramo	0.078
tundra/estepa	0.038

Dando mayor importancia a los bosques húmedos, ya que, ante evento de sequía, este tipo de zonas de vida, se ven afectados en gran medida, en comparación con las tundras, que son altamente resistente al déficit hídrico.

Conociendo la ponderación de cada uno de nuestros parámetros del factor condicionante, se presenta en la tabla 24 los valores del factor condicionante.

Tabla 24: Valores del factor condicionante

Factor condicionante																
Zona climática		Cobertura Vegetal		Tipo de Suelo		Geomorfología		Geología		Uso de Suelo		Pendiente		Zonas de Vida		VALOR
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	
0.286	0.449	0.158	0.449	0.137	0.449	0.13	0.449	0.092	0.449	0.078	0.449	0.067	0.449	0.044	0.449	0.449
0.286	0.300	0.158	0.300	0.137	0.300	0.13	0.300	0.092	0.300	0.078	0.300	0.067	0.300	0.044	0.300	0.300
0.286	0.135	0.158	0.135	0.137	0.135	0.13	0.135	0.092	0.135	0.078	0.135	0.067	0.135	0.044	0.135	0.135
0.286	0.078	0.158	0.078	0.137	0.078	0.13	0.078	0.092	0.078	0.078	0.078	0.067	0.078	0.044	0.078	0.078
0.286	0.038	0.158	0.038	0.137	0.038	0.13	0.038	0.092	0.038	0.078	0.038	0.067	0.038	0.044	0.038	0.038

B. Factor Desencadenante

El factor condicionante está comprendido por los parámetros de lluvia acumulada mensual, humedad específica en 500hPa, altura geopotencial en 200 hPa, vorticidad potencial en 200hPa y niveles de presión en superficie, en la tabla 25 se muestra la ponderación de estos parámetros, los cuales serán usados en la ecuación 19. El desarrollo completo del análisis jerárquico para el factor desencadenante se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 25: Ponderación de los parámetros del factor desencadenante

PARÁMETRO	Vector Priorización
Lluvia acumulada mensual	0.468
Humedad específica en 500 hPa	0.268
Vorticidad potencial en 200hPa	0.144
Altura geopotencial a 200 hPa	0.076
Niveles de presión en superficie	0.044

Cada parámetro a su vez presenta su propia ponderación con 5 descriptores, a continuación, se presenta la ponderación de cada uno de ellos.

B.1. Lluvia acumulada mensual

Para la tabla 26, ponderación de la lluvia acumulada mensual, se aprecia que se da mayor prioridad a la precipitación de 0 a 80mm, debido a que nuestro interés es la priorización de los parámetros desencadenadores de la sequía.

Tabla 26: Ponderación de la lluvia acumulada mensual

Descriptores	Ponderación
0-80 mm	0.449
81-160 mm	0.300
161-210 mm	0.135
211-300 mm	0.078
+301 mm	0.038

B.2. Humedad específica en 500 hPa

En la tabla 27 se aprecia la priorización de la humedad específica a 500 hPa con valores menores a 1.5g/Kg, ya que estas son las que desencadenan las sequias

Tabla 27: Ponderación humedad especifica en 500hPa

Descriptores	Ponderación
a menos - 1.5 g/Kg	0.364
1.5 - 2.0 g/Kg	0.277
2.0 - 2.5 g/Kg	0.182
2.5 - 3.0 g/Kg	0.109
3.0 + g/Kg	0.068

B.3. Altura geopotencial a 200 hPa

En la tabla 28 se observa la mayor priorización para niveles altos de altura geopotencial los cuales están asociados a factores de estabilidad atmosférica.

Tabla 28: Ponderación de altura geopotencial a 200 hPa

Descriptor	Ponderación
121851 - + mhg	0.364
121751 -121850 mhg	0.277
121750 – 121651 mhg	0.182
121650 - 121501mhg	0.109
121500 mhg - -	0.068

B.4. Vorticidad potencial en 200 hPa

Para el caso de la vorticidad potencial en 200 hPa, tabla 29, se da mayor ponderación a las zonas con mayor vorticidad potencial negativa ya que estas son inhibidoras de formación de nubes en las zonas tropicales.

Tabla 29: Ponderación de la vorticidad potencial a 200hPa

Descriptor	Ponderación
-0.35 UVP	0.364
-0.35 - -0.25 UVP	0.277
-0.25 - -0.15 UVP	0.182
-0.15 - -0.05 UVP	0.109
- 0.05 UVP +	0.068

B.5. Presión en superficie

Para el caso de nivel es de presión en superficie, tabla 30, se da mayor peso a las zonas con mayor presión en superficie ya que son zonas de estabilidad, debido a que en ellas ocurren proceso de convergencia de vientos en superficie ocasionado estabilidad.

Tabla 30: Ponderación de niveles de presión en superficie

Descriptor	Ponderación
950 + hPa	0.364
850 -950 hPa	0.277
750 – 850 hPa	0.182
650 – 750 hPa	0.109
-650 hPa	0.068

Conociendo la ponderación de cada uno de nuestros parámetros del factor desencadenante, se presenta en la tabla 31 los valores del factor condicionante.

Tabla 31: Valores del factor condicionante

Factor Desencadenante										
Lluvia acumulada mensual		Humedad específica en 500 hPa		Altura geopotencial a 200 hPa		Vorticidad potencial en 200hPa		Niveles de presión en superficie		VALOR
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	
0.468	0.449	0.268	0.364	0.144	0.364	0.076	0.364	0.044	0.364	0.404
0.468	0.300	0.268	0.277	0.144	0.277	0.076	0.277	0.044	0.277	0.288
0.468	0.135	0.268	0.182	0.144	0.182	0.076	0.182	0.044	0.182	0.160
0.468	0.078	0.268	0.109	0.144	0.109	0.076	0.109	0.044	0.109	0.094
0.468	0.038	0.268	0.068	0.144	0.068	0.076	0.068	0.044	0.068	0.054

C. Cálculo de la Susceptibilidad

Ya teniendo los valores del factor condicionante y desencadenante, se procede a calcular la susceptibilidad como se muestra en la tabla 32 y los niveles de susceptibilidad como se aprecia en la tabla 33.

Tabla 32: Cálculo de la susceptibilidad

Factor Desencadenante										Factor condicionante																VALOR DE LA SUSCEPTIBILIDAD				
Lluvia acumulada mensual		Humedad específica en 500 hPa		Altura geopotencial a 200 hPa		Vorticidad potencial en 200hPa		Niveles de presión en superficie		VALOR	PESO	Zona climática		Cobertura Vegetal		Tipo de Suelo		Geomorfología		Geología		Uso de Suelo		Pendiente		Zonas de Vida		VALOR	PESO	
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			
0.468	0.449	0.268	0.364	0.144	0.364	0.076	0.364	0.044	0.364	0.404	0.6	0.286	0.449	0.1584	0.449	0.1377	0.449	0.1359	0.449	0.0921	0.449	0.0781	0.449	0.0673	0.449	0.0446	0.449	0.449	0.4	0.422
0.468	0.300	0.268	0.277	0.144	0.277	0.076	0.277	0.044	0.277	0.288	0.6	0.286	0.300	0.1584	0.300	0.1377	0.300	0.1359	0.300	0.0921	0.300	0.0781	0.300	0.0673	0.300	0.0446	0.300	0.300	0.4	0.293
0.468	0.135	0.268	0.182	0.144	0.182	0.076	0.182	0.044	0.182	0.160	0.6	0.286	0.135	0.1584	0.135	0.1377	0.135	0.1359	0.135	0.0921	0.135	0.0781	0.135	0.0673	0.135	0.0446	0.135	0.135	0.4	0.150
0.468	0.078	0.268	0.109	0.144	0.109	0.076	0.109	0.044	0.109	0.094	0.6	0.286	0.078	0.1584	0.078	0.1377	0.078	0.1359	0.078	0.0921	0.078	0.0781	0.078	0.0673	0.078	0.0446	0.078	0.078	0.4	0.088
0.468	0.038	0.268	0.068	0.144	0.068	0.076	0.068	0.044	0.068	0.054	0.6	0.286	0.038	0.1584	0.038	0.1377	0.038	0.1359	0.038	0.0921	0.038	0.0781	0.038	0.0673	0.038	0.0446	0.038	0.038	0.4	0.047

Tabla 33: Niveles de susceptibilidad

Nivel de susceptibilidad	Rangos
Muy Alto	$0.2928 \leq S \leq 0.42204$
Alto	$0.1502 \leq S < 0.2928$
Medio	$0.0876 \leq S < 0.1502$
Bajo	$0.0472 \leq S < 0.0876$

4.2.1.3. Cálculo del peligro

Ya obtenido la el parámetro evaluador y la susceptibilidad, podemos obtener el peligro mencionada en la ecuación 21, aplicado en la tabla 34 y obteniendo los niveles de peligro tabla 35

Tabla 34: Cálculo del peligro

SUSCEPTIBILIDAD		PARÁMETRO DE EVALUACIÓN				Valor de Peligro
VALOR DE LA SUSCEPTIBILIDAD	PESO	Parámetro de Evaluación Freq. pp		VALOR	PESO	
		Ppar	Pdesc			
0.422	0.300	1.000	0.383	0.383	0.700	0.395
0.293	0.300	1.000	0.245	0.245	0.700	0.259
0.150	0.300	1.000	0.162	0.162	0.700	0.158
0.088	0.300	1.000	0.124	0.124	0.700	0.113
0.047	0.300	1.000	0.086	0.086	0.700	0.075

Tabla 35: Niveles de peligro

Nivel de peligro	Rangos	Descripción
Muy Alto	$0.259 \leq P \leq 0.395$	Zonas que presentan entre 22 a 19 o 18 a 14 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de alta estabilidad atmosférica que cuenta con récord de precipitación entre los 0 a 80 mm mensuales, humedad específica menor a 1.5g/kg, valores de altura geopotencial mayores a 12175.1 mhg, valores menores a -0.35UVP y presión alta en superficie. Además de comprender zonas alta y moderada erosión, alto y moderado requerimiento hídrico, como boques húmedos, glaciares y suelos agrícolas.
Alto	$0.158 \leq P < 0.259$	Zonas que presentan entre 18 a 14 o 13 a 9 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de moderada estabilidad atmosférica que cuentan con precipitación entre 81 a 160 mm mensuales; humedad específica entre 1.5 a 2 g/kg, valores de altura geopotencial entre los 121750 a 121651 mgh, presenta valores de UVP entre los -0.35 a -0.25 y presión moderada en la superficie Además de comprender zonas de moderada erosión, moderado requerimiento hídrico, como boques secos.
Medio	$0.113 \leq P < 0.158$	Zonas que presentan entre 13 a 9 o 8 a 5 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de baja estabilidad atmosférica que cuentan con precipitación entre 160 a 300 mm mensuales; humedad específica entre 2 a 3 g/kg, valores de altura geopotencial entre los 121650 a 121501 mgh, presenta valores de UVP entre los -0.35 a -0.25 y presión leve en la superficie Además de comprender zonas de baja erosión, bajo requerimiento hídrico.
Bajo	$0.075 \leq P < 0.113$	Zonas que presentan entre 8 a 5 o 4 a 0 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de leve estabilidad atmosférica o ligera inestabilidad que cuentan con precipitación mayor a 301 mm mensuales; humedad específica mayor a 3 g/kg, valores de altura geopotencial menores a 121500 mgh, presenta valores mayores a -0.05 UVP y presión baja en la superficie Además de comprender zonas de leve o nula erosión, leve o nulo requerimiento hídrico.

A continuación, se presentan los meses que presentan mayor y menor niveles de peligro antes sequia meteorológica, en el anexo 5 se presentan todos los mapas de peligro para cada mes:

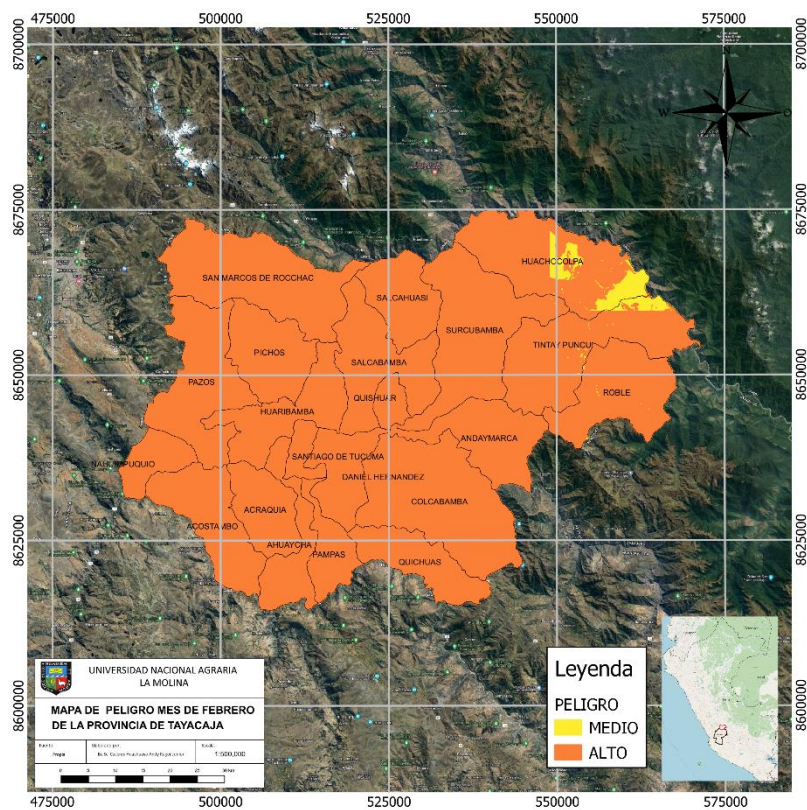


Figura 17. Mapa de peligro para el mes de Febrero

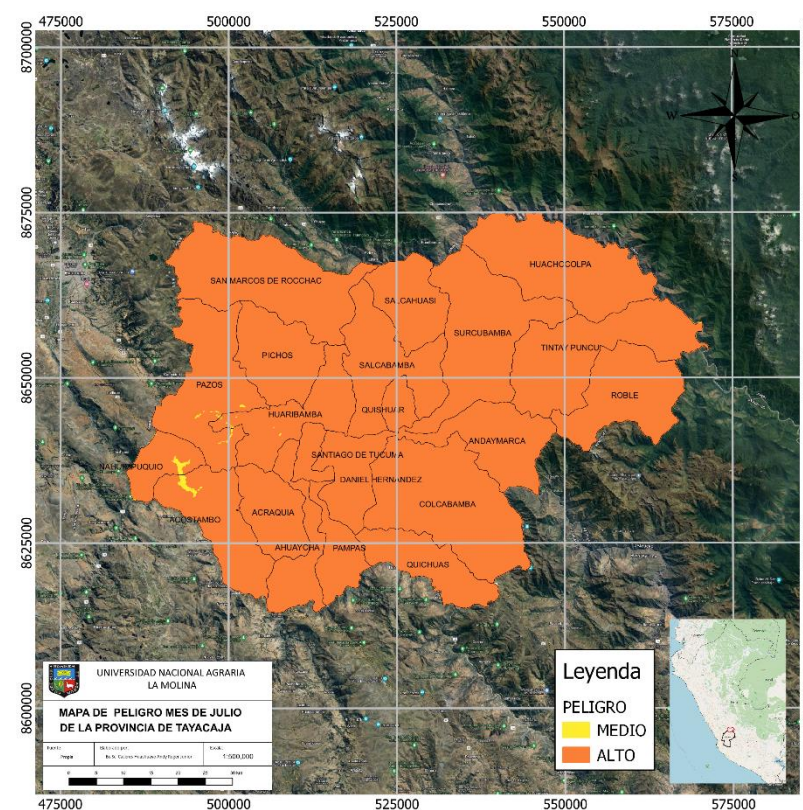


Figura 18. Mapa de peligro para el mes de Julio

Se aprecia que, para el mes de febrero, figura 17, se presentan niveles de peligro alto en casi toda la provincia de Tayacaja, siendo este un mes seco para la sierra central del país, y para el mes de julio, figura 18, se presen ligeras zonas de peligro medio y en gran medida niveles alto. En general para la provincia se Tayacaja en sus 12 meses se aprecia, anexo 5, dominancia de los niveles altos debido a la dominancia de la estabilidad atmosférica.

4.1.2. Determinación de los niveles de vulnerabilidad

Para obtener la vulnerabilidad de nuestra área de estudio se hará el uso del último censo nacional, INEI 2017, realizado y publicado en el Perú con escala a nivel distrital. A comunicación se presentará la tabla 36 los pesos que se dará a las 4 vulnerabilidades que se utilizaran en el estudio. En el Anexo 6 se presenta el proceso del análisis jerárquico para el cálculo de la vulnerabilidad.

Tabla 36: Peso de los parámetros para el cálculo de vulnerabilidad

DIMENSIONES	Ponderación
VULNERABILIDAD AMBIENTAL	0,539
VULNERABILIDAD SOCIAL	0,297
VULNERABILIDAD ECONÓMICA	0,164

4.2.1.1. Vulnerabilidad Ambiental

Para el cálculo de los niveles de vulnerabilidad ambiental, se usó la fragilidad y resiliencia, en una relación de 50/50, de los pobladores al trato con su ambiente de cada distrito dentro de la provincia de Tayacaja. En el Anexo 7 se presenta el proceso del análisis jerárquico para el cálculo de la vulnerabilidad ambiental.

- **Fragilidad:** Para el cálculo de la fragilidad se utilizan las variables de Servicios Higiénicos y Servicios de agua, mostrando sus descriptores en la tabla 37 y 38 con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 37: Ponderación de servicio higiénicos

Descriptores	Ponderación
Campo abierto o al aire libre	0,435
Pozo ciego o negro	0,274
Letrina (con tratamiento)	0,162
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	0,089
Red pública de desagüe dentro de la edificación	0,040

Tabla 38: Ponderación de Servicios de agua

Descriptores	Ponderación
Otro o no tiene	0,448
Fuentes de agua libre (Pozo (agua subterránea) /Manantial o puquio/Río, acequia, lago, laguna)	0,291
Camión - cisterna u otro similar	0,149
Pilón o pileta de uso público	0,074
Red pública dentro fuera de la vivienda	0,039

- **Resiliencia:** Para el cálculo de la resiliencia se utilizan las variables de Horas de agua mostrando sus descriptores en la tabla 39 con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 39: Ponderación de Horas de agua

Descriptores	Ponderación
1 - 6	0,449
7- 12	0,300
13- 18	0,135
19 - 23	0,078
24 h	0,038

4.2.1.2. Vulnerabilidad Social

Para el cálculo de los niveles de vulnerabilidad social, se hará uso de la exposición, fragilidad y resiliencia, en una relación como se muestra en la tabla 40, de los pobladores al trato con su ambiente de cada distrito dentro de la provincia de Tayacaja. En el Anexo 8 se presenta el proceso del análisis jerárquico para el cálculo de la vulnerabilidad social.

Tabla 40: Relación de exposición, fragilidad y resiliencia para la vulnerabilidad social

FACTOR	Ponderación
Exposición	0,490
Fragilidad	0,312
Resiliencia	0,198

- Exposición: Para el cálculo de la exposición se utilizan las variables de Pobladores por distrito, mostrando sus descriptores en la tabla 41 con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 41: Ponderación de pobladores por distrito

Descriptores	Ponderación
menos de 1000	0,441
1000 a 2000 personas	0,292
2000 a 3000 personas	0,135
3000 a 4000 personas	0,089
Más de 4000 personas	0,043

- Fragilidad: Para el cálculo de la fragilidad se utilizan las variables de Grupo Etario, Tipo de Discapacidad y Último año cursado, mostrando sus descriptores en la tabla 42, 43 y 44 con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 42: Ponderación Grupo etario

Descriptores	Ponderación
0-5 y mayor a 71 años	0,434
6 a 15 años	0,300
Entre 56 y 70 años	0,140
Entre 31 y 55 año	0,084
Entre 15 y 30 años	0,041

Tabla 43: Ponderación tipo de discapacidad

Descriptores	Ponderación
Con 2 o más discapacidades	0,439
Para usar brazos y piernas	0,299
Mental o Intelectual	0,145
Visual	0,079
Sin discapacidad	0,038

Tabla 44: Ponderación último año cursado

Descriptores	Ponderación
No tiene	0,449
Inicial o primaria	0,300
Secundaria	0,135
Superior técnica universitaria	0,078
Posgrado	0,038

- Resiliencia: Para el cálculo de la resiliencia se utilizan las variables de Seguro de Salud, mostrando sus descriptores en la tabla 45 con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 45: Ponderación Seguro de salud

Descriptor	Ponderación
No tiene	0,449
SIS	0,300
ESSALUD	0,135
Solo seguro privado	0,078
Seguro privado y ESSALUD	0,038

4.2.1.3. Vulnerabilidad Económica

Para el cálculo de los niveles de vulnerabilidad económica, se hará uso de la fragilidad y resiliencia, en una relación de 50/50, de los pobladores al trato con su ambiente de cada distrito dentro de la provincia de Tayacaja. En el Anexo 9 se presenta el proceso del análisis jerárquico para el cálculo de la vulnerabilidad económica.

- **Fragilidad:** Para el cálculo de la fragilidad se utilizan las variables de Tipo de Empleo, mostrando sus descriptores en la tabla 46 con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 46: Ponderación tipo de empleo

TIPO DE EMPLEO	Ponderación
Trabajador(a) del hogar	0,421
Trabajador(a) en negocio de un familiar empleado u obrero	0,312
Trabajador(a) independiente o por cuenta propia	0,147
Empleador(a) o patrono(a)	0,082
	0,038

- **Resiliencia:** Para el cálculo de la resiliencia se utilizan las variables de Condición de vivienda ocupada mostrando sus descriptores en la tabla 47 con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 47: Ponderación condición de vivienda

CONDICIÓN DE VIVIENDA	Ponderación
Viviendas colectivas	0,444
Local no destinado para habitación humana	0,289
Choza o vivienda improvisada	0,147
Vivienda en quinta o callejón	0,082
Casa independiente o departamento	0,038

4.2.1.4. Cálculo de la vulnerabilidad

Conociendo la ponderación de cada uno de nuestros factores de vulnerabilidad se realizaría el cálculo de cada tipo de vulnerabilidad para finalmente hacer uso de la ecuación 32 para calcular la vulnerabilidad como se muestra en la tabla 48.

Tabla 48: Cálculo de la vulnerabilidad social

DIMENSIÓN SOCIAL																
EXPOSICIÓN SOCIAL				FRAGILIDAD SOCIAL						RESILIENCIA SOCIAL				VALOR DIMENSIÓN SOCIAL		
NÚMERO DE POBLADORES		Valor	Peso	Grupo Etareo		Discapacidad		Nivel de Estudios		Valor	Peso	Seguro de Salud			Valor	Peso
Ppar	Pdes			Ppar	Pdes	Ppar	Pdes	Ppar	Pdes			Ppar	Pdes			
1	0.441	0.441	0.490	0.490	0.434	0.312	0.439	0.198	0.449	0.439	0.312	1	0.449	0.449	0.198	0.442
1	0.292	0.292	0.490	0.490	0.300	0.312	0.299	0.198	0.300	0.300	0.312	1	0.300	0.300	0.198	0.296
1	0.135	0.135	0.490	0.490	0.140	0.312	0.145	0.198	0.135	0.141	0.312	1	0.135	0.135	0.198	0.137
1	0.089	0.089	0.490	0.490	0.084	0.312	0.079	0.198	0.078	0.081	0.312	1	0.078	0.078	0.198	0.084
1	0.043	0.043	0.490	0.490	0.041	0.312	0.038	0.198	0.038	0.039	0.312	1	0.038	0.038	0.198	0.041

Tabla 49: Cálculo de la vulnerabilidad económica

DIMENSIÓN ECONÓMICA									
FRAGILIDAD ECONÓMICA				RESILIENCIA ECONÓMICA				VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	
Tipo de empleo		Valor	Peso	Condición de la vivienda		Valor	Peso		
Ppar	Pdes			Ppar	Pdes				
1.0	0.421	0.421	0.500	1.0	0.444	0.444	0.500	0.433	
1.0	0.312	0.312	0.500	1.0	0.289	0.289	0.500	0.300	
1.0	0.147	0.147	0.500	1.0	0.147	0.147	0.500	0.147	
1.0	0.082	0.082	0.500	1.0	0.082	0.082	0.500	0.082	
1.0	0.038	0.038	0.500	1.0	0.038	0.038	0.500	0.038	

Tabla 50: Cálculo de la vulnerabilidad ambiental

DIMENSIÓN AMBIENTAL										
FRAGILIDAD AMBIENTAL				RESILIENCIA AMBIENTAL						
Servicio de Agua		Servicios Higiénicos		Valor	Peso	horas de agua		Valor	Peso	VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL
Ppar	Pdes	Ppar	Pdes			Ppar	Pdes			
0.600	0.448	0.400	0.435	0.443	0.500	1.000	0.449	0.449	0.500	0.446
0.600	0.291	0.400	0.274	0.284	0.500	1.000	0.300	0.300	0.500	0.292
0.600	0.149	0.400	0.162	0.154	0.500	1.000	0.135	0.135	0.500	0.145
0.600	0.074	0.400	0.089	0.080	0.500	1.000	0.078	0.078	0.500	0.079
0.600	0.039	0.400	0.040	0.039	0.500	1.000	0.038	0.038	0.500	0.039

Tabla 51: Cálculo de la vulnerabilidad y descripción

CÁLCULO VALORES DE VULNERABILIDAD						
VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL	VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA	VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL	PESO DIMENSIÓN AMBIENTAL	VALOR VULNERABILIDAD
0.442		0.433		0.446		0.443
0.296		0.300		0.292		0.295
0.137	0.297	0.147	0.164	0.145	0.539	0.143
0.084		0.082		0.079		0.081
0.041		0.038		0.039		0.039

Tabla 52: Niveles y descripción de la vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Rangos	Descripción
Muy Alto	$0.295 \leq V \leq 0.443$	Personas cuentan con 1 a 6 o 7 a 12 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos al campo abierto o pozo ciego; No cuentan con servicio de agua o presentan fuentes de agua libre; Residen en locales no destinados para habitación humana; No cuentan con trabajo; No presentan seguro social; Grupo etario entre los 0 a 5 años, mayores a 71 años y de 6 a 15 años; Población con una o más discapacidades; No cuentan con nivel de educación o tiene educación de nivel primario; Densidad de población no mayor a 2000 pobladores.
Alto	$0.143 \leq V < 0.295$	Personas cuentan con 7 a 12 o 13 a 18 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos de pozo ciego o letrina; Cuentan con fuentes de agua libre o cisternas; Presentan viviendas improvisadas o chozas; Dependen del trabajo familiar; Tiene como seguro al SIS o ESSALUD; Grupo etario entre los 56 y 70 años; Población con discapacidad mental o intelectual; Cuentan con nivel secundario de estudio; Densidad de población no mayor a 3000 pero no menor a 2000.
Medio	$0.081 \leq V < 0.143$	Personas cuentan con 13 a 18 o 19 a 23 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos de letrina o pozo séptico; Cuentan con fuente de agua a los camiones cisterna o piletas de uso público; Residen en viviendas de quinta o callejón; Son obreros o empleados; Cuentan con un seguro privado; grupo etario entre los 31 y 35 años; Población con discapacidad visual; Cuentan con nivel de estudio universitario o superior técnico; Densidad de población no mayor a 4000 pero no menor a 3000.
Bajo	$0.039 \leq V < 0.081$	Personas cuentan con 19 a 23 o 24 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos de pozo séptico o red de desagüe; Presentan una red de agua potable dentro o fuera de sus viviendas; Tienen casa independiente o departamentos; Son empleadores o trabajadores independientes; Cuentan con un seguro privado y ESSALUD; Grupo etario entre los 15 y 30 años; Población que no cuenta con discapacidad; Cuentan con nivel de estudio de post grado; Densidad de población no mayor a 5000 pero no menor a 4000.

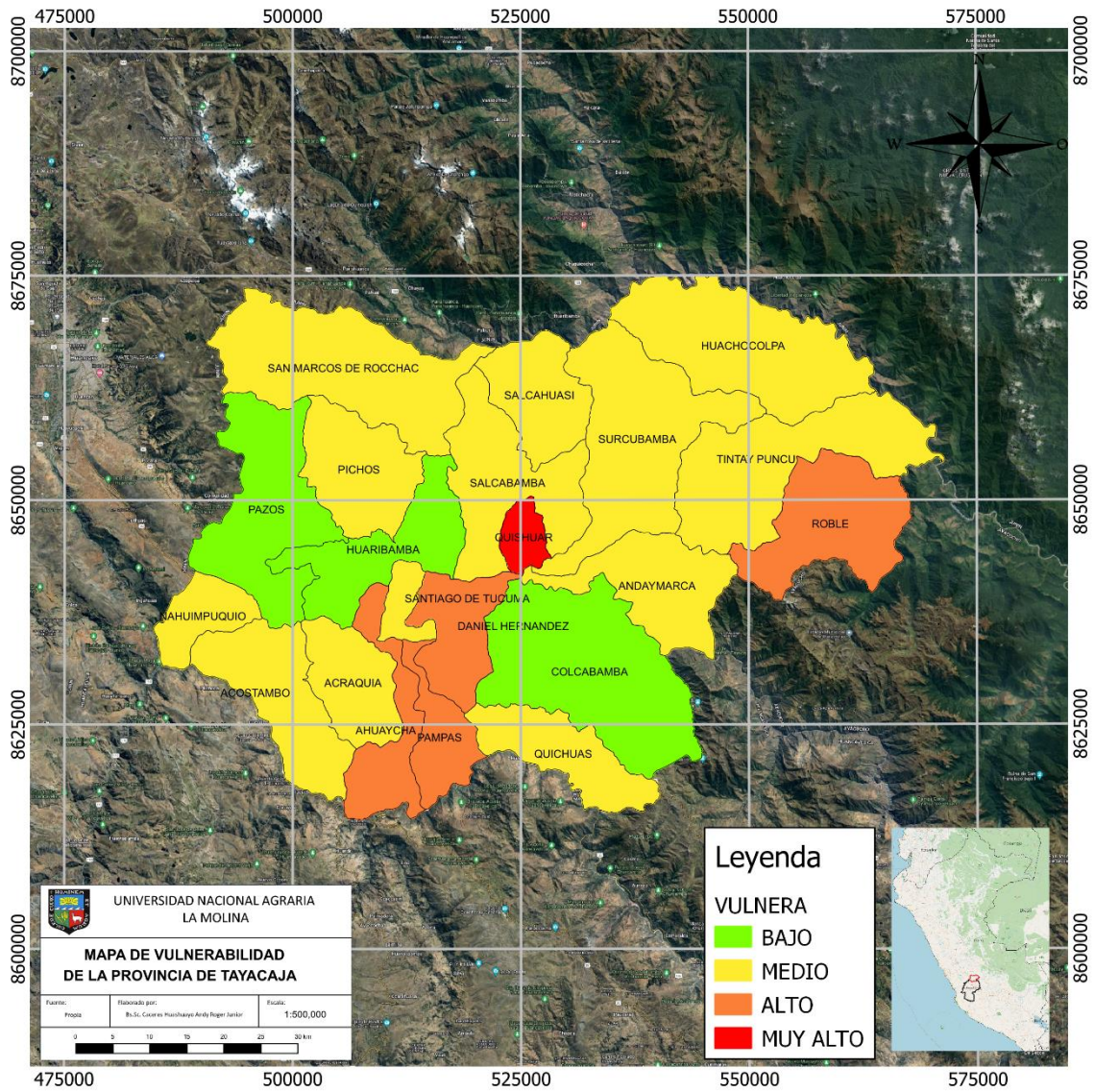


Figura 19. Mapa de vulnerabilidad ante sequia meteorológica en la provincia de Tayaquila

4.3. Cálculo de los niveles de riesgo por sequía meteorológica

Habiendo calculado la vulnerabilidad y el peligro, haremos uso de la ecuación 33, para el cálculo del riesgo, como se muestra en la tabla 52, y sus niveles de riesgo en la tabla 53

Tabla 53: Cálculo del riesgo

Valor de Peligro	PESO	Valor de vulnerabilidad	PESO	RIESGO
0,395	0,700	0,443	0,300	0,409
0,259	0,700	0,295	0,300	0,270
0,158	0,700	0,143	0,300	0,154
0,113	0,700	0,081	0,300	0,103
0,075	0,700	0,039	0,300	0,064

Tabla 54: Niveles y descripción del riesgo

Nivel de riesgo	Rangos	Descripción
Muy Alto	$0.270 \leq P \leq 0.409$	<p>Zonas que presentan entre 22 a 19 o 18 a 14 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de alta estabilidad atmosférica que cuenta con récord de precipitación entre los 0 a 80 mm mensuales, humedad específica menor a 1.5g/kg, valores de altura geopotencial mayores a 12175.1 mhg, valores menores a -0.35UVP y presión alta en superficie. Además de comprender zonas alta y moderada erosión, alto y moderado requerimiento hídrico, como boques húmedos, glaciares y suelos agrícolas.</p> <p>Personas cuentan con 1 a 6 o 7 a 12 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos al campo abierto o pozo ciego; No cuentan con servicio de agua o presentan fuentes de agua libre; Residen en locales no destinados para habitación humana; No cuentan con trabajo; No presentan seguro social; Grupo etario entre los 0 a 5 años, mayores a 71 años y de 6 a 15 años; Población con una o más discapacidades; No cuentan con nivel de educación o tiene educación de nivel primario; Densidad de población no mayor a 2000 pobladores.</p>
Alto	$0.154 \leq P < 0.270$	<p>Zonas que presentan entre 18 a 14 o 13 a 9 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de moderada estabilidad atmosférica que cuentan con precipitación entre 81 a 160 mm mensuales; humedad específica entre 1.5 a 2 g/kg, valores de altura geopotencial entre los 121750 a 121651 mgh, presenta valores de UVP entre los -0.35 a -0.25 y presión moderada en la superficie. Además de comprender zonas de moderada erosión, moderado requerimiento hídrico, como boques secos.</p> <p>Personas cuentan con 7 a 12 o 13 a 18 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos de pozo ciego o</p>

Continuación...

		<p>letrina; Cuentan con fuentes de agua libre o cisternas; Presentan viviendas improvisadas o chozas; Dependen del trabajo familiar; Tiene como seguro al SIS o ESSALUD; Grupo etario entre los 56 y 70 años; Población con discapacidad mental o intelectual; Cuentan con nivel secundario de estudio; Densidad de población no mayor a 3000 pero no menor a 2000.</p>
Medio	$0.103 \leq P < 0.154$	<p>Zonas que presentan entre 13 a 9 o 8 a 5 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de baja estabilidad atmosférica que cuentan con precipitación entre 160 a 300 mm mensuales; humedad específica entre 2 a 3 g/kg, valores de altura geopotencial entre los 121650 a 121501 mgh, presenta valores de UVP entre los -0.35 a -0.25 y presión leve en la superficie Además de comprender zonas de baja erosión, bajo requerimiento hídrico.</p> <p>Personas cuentan con 13 a 18 o 19 a 23 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos de letrina o pozo séptico; Cuentan con fuente de agua a los camiones cisterna o piletas de uso público; Residen en viviendas de quinta o callejón; Son obreros o empleados; Cuentan con un seguro privado; grupo etario entre los 31 y 35 años; Población con discapacidad visual; Cuentan con nivel de estudio universitario o superior técnico; Densidad de población no mayor a 4000 pero no menor a 3000.</p>
Bajo	$0.064 \leq P < 0.103$	<p>Zonas que presentan entre 8 a 5 o 4 a 0 eventos de sequía meteorológica durante el periodo 2000-2021; Zonas de leve estabilidad atmosférica o ligera inestabilidad que cuentan con precipitación mayor a 301 mm mensuales; humedad específica mayor a 3 g/kg, valores de altura geopotencial menores a 121500 mgh, presenta valores mayores a -0.05 UVP y presión baja en la superficie Además de comprender zonas de leve o nula erosión, leve o nulo requerimiento hídrico.</p> <p>Personas cuentan con 19 a 23 o 24 horas al acceso de agua en las 24 horas del día; Cuentan con servicio higiénicos de pozo séptico o red de desagüe; Presentan una red de agua potable dentro o fuera de sus viviendas; Tienen casa independiente o departamentos; Son empleadores o trabajadores independientes; Cuentan con un seguro privado y ESSALUD; Grupo etario entre los 15 y 30 años; Población que no cuenta con discapacidad; Cuentan con nivel de estudio de post grado; Densidad de población no mayor a 5000 pero no menor a 4000.</p>

A continuación, se presentan los meses que presentan mayor y menor niveles de riesgo antes sequia meteorológica, en el anexo 10 se presentan todos los mapas de riesgo para cada mes:

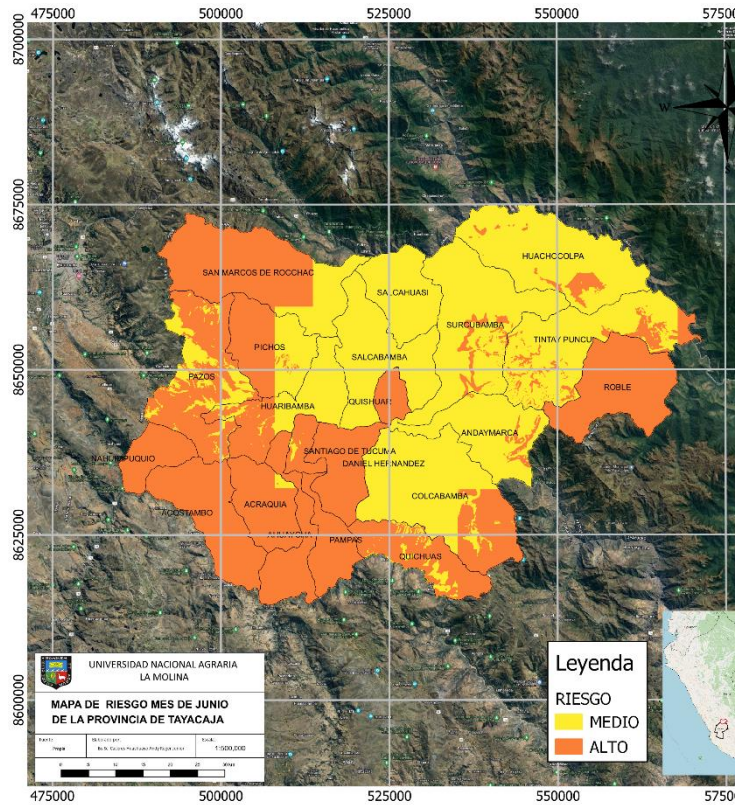


Figura 20. Mapa de riesgo para el mes de junio

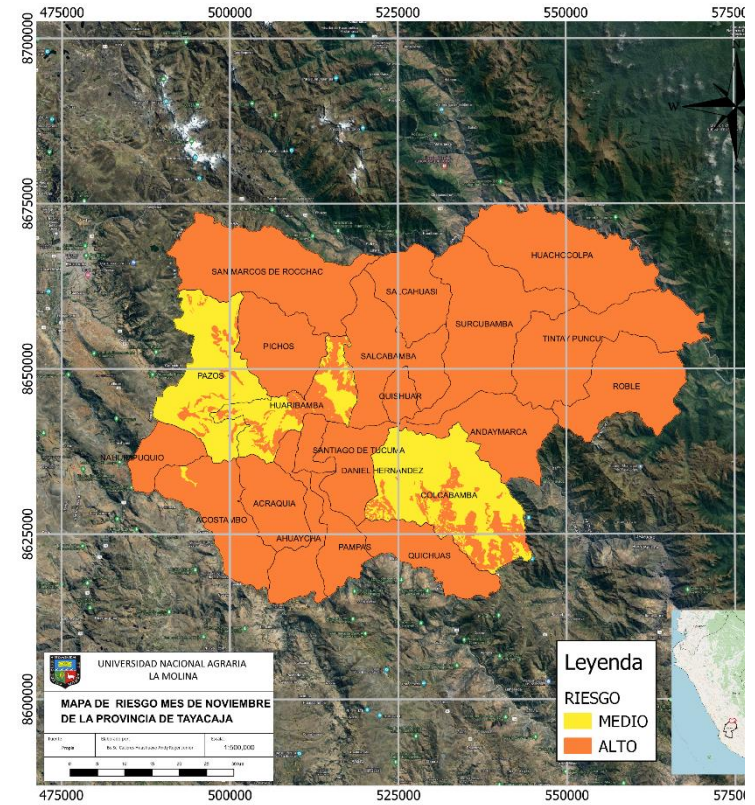


Figura 21. Mapa de riesgo para el mes de noviembre

Se aprecia que, para el mes de junio, figura 20, se presentan la mayor densidad de zonas con nivel de riesgo medio, siendo este mes, uno de los meses más húmedos para la sierra peruana, para el mes de noviembre, figura 21, presenta mayor densidad de zonas de nivel alto, esto puede ser debido al inicio del verano, siendo esta estación seca para la sierra del Perú

V. CONCLUSIONES

- Los eventos de sequía meteorológica fueron identificados en la provincia de Tayacaja-Huancavelica durante el período analizado, con una mayor frecuencia mensual durante junio y menor frecuencia para el mes de enero, febrero y marzo, para la frecuencia anual se vio un pico alto de 10 eventos en los años 2004,2007 y 2008 y un pico mínimo en los años 2011,2012 y 2014. Además; la distribución espacial de los eventos de sequía meteorológica, como se muestra en el mapa de frecuencia de eventos de sequía, revela áreas específicas dentro de la provincia que son más susceptibles a la sequía.
- Para los meses de abril a septiembre se aprecia un nivel de peligro alto para toda la provincia de Tayacaja, para los meses de enero a marzo también se aprecia niveles altos de peligro para gran parte de Tayacaja, pero con niveles medios de peligro al nor-oeste; para el caso de la vulnerabilidad, se aprecia que el distrito de Quishuar presenta niveles muy altos de vulnerabilidad que se caracteriza por un acceso limitado a servicios básicos, infraestructuras deficientes y una capacidad de respuesta limitada ante eventos de sequía.
- Durante los meses secos, mayo a septiembre, se observa una ligera extensión de áreas con riesgo medio y algunas con riesgo alto debido a factores como la estabilidad atmosférica moderada y las precipitaciones limitadas. En los meses húmedos, octubre a abril, el riesgo de sequía disminuye significativamente, predominando áreas de riesgo medio gracias a las mayores precipitaciones y mejor acceso a recursos hídricos. El distrito de Quishuar destaca por presentar mayore frecuencia, 12 meses, de riesgo nivel alto.

VI. RECOMENDACIONES

1. Dado que la sequía es un fenómeno climático dinámico, se recomienda continuar el monitoreo de la sequía en la región para comprender mejor su evolución a lo largo del tiempo y su impacto en la comunidad.
2. Considerando los niveles de peligro y vulnerabilidad identificados, se sugiere implementar medidas de adaptación específicas para reducir los impactos de la sequía en la provincia. Estas medidas podrían incluir estrategias de gestión del agua, diversificación de cultivos resistentes a la sequía y programas de conservación de suelos.
3. Es importante desarrollar planes de gestión de riesgos de sequía que involucren a las autoridades locales, comunidades y otros actores relevantes. Estos planes podrían incluir estrategias de respuesta temprana, sistemas de alerta y medidas de mitigación de impactos.
4. Se recomienda promover la educación y concienciación sobre la sequía y sus impactos entre la población local. Esto podría incluir programas de capacitación sobre prácticas agrícolas sostenibles, uso eficiente del agua y medidas de conservación.
5. Dada la complejidad de la sequía como fenómeno multidimensional, se sugiere fomentar la colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y la comunidad local para abordar de manera integral los desafíos asociados a la sequía.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Bachmair, S., Stahl, K., Collins, K., Hannaford, J., Acreman, M., Svoboda, M., Knutson, C., Smith, K. H., Wall, N., Fuchs, B., Crossman, N. D., & Overton, I. C. (2016). Drought indicators revisited: The need for a wider consideration of environment and society. *WIREs Water*, 3(4), 516-536. <https://doi.org/10.1002/wat2.1154>
- Carvalho, L. M. V., Jones, C., Liebmann, B., & Silva Dias, P. L. (2004). The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of Climate*, 17(1), 88-108. doi: 10.1175/1520-0442(2004)
- CENEPRED, (2014), MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS ORIGINADOS POR FENÓMENOS NATURALES, 2DA VERSIÓN. Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf (cenepred.gob.pe)
- Chow, V. t. (1998). *Hidrología Aplicada*.
- Cook, B. I., Ault, T. R., & Smerdon, J. E. (2015). Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains. *Science Advances*, 1(1), e1400082. doi: 10.1126/sciadv.1400082
- Crocetti, L., Forkel, M., Fischer, M., Jurečka, F., Grlj, A., Salentinig, A., Trnka, M., Anderson, M., Ng, W.-T., Kokalj, Ž., Bucur, A., & Dorigo, W. (2020). Earth Observation for agricultural drought monitoring in the Pannonian Basin (southeastern Europe): Current state and future directions. *Regional Environmental Change*, 20(4), 123. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01710-w>
- Dalezios, N. R., Blanta, A., Spyropoulos, N. V., & Tarquis, A. M. (2014). Risk identification of agricultural drought for sustainable Agroecosystems. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(9), 2435-2448. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-2435-2014>

- FAO (1998), FAO DOCUMENTO TECNICO DE PESCA 351 INTERNATIONAL YEAR OF THE OCEAN <https://www.fao.org/3/v8490s/v8490s00.htm#Contents>
- Grimm, A. M., & Tedeschi, R. G. (2009). ENSO and extreme rainfall events in South America. *Journal of Climate*, 22(7), 1589-1609. doi: 10.1175/2008JCLI2475.1
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la investigación* (5 ed.). México: McGraw-Hill
- Holton, J. R., Hakim, G. J., & Charney, J. G. (2013). *Dynamic Meteorology: A Basic Course*. Academic Press.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Informe de síntesis. Grupo de trabajo II*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O., Bouwer, L., ... & Colette, A. (2014). EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563-578.
- Kucharski, F., Sylla, M. B., & Bracco, A. (2015). Predictability of West African summer monsoon rainfall onset and cessation in regional and global models. *Climate Dynamics*, 44(5-6), 1307-1326. doi: 10.1007/s00382-014-2259-7
- Lavini, G. J. G., Uribe, V. M., & Gómez, E. G. (2021). Diseño y desarrollo de un sistema de alerta temprana para prevenir los efectos de flujos de detritos en la Quebrada Pedregal, Chosica – Lima. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(48), 235-244. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21776>
- Li, L., & Muñoz, Á. G. (2017). Impacts of the South Atlantic Ocean dipole on the South American summer monsoon onset. *Journal of Climate*, 30(6), 2043-2059. doi: 10.1175/JCLI-D-16-0276.1
- McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales, in: 8th Conference on Applied Climatology, Am. Meteorol. Soc. Boston.

- Ministerio del Ambiente. (2018). Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- National Drought Mitigation Center (2006). What is drought, SPI. National Drought Mitigation Center, USA.
- Organización Meteorológica Mundial (1992) Measurement of Temperature and Humidity: Specification, Construction, Paneroptions and Use of the WMO reference psychrometer.
- Olivares, B. O., & Zingaretti, L. M. (2018). Análisis de la sequía meteorológica en cuatro localidades agrícolas de Venezuela mediante la combinación de métodos multivariados. Cuadernos de investigación UNED, 10(1). <https://doi.org/10.22458/urj.v10i1.2026>
- Organization, W. M. (2006). Drought and Agriculture. Technical Note N° 138. Ginebra: WMO.
- Pezza, A. B., & Ambrizzi, T. (2008). Variability and extremes of the South American circulation during summer. *Journal of Climate*, 21(12), 2714-2731. doi: 10.1175/2007JCLI1886.1
- Saaty, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- S. Pulwarty, R., & Sivakumar, M. V. K. (2014). Information systems in a changing climate: Early warnings and drought risk management. *Weather and Climate Extremes*, 3, 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.03.005>
- Safarianzengir, V., Fatahi, A., Sobhani, B., & Doumari, S. A. (2022). Temporal and spatial analysis and monitoring of drought (meteorology) and its impacts on environment changes in Iran. *Atmospheric Science Letters*, 23(5), e1080. <https://doi.org/10.1002/asl.1080>
- Segura-Castillo, E., Mora-González, M. A., & Bolaños-Alvarez, Y. (2019). Cambio climático y vulnerabilidad: Evaluación de la percepción de la población rural en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, (62), 31-50.
- Sharafi, L., Zarafshani, K., Keshavarz, M., Azadi, H., & Van Passel, S. (2020). Drought risk assessment: Towards drought early warning system and sustainable

- environment in western Iran. *Ecological Indicators*, 114, 106276.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106276>
- SENAMHI (2019) Monitoreo de Sequias Para Sistema de Alerta Temprana
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-83.pdf>
- Shukla, V. (2007). Modeling Spatio-Temporal Pattern of Drought Using Three-Dimensional Markov Random Field.
- Sruthi, S., & Aslam, M. A. M. (2015). Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District. *Aquatic Procedia*, 4, 1258-1264. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.164>
- Van Ginkel, M., & Biradar, C. (2021). Drought Early Warning in Agri-Food Systems. *Climate*, 9(9), 134. <https://doi.org/10.3390/cli9090134>
- Villani, L., Castelli, G., Piemontese, L., Penna, D., & Bresci, E. (2022). Drought risk assessment in Mediterranean agricultural watersheds: A case study in Central Italy. *Agricultural Water Management*, 271, 107748.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107748>
- Villon, M. (2002). *Hidrologia*. 2da Edición. Editorial Villón . Lima - Perú
- Yabar Meoño, D. A. (2018). Metodología para la planificación de un sistema de alerta temprana (SAT) a inundaciones para la Región de Madre de Dios, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3631>
- Wallace, J. M y Hobbs, P. V., (2005). *Atmospheric Science* (second edition). An introductory survey. University of Washington.
- Wallace and Hobbs (2006.). *Atmospheric Science* nd edition. Academic Press.
- World Meteorological Organization. (1986). Report on drought and countries affected by drought during 1974-1985. WMO/TD- N° 133; WCP- N° 118.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Lista de eventos que se categoriza con sequía (S) y sin sequía (NS) meteorológica para el pedido de estudio 2000-2021.

Año	Mes	SPI	Clasificación
2000	1	-0.9807	S
2000	2	-0.6732	S
2000	3	0.1547	NS
2000	4	0.1448	NS
2000	5	-0.0229	S
2000	6	-0.0989	S
2000	7	0.3397	NS
2000	8	0.0312	NS
2000	9	-0.9694	S
2000	10	-0.6931	S
2000	11	-1.3721	S
2000	12	-1.5928	S
2001	1	-0.9026	S
2001	2	-0.4804	S
2001	3	-0.0016	S
2001	4	-0.8716	S
2001	5	-0.5441	S
2001	6	-0.3523	S
2001	7	1.0362	NS
2001	8	-0.1933	S
2001	9	-0.1192	S
2001	10	0.1443	NS
2001	11	0.5265	NS
2001	12	-0.4333	S
2002	1	-1.5558	S
2002	2	-0.956	S
2002	3	-0.3354	S
2002	4	0.5241	NS
2002	5	-0.1577	S
2002	6	-0.055	S
2002	7	-0.134	S
2002	8	0.668	NS
2002	9	0.7144	NS
2002	10	0.4878	NS
2002	11	0.4462	NS
2002	12	-0.1285	S
2003	1	-0.9773	S
2003	2	-1.0283	S
2003	3	-0.5581	S
2003	4	0.3743	NS
2003	5	0.3414	NS
2003	6	0.2671	NS
2003	7	-1.3208	S

Continuación...

2003	8	0.3835	NS
2003	9	-0.1057	S
2003	10	-1.5651	S
2003	11	-1.7178	S
2003	12	-1.2766	S
2004	1	-1.2642	S
2004	2	-0.5134	S
2004	3	-0.7245	S
2004	4	-0.1912	S
2004	5	-0.8033	S
2004	6	-0.3895	S
2004	7	0.9871	NS
2004	8	1.2772	NS
2004	9	0.7051	NS
2004	10	0.7089	NS
2004	11	0.6867	NS
2004	12	0.7451	NS
2005	1	-0.4313	S
2005	2	-1.4985	S
2005	3	-2.8424	S
2005	4	-2.426	S
2005	5	-1.7029	S
2005	6	-1.7969	S
2005	7	-1.344	S
2005	8	-1.3221	S
2005	9	-1.1959	S
2005	10	0.3794	NS
2005	11	-0.1774	S
2005	12	0.2262	NS
2006	1	0.3992	NS
2006	2	0.4102	NS
2006	3	0.2547	NS
2006	4	-0.1329	S
2006	5	-0.1633	S
2006	6	0.0455	NS
2006	7	-1.154	S
2006	8	0.6856	NS
2006	9	-0.3619	S
2006	10	0.5347	NS
2006	11	1.1905	NS
2006	12	0.7239	NS
2007	1	-0.1272	S
2007	2	-1.5306	S
2007	3	-1.5042	S
2007	4	-0.7174	S
2007	5	0.2395	NS

Continuación...

2007	6	-0.0308	S
2007	7	0.1064	NS
2007	8	-0.9471	S
2007	9	-1.1583	S
2007	10	-0.6762	S
2007	11	-0.5292	S
2007	12	-0.507	S
2008	1	0.3509	NS
2008	2	0.2887	NS
2008	3	-0.1759	S
2008	4	-1.7438	S
2008	5	-2.1501	S
2008	6	-1.2115	S
2008	7	-0.7729	S
2008	8	-0.9506	S
2008	9	-1.4389	S
2008	10	-0.2345	S
2008	11	-0.361	S
2008	12	-0.7415	S
2009	1	-0.8768	S
2009	2	-0.6684	S
2009	3	-0.4388	S
2009	4	-0.1622	S
2009	5	-0.2257	S
2009	6	0.4806	NS
2009	7	0.0254	NS
2009	8	0.6466	NS
2009	9	-0.3707	S
2009	10	-0.745	S
2009	11	0.4894	NS
2009	12	0.7956	NS
2010	1	1.3145	NS
2010	2	0.5438	NS
2010	3	0.0668	NS
2010	4	-0.8157	S
2010	5	-0.8483	S
2010	6	-1.3775	S
2010	7	-1.0705	S
2010	8	-0.6455	S
2010	9	-1.147	S
2010	10	0.2397	NS
2010	11	-0.3703	S
2010	12	0.3978	NS
2011	1	1.0805	NS
2011	2	1.821	NS
2011	3	2.5536	NS

Continuación...

2011	4	2.2906	NS
2011	5	2.2308	NS
2011	6	1.1962	NS
2011	7	-0.354	S
2011	8	-0.5817	S
2011	9	0.3255	NS
2011	10	1.2774	NS
2011	11	1.2534	NS
2011	12	1.0761	NS
2012	1	0.2521	NS
2012	2	0.7078	NS
2012	3	0.5148	NS
2012	4	1.281	NS
2012	5	1.0186	NS
2012	6	1.6451	NS
2012	7	-0.8329	S
2012	8	-0.3312	S
2012	9	0.9745	NS
2012	10	0.4275	NS
2012	11	0.7928	NS
2012	12	0.2155	NS
2013	1	-0.0944	S
2013	2	-0.7812	S
2013	3	0.4642	NS
2013	4	0.4743	NS
2013	5	0.9547	NS
2013	6	-0.1359	S
2013	7	1.7109	NS
2013	8	1.3314	NS
2013	9	1.462	NS
2013	10	1.5673	NS
2013	11	1.3136	NS
2013	12	2.1814	NS
2014	1	1.7247	NS
2014	2	1.5162	NS
2014	3	0.2722	NS
2014	4	0.5094	NS
2014	5	0.463	NS
2014	6	-0.0343	S
2014	7	-0.5573	S
2014	8	0.0446	NS
2014	9	0.8906	NS
2014	10	0.3038	NS
2014	11	1.0112	NS
2014	12	0.5339	NS
2015	1	0.944	NS

Continuación...

2015	2	0.6396	NS
2015	3	0.5179	NS
2015	4	0.1941	NS
2015	5	0.143	NS
2015	6	-0.0832	S
2015	7	0.6315	NS
2015	8	0.5652	NS
2015	9	1.1472	NS
2015	10	-0.7747	S
2015	11	-1.0687	S
2015	12	0.1043	NS
2016	1	0.3091	NS
2016	2	1.0281	NS
2016	3	0.1812	NS
2016	4	0.4704	NS
2016	5	-0.1549	S
2016	6	0.0716	NS
2016	7	-0.0374	S
2016	8	0.647	NS
2016	9	0.9164	NS
2016	10	0.7284	NS
2016	11	-0.2074	S
2016	12	-0.555	S
2017	1	-0.1002	S
2017	2	0.1464	NS
2017	3	0.5158	NS
2017	4	0.3324	NS
2017	5	0.5599	NS
2017	6	0.7047	NS
2017	7	1.0218	NS
2017	8	0.1257	NS
2017	9	-0.3139	S
2017	10	-0.6305	S
2017	11	-0.2694	S
2017	12	0.1685	NS
2018	1	0.9274	NS
2018	2	0.4404	NS
2018	3	0.395	NS
2018	4	-0.087	S
2018	5	0.4163	NS
2018	6	0.4028	NS
2018	7	0.6823	NS
2018	8	1.9832	NS
2018	9	1.4602	NS
2018	10	1.5283	NS
2018	11	-0.1242	S

Continuación...

2018	12	-0.277	S
2019	1	-0.5902	S
2019	2	0.1553	NS
2019	3	0.5077	NS
2019	4	0.3292	NS
2019	5	0.1243	NS
2019	6	-0.4071	S
2019	7	0.4634	NS
2019	8	-0.7442	S
2019	9	-1.1085	S
2019	10	-1.3211	S
2019	11	-0.8694	S
2019	12	1.135	NS
2020	1	1.2306	NS
2020	2	0.9551	NS
2020	3	0.0277	NS
2020	4	-0.3794	S
2020	5	0.1949	NS
2020	6	-0.1953	S
2020	7	1.2677	NS
2020	8	-0.2096	S
2020	9	0.0676	NS
2020	10	-1.2303	S
2020	11	-1.4014	S
2020	12	-1.4997	S
2021	1	-0.4139	S
2021	2	-0.3426	S
2021	3	0.7866	NS
2021	4	1.3266	NS
2021	5	1.5708	NS
2021	6	2.0717	NS
2021	7	0.3024	NS
2021	8	-0.3924	S
2021	9	-0.2809	S
2021	10	0.2675	NS
2021	11	0.8559	NS
2021	12	0.1133	NS

Anexo 2. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) del parámetro evaluador frecuencia de sequías del 2000 al 2021.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETRO	19-22	14-18	9-13	5-8	0-4
19-22	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00
14-18	1/2	1.00	2.00	2.00	3.00
9-13	1/3	1/2	1.00	2.00	2.00
5-8	1/3	1/2	1/2	1.00	2.00
0-4	1/3	1/3	1/2	1/2	1.00
SUMA	2.50	4.33	7.00	8.50	11.00
1/SUMA	0.40	0.23	0.14	0.12	0.09

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETRO	19-22	14-18	9-13	5-8	0-4	Vector Priorización
19-22	0.400	0.462	0.429	0.353	0.273	0.383
14-18	0.200	0.231	0.286	0.235	0.273	0.245
9-13	0.133	0.115	0.143	0.235	0.182	0.162
5-8	0.133	0.115	0.071	0.118	0.182	0.124
0-4	0.133	0.077	0.071	0.059	0.091	0.086
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.383	0.490	0.485	0.372	0.259	1.989
0.192	0.245	0.323	0.248	0.259	1.267
0.128	0.122	0.162	0.248	0.173	0.832
0.128	0.122	0.081	0.124	0.173	0.628
0.128	0.082	0.081	0.062	0.086	0.438

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.191
		5.172
		5.146
		5.064
		5.082
SUMA		25.654
PROMEDIO		5.131

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.033
RC	0.029

Anexo 3. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) del factor desencadenante y sus descriptores.

FACTOR DESENCADENANTE					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
PARÁMETRO	Intensidad de lluvias	Humedad específica en 500 hPa	Altura geopotencial a 200 hPa	Vorticidad potencial en 200hPa	Niveles de presión en superficie
Intensidad de lluvias	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Humedad específica en 500 hPa	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
Altura geopotencial a 200 hPa	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Vorticidad potencial en 200hPa	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
Niveles de presión en superficie	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.04	3.92	7.75	13.50	21.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.05

MATRIZ DE NORMALIZACION						
PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorizacion
Intensidad de lluvias	0.490	0.511	0.516	0.444	0.381	0.468
Humedad específica en 500 hPa	0.245	0.255	0.258	0.296	0.286	0.268
Vorticidad potencial en 200hPa	0.122	0.128	0.129	0.148	0.190	0.144
Altura geopotencial a 200 hPa	0.082	0.064	0.065	0.074	0.095	0.076
Niveles de presión en superficie	0.061	0.043	0.032	0.037	0.048	0.044

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO					
Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.468	0.536	0.574	0.455	0.353	2.387
0.234	0.268	0.287	0.303	0.265	1.358
0.117	0.134	0.144	0.152	0.177	0.723
0.078	0.067	0.072	0.076	0.088	0.381
0.059	0.045	0.036	0.038	0.044	0.221

HALLANDO EL λ_{max}	
	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
	5.096
	5.065
	5.036
	5.022
	5.011
SUMA	25.230
PROMEDIO	5.046

INDICE DE CONSISTENCIA	
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	
IC	0.012
RC	0.010

Intensidad de lluvias (mm/mes)

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	0-80	81-160	161-210	211-300	+301
0-80	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
81-160	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
161-210	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
211-300	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
+301	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	0-80	81-160	161-210	211-300	+301	Vector Priorización
0-80	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
81-160	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
161-210	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
211-300	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
+301	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.249
	5.266
	5.111
	5.061
	5.042
SUMA	25.728
PROMEDIO	5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Humedad específica(g/Kg) en 500 hPa

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	a menos - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 +
a menos - 1.5	1.00	2.00	2.00	3.00	4.00
1.5 - 2.0	1/2	1.00	2.00	3.00	4.00
2.0 - 2.5	1/2	1/2	1.00	2.00	3.00
2.5 - 3.0	1/3	1/3	1/2	1.00	2.00
3.0 +	1/4	1/4	1/3	1/2	1.00
SUMA	2.58	4.08	5.83	9.50	14.00
1/SUMA	0.39	0.24	0.17	0.11	0.07

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	a menos - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 +	Vector Priorización
a menos - 1.5	0.387	0.490	0.343	0.316	0.286	0.364
1.5 - 2.0	0.194	0.245	0.343	0.316	0.286	0.277
2.0 - 2.5	0.194	0.122	0.171	0.211	0.214	0.182
2.5 - 3.0	0.129	0.082	0.086	0.105	0.143	0.109
3.0 +	0.097	0.061	0.057	0.053	0.071	0.068
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.364	0.553	0.365	0.327	0.271	1.880
0.182	0.277	0.365	0.327	0.271	1.422
0.182	0.138	0.182	0.218	0.204	0.924
0.121	0.092	0.091	0.109	0.136	0.549
0.091	0.069	0.061	0.054	0.068	0.343

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.162
	5.140
	5.065
	5.045
	5.061
SUMA	25.474
PROMEDIO	5.095

ÍNDICE DE CONSISTENCIA

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.024
RC	0.021

Altura geopotencial (mmgp)a 200 hPa

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	- 121500	121501-121650	121651 - 121750	121751 - 121850	121851 - +
- 121500	1.00	2.00	2.00	3.00	4.00
121501- 121650	1/2	1.00	2.00	3.00	4.00
121651 - 121750	1/2	1/2	1.00	2.00	3.00
121751 -121850	1/3	1/3	1/2	1.00	2.00
121851 - +	1/4	1/4	1/3	1/2	1.00
SUMA	2.58	4.08	5.83	9.50	14.00
1/SUMA	0.39	0.24	0.17	0.11	0.07

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	- 121500	121501-121650	121651 - 121750	121751 - 121850	121851 - +	Vector Priorización
- 121500	0.387	0.490	0.343	0.316	0.286	0.364
121501- 121650	0.194	0.245	0.343	0.316	0.286	0.277
121651 - 121750	0.194	0.122	0.171	0.211	0.214	0.182
121751 -121850	0.129	0.082	0.086	0.105	0.143	0.109
121851 - +	0.097	0.061	0.057	0.053	0.071	0.068
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.364	0.553	0.365	0.327	0.271	1.880
0.182	0.277	0.365	0.327	0.271	1.422
0.182	0.138	0.182	0.218	0.204	0.924
0.121	0.092	0.091	0.109	0.136	0.549
0.091	0.069	0.061	0.054	0.068	0.343

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.162
	5.140
	5.065
	5.045
	5.061
SUMA	25.474
PROMEDIO	5.095

ÍNDICE DE CONSISTENCIA

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.024
RC	0.021

Vorticidad potencial (UVP) en 200hPa

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	-0.35	-0.35 - -0.25	-0.25 - -0.15	-0.15 - -0.05	- 0.05
-0.35	1.00	2.00	2.00	3.00	4.00
-0.35 - -0.25	1/2	1.00	2.00	3.00	4.00
-0.25 - -0.15	1/2	1/2	1.00	2.00	3.00
-0.15 - -0.05	1/3	1/3	1/2	1.00	2.00
- 0.05	1/4	1/4	1/3	1/2	1.00
SUMA	2.58	4.08	5.83	9.50	14.00
1/SUMA	0.39	0.24	0.17	0.11	0.07

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	-0.35	-0.35 - -0.25	-0.25 - -0.15	-0.15 - -0.05	- 0.05	Vector Priorización
-0.35	0.387	0.490	0.343	0.316	0.286	0.364
-0.35 - -0.25	0.194	0.245	0.343	0.316	0.286	0.277
-0.25 - -0.15	0.194	0.122	0.171	0.211	0.214	0.182
-0.15 - -0.05	0.129	0.082	0.086	0.105	0.143	0.109
- 0.05	0.097	0.061	0.057	0.053	0.071	0.068
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.364	0.553	0.365	0.327	0.271	1.880
0.182	0.277	0.365	0.327	0.271	1.422
0.182	0.138	0.182	0.218	0.204	0.924
0.121	0.092	0.091	0.109	0.136	0.549
0.091	0.069	0.061	0.054	0.068	0.343

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.162
	5.140
	5.065
	5.045
	5.061
SUMA	25.474
PROMEDIO	5.095

ÍNDICE DE CONSISTENCIA

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.024
RC	0.021

Niveles de presión (hPa) en superficie

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	950 +	850 -950	750 - 850	650 - 750	-650
950 +	1.00	2.00	2.00	3.00	4.00
850 -950	1/2	1.00	2.00	3.00	4.00
750 - 850	1/2	1/2	1.00	2.00	3.00
650 - 750	1/3	1/3	1/2	1.00	2.00
-650	1/4	1/4	1/3	1/2	1.00
SUMA	2.58	4.08	5.83	9.50	14.00
1/SUMA	0.39	0.24	0.17	0.11	0.07

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	950 +	850 -950	750 - 850	650 - 750	-650	Vector Priorización
950 +	0.387	0.490	0.343	0.316	0.286	0.364
850 -950	0.194	0.245	0.343	0.316	0.286	0.277
750 - 850	0.194	0.122	0.171	0.211	0.214	0.182
650 - 750	0.129	0.082	0.086	0.105	0.143	0.109
-650	0.097	0.061	0.057	0.053	0.071	0.068
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.364	0.553	0.365	0.327	0.271	1.880
0.182	0.277	0.365	0.327	0.271	1.422
0.182	0.138	0.182	0.218	0.204	0.924
0.121	0.092	0.091	0.109	0.136	0.549
0.091	0.069	0.061	0.054	0.068	0.343

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.162
	5.140
	5.065
	5.045
	5.061
SUMA	25.474
PROMEDIO	5.095

ÍNDICE DE CONSISTENCIA

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.024
RC	0.021

Anexo 4. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) del factor condicionante y sus descriptores.

FACTOR CONDICIONANTE								
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES								
PARAMETRO	Zona climática	Covertura Vegetal	Tipo de Suelo	Geomorfología	Geología	Uso de Suelo	Pendiente	Zonas de Vida
Zona climática	1.000	2.000	3.000	3.000	3.000	3.000	4.000	4.000
Covertura Vegetal	0.500	1.000	1.000	2.000	2.000	2.000	2.000	3.000
Tipo de Suelo	0.333	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000	2.000	3.000
Geomorfología	0.333	0.500	1.000	1.000	2.000	2.000	3.000	3.000
Geología	0.333	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	2.000	3.000
Uso de Suelo	0.333	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	2.000
Pendiente	0.250	0.500	0.500	0.333	0.500	1.000	1.000	2.000
Zonas de Vida	0.250	0.333	0.333	0.333	0.333	0.500	0.500	1.000
SUMA	3.333	6.333	7.833	8.667	11.833	12.500	15.500	21.000
1/SUMA	0.300	0.158	0.128	0.115	0.085	0.080	0.065	0.048

MATRIZ DE NORMALIZACION									
PARAMETRO	Climatología	Covertura Vegetal	Tipo de Suelo	Geomorfología	Geología	Uso de Suelo	Pendiente	Zonas de Vida	Vector Priorizacion
Climatología	0.300	0.316	0.383	0.346	0.254	0.240	0.258	0.190	0.286
Covertura Vegetal	0.150	0.158	0.128	0.231	0.169	0.160	0.129	0.143	0.158
Tipo de Suelo	0.100	0.158	0.128	0.115	0.169	0.160	0.129	0.143	0.138
Geomorfología	0.100	0.079	0.128	0.115	0.169	0.160	0.194	0.143	0.136
Geología	0.100	0.079	0.064	0.058	0.085	0.080	0.129	0.143	0.092
Uso de Suelo	0.100	0.079	0.064	0.058	0.085	0.080	0.065	0.095	0.078
Pendiente	0.075	0.079	0.064	0.038	0.042	0.080	0.065	0.095	0.067
Zonas de Vida	0.075	0.053	0.043	0.038	0.028	0.040	0.032	0.048	0.045
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO									
Resultados de la operación de matrices									Vector Suma Ponderado
0.286	0.317	0.413	0.408	0.276	0.234	0.269	0.178		2.382
0.143	0.158	0.138	0.272	0.184	0.156	0.135	0.134		1.320
0.095	0.158	0.138	0.136	0.184	0.156	0.135	0.134		1.136
0.095	0.079	0.138	0.136	0.184	0.156	0.202	0.134		1.124
0.095	0.079	0.069	0.068	0.092	0.078	0.135	0.134		0.750
0.095	0.079	0.069	0.068	0.092	0.078	0.067	0.089		0.638
0.071	0.053	0.046	0.045	0.031	0.039	0.067	0.045		0.397

HALLANDO EL λ_{max}	
	Vector Priorizacion
	8.331
	8.331
	8.249
	8.270
	8.141
	8.170
	8.906
SUMA	58.398
PROMEDIO	7.300

INDICE DE CONSISTENCIA	
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	
IC	0.050
RC	0.037

Pendiente

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	De 25° a mas	De 10° a 25°	De 5° a 10°	De 2° a 5°	Hasta 2°
De 25° a mas	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
De 10° a 25°	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
De 5° a 10°	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
De 2° a 5°	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
Hasta 2°	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	De 25° a mas	De 10° a 25°	De 5° a 10°	De 2° a 5°	Hasta 2°	Vector Priorización
De 25° a mas	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
De 10° a 25°	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
De 5° a 10°	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
De 2° a 5°	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
Hasta 2°	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.249
	5.266
	5.111
	5.061
	5.042
SUMA	25.728
PROME-DIO	5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Geología

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	Litología altamente erosiva	Litología moderadamente erosiva	Litología con baja erosión	area urbana	laguna
Litología altamente erosiva	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Litología moderadamente erosiva	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
Litología con baja erosión	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
area urbana	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
laguna	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	Litología altamente erosiva	Litología moderadamente erosiva	Litología con baja erosión	area urbana	laguna	Vector Priorización
Litología altamente erosiva	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
Litología moderadamente erosiva	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
Litología con baja erosión	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
area urbana	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
laguna	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

						Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301		2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263		1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188		0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113		0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038		0.190

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.249
		5.266
		5.111
		5.061
		5.042
SUMA		25.728
PROMEDIO		5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Geomorfología

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	Unidades con alta facilidad de erosión:	Unidades con moderada facilidad de erosión	Unidades con baja facilidad de erosión	area urbana	laguna
Unidades con alta facilidad de erosión:	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Unidades con moderada facilidad de erosión	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
Unidades con baja facilidad de erosión	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
area urbana	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
laguna	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	Unidades con alta facilidad de erosión:	Unidades con moderada facilidad de erosión	Unidades con baja facilidad de erosión	area urbana	laguna	Vector Priorización
Unidades con alta facilidad de erosión:	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
Unidades con moderada facilidad de erosión	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
Unidades con baja facilidad de erosión	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
area urbana	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
laguna	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.249
		5.266
		5.111
		5.061
		5.042
SUMA		25.728
PROMEDIO		5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Coertura vegetal

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	Alto requerimiento hídrico	Moderado requerimiento hídrico	Requerimiento o hídrico variable	Bajo requerimiento hídrico	Muy bajo requerimiento hídrico
Alto requerimiento hídrico	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Moderado requerimiento hídrico	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
Requerimiento hídrico variable	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
Bajo requerimiento hídrico	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
Muy bajo requerimiento hídrico	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	Alto requerimiento hídrico	Moderado requerimiento hídrico	Requerimiento o hídrico variable	Bajo requerimiento hídrico	Muy bajo requerimiento hídrico	Vector Priorización
Alto requerimiento hídrico	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
Moderado requerimiento hídrico	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
Requerimiento hídrico variable	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
Bajo requerimiento hídrico	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
Muy bajo requerimiento hídrico	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.249
	5.266
	5.111
	5.061
	5.042
SUMA	25.728
PROMEDIO	5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Tipo de suelo

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	Mollisols	Histosols	Entisols	Inceptisols	Lagunas y AU
Mollisols	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Histosols	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
Entisols	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
Inceptisols	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
Lagunas y AU	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	Mollisols	Histosols	Entisols	Inceptisols	Lagunas y AU	Vector Priorización
Mollisols	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
Histosols	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
Entisols	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
Inceptisols	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
Lagunas y AU	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.249
	5.266
	5.111
	5.061
	5.042
SUMA	25.728
PROMEDIO	5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Climatología

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	A, GLACIAR	B	C	D	E
A, GLACIAR	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
B	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
C	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
D	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
E	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	A, GLACIAR	B	C	D	E	Vector Priorización
A, GLACIAR	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
B	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
C	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
D	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
E	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.249
	5.266
	5.111
	5.061
	5.042
SUMA	25.728
PROMEDIO	5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Zonas vida

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	Bosque humedo	bosque secp	monte espinoso	paramo	tundra/estepa
Bosque humedo	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
bosque secp	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
monte espinoso	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
paramo	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
tundra/estepa	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	Bosque humedo	bosque secp	monte espinoso	paramo	tundra/estepa	Vector Priorización
Bosque humedo	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
bosque secp	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
monte espinoso	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
paramo	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
tundra/estepa	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.249
	5.266
	5.111
	5.061
	5.042
SUMA	25.728
PROMEDIO	5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Uso actual del suelo

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	Uso intensivo de agua	Uso moderado de agua	Uso bajo de agua	Uso muy bajo de agua	Uso sin requerimiento hídrico
Uso intensivo de agua	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Uso moderado de agua	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
Uso bajo de agua	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
Uso muy bajo de agua	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
Uso sin requerimiento hídrico	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	Uso intensivo de agua	Uso moderado de agua	Uso bajo de agua	Uso muy bajo de agua	Uso sin requerimiento hídrico	Vector Priorización
Uso intensivo de agua	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
Uso moderado de agua	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
Uso bajo de agua	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
Uso muy bajo de agua	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
Uso sin requerimiento hídrico	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

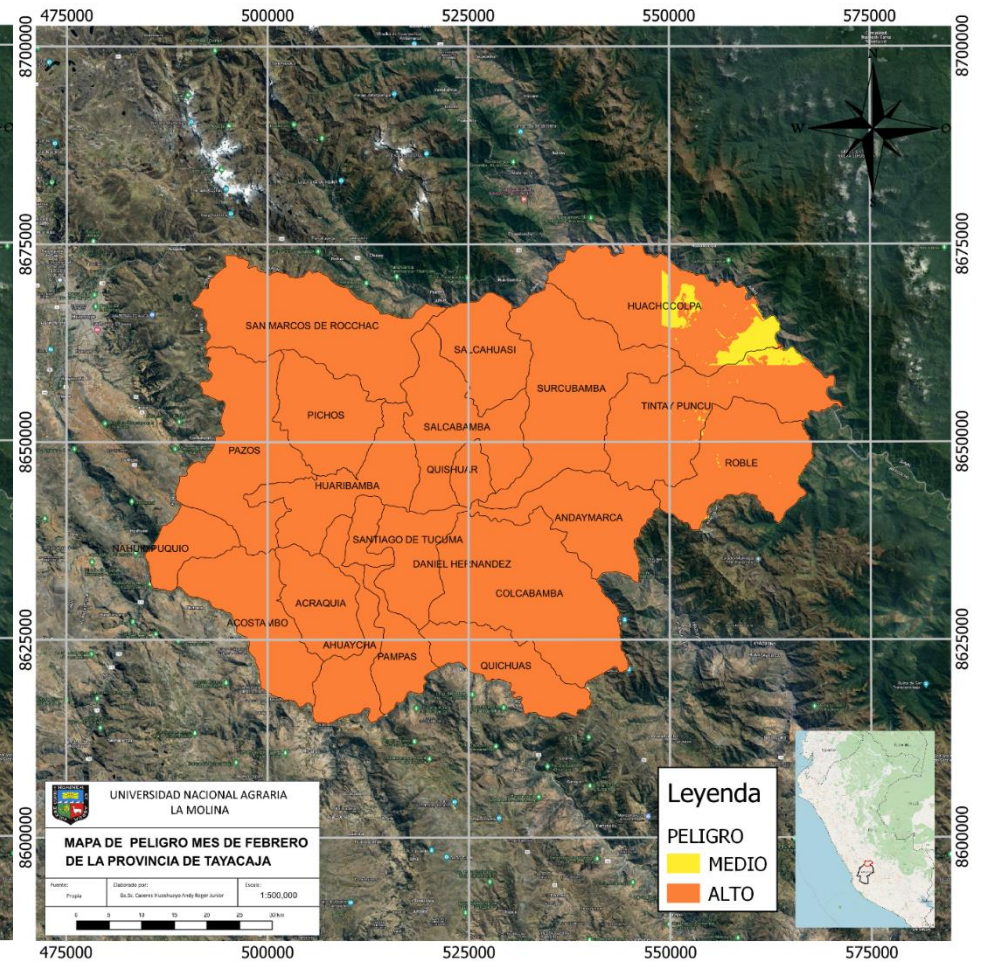
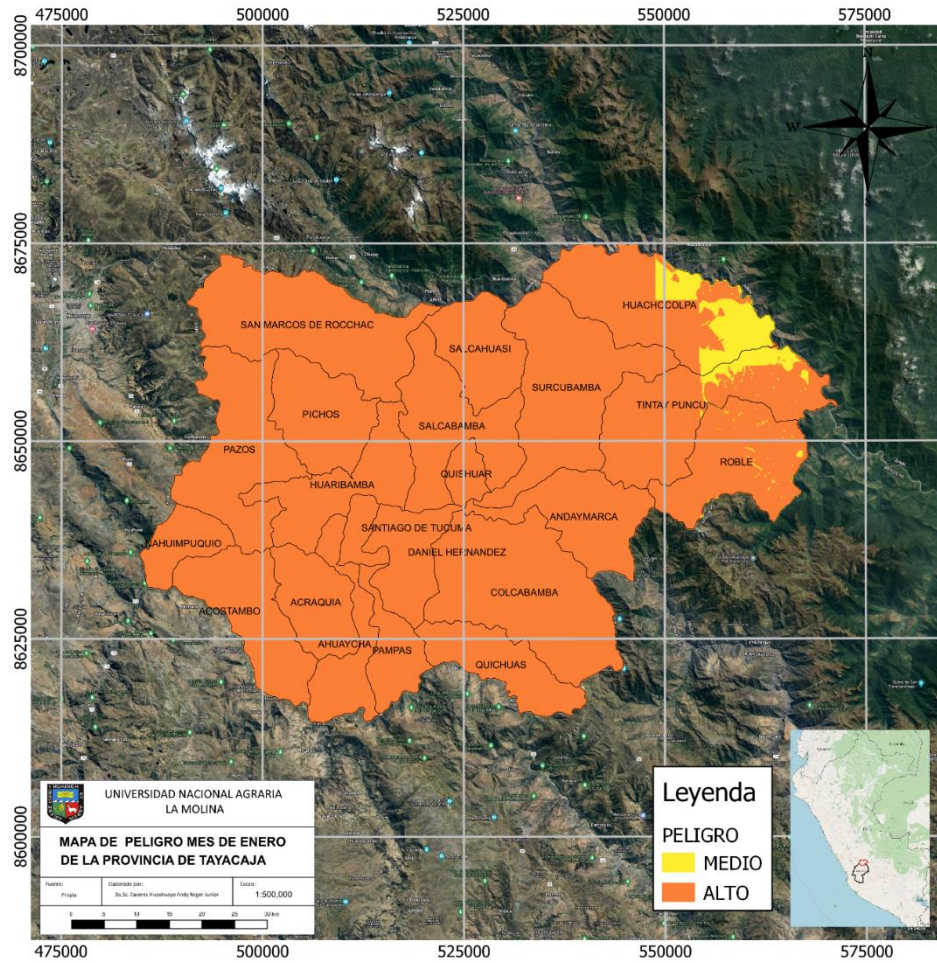
HALLANDO λ_{max}

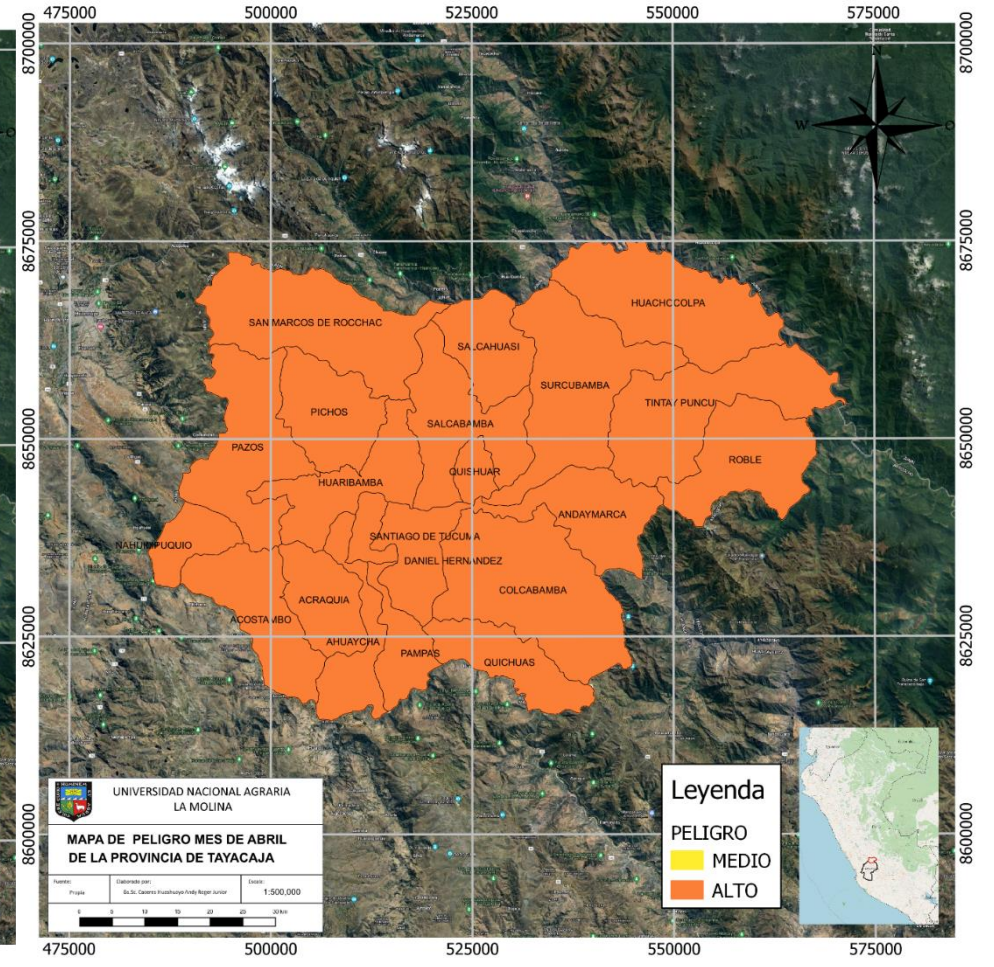
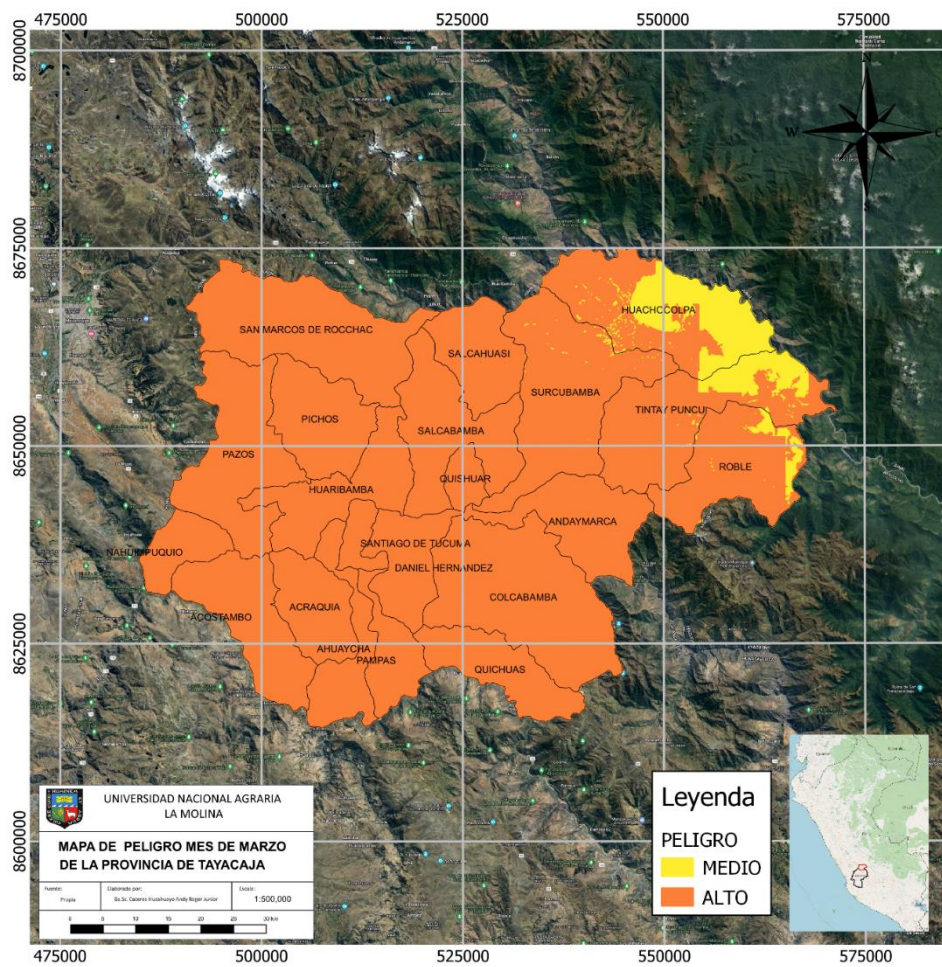
		VSP/VP
		5.249
		5.266
		5.111
		5.061
		5.042
SUMA		25.728
PROMEDIO		5.146

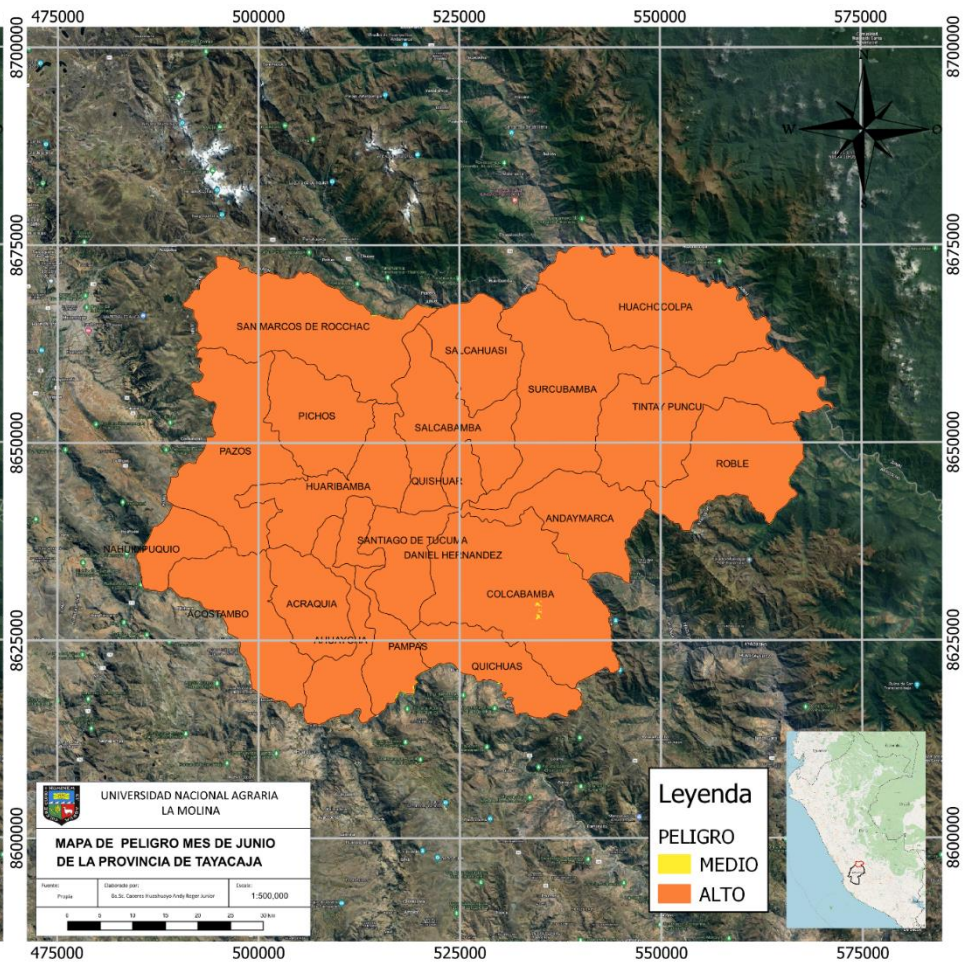
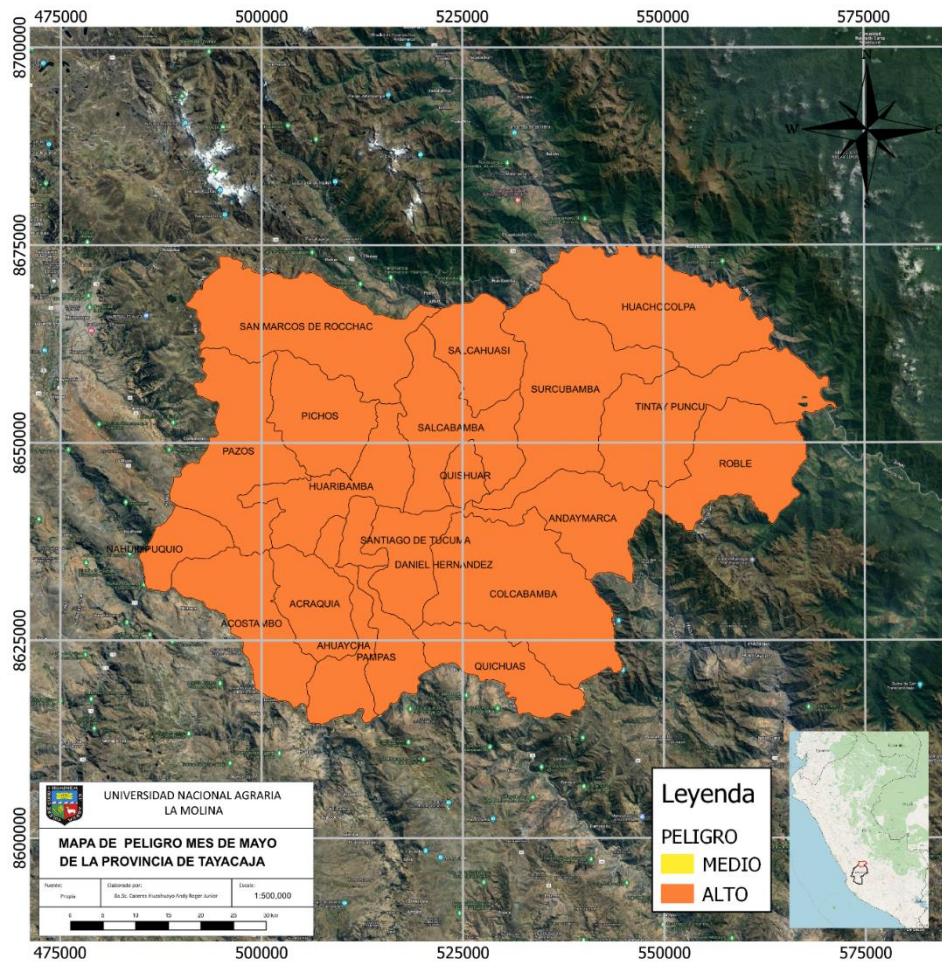
ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

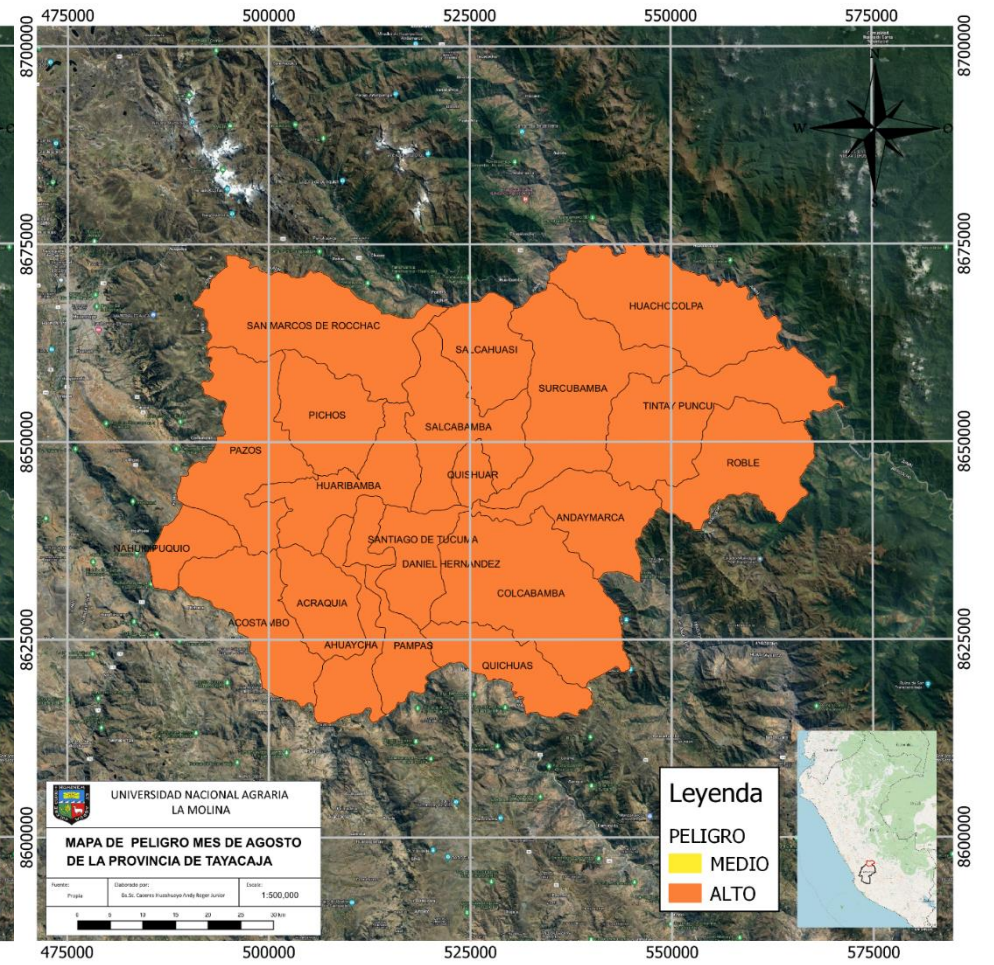
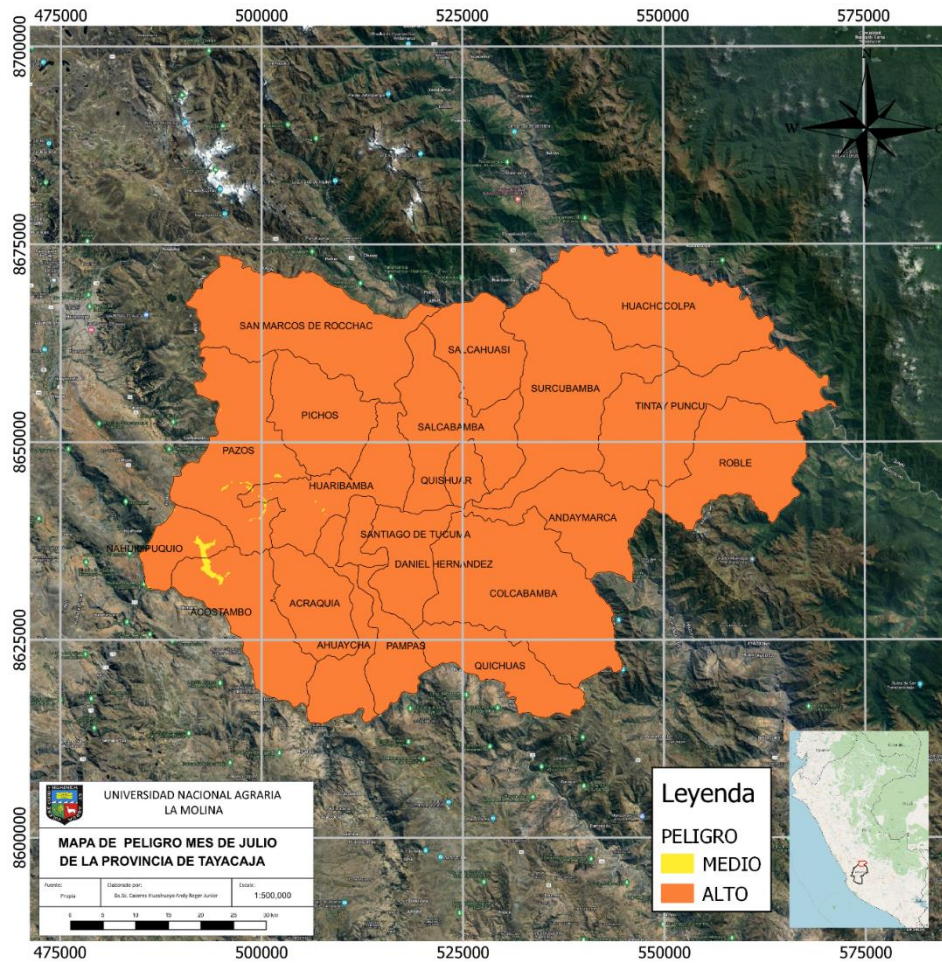
IC	0.036
RC	0.033

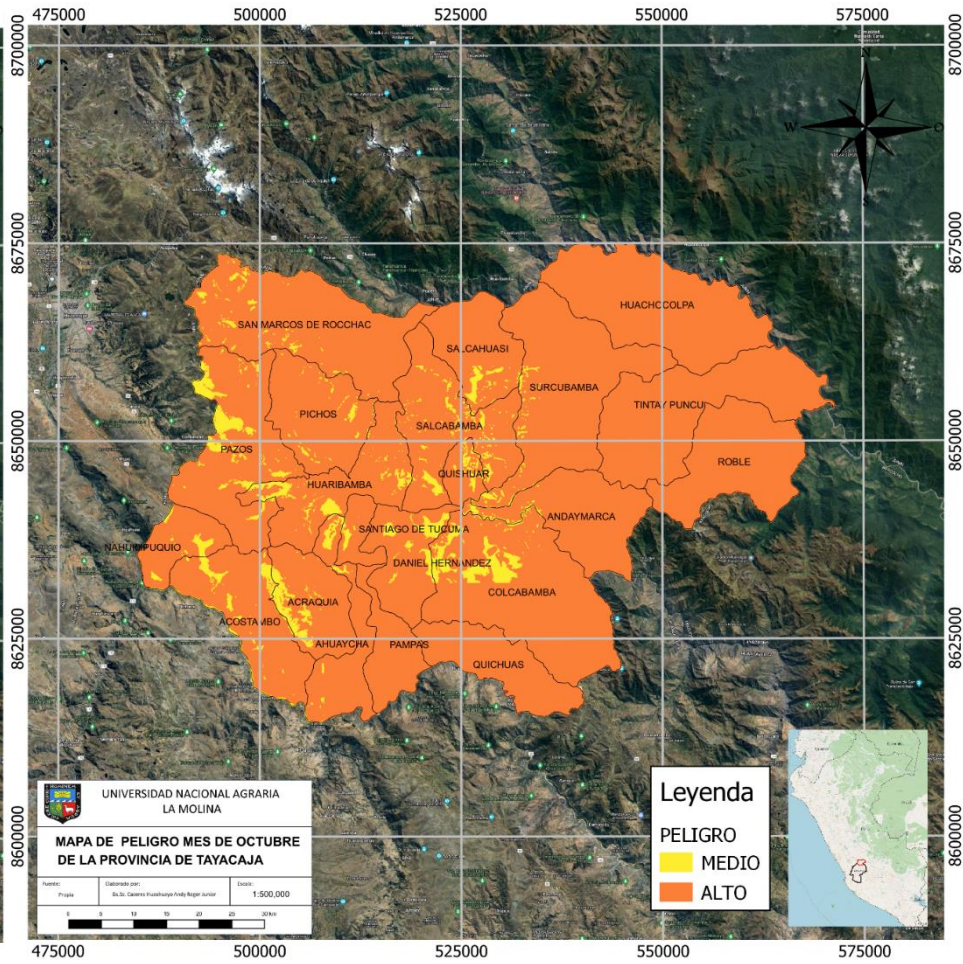
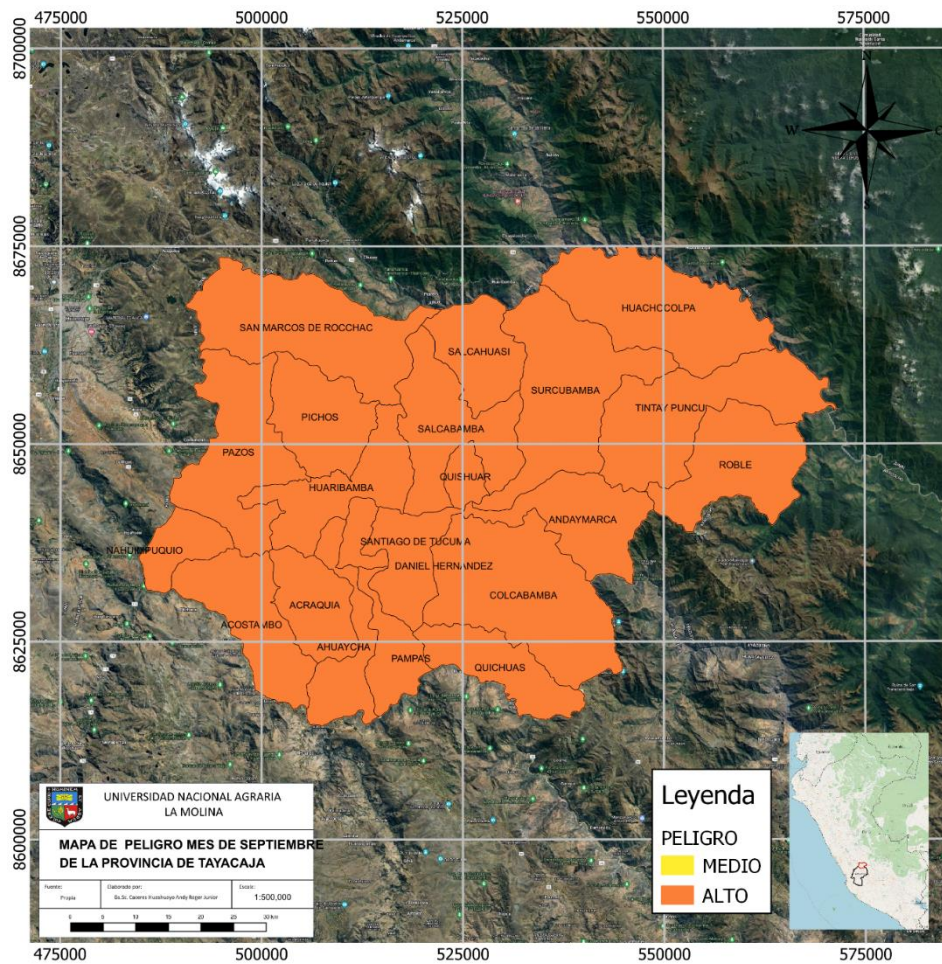
Anexo 5. Mapas de peligro para cada mes

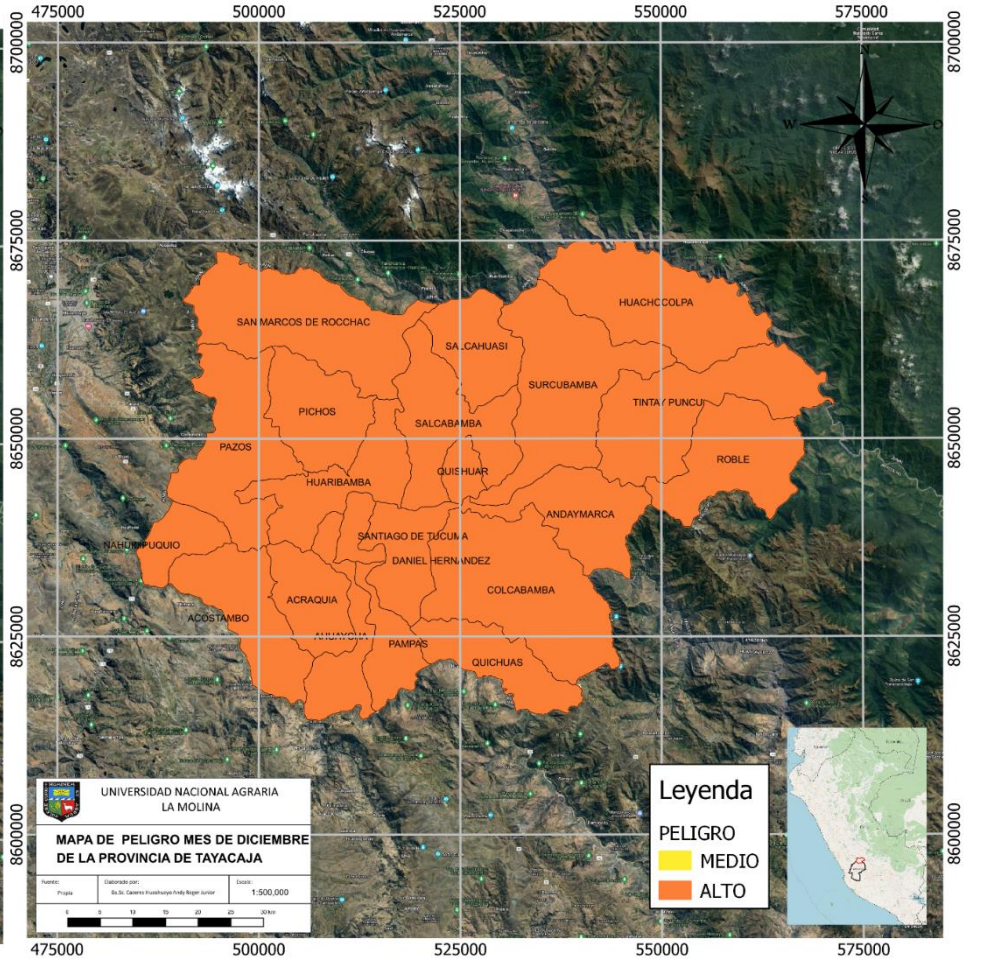
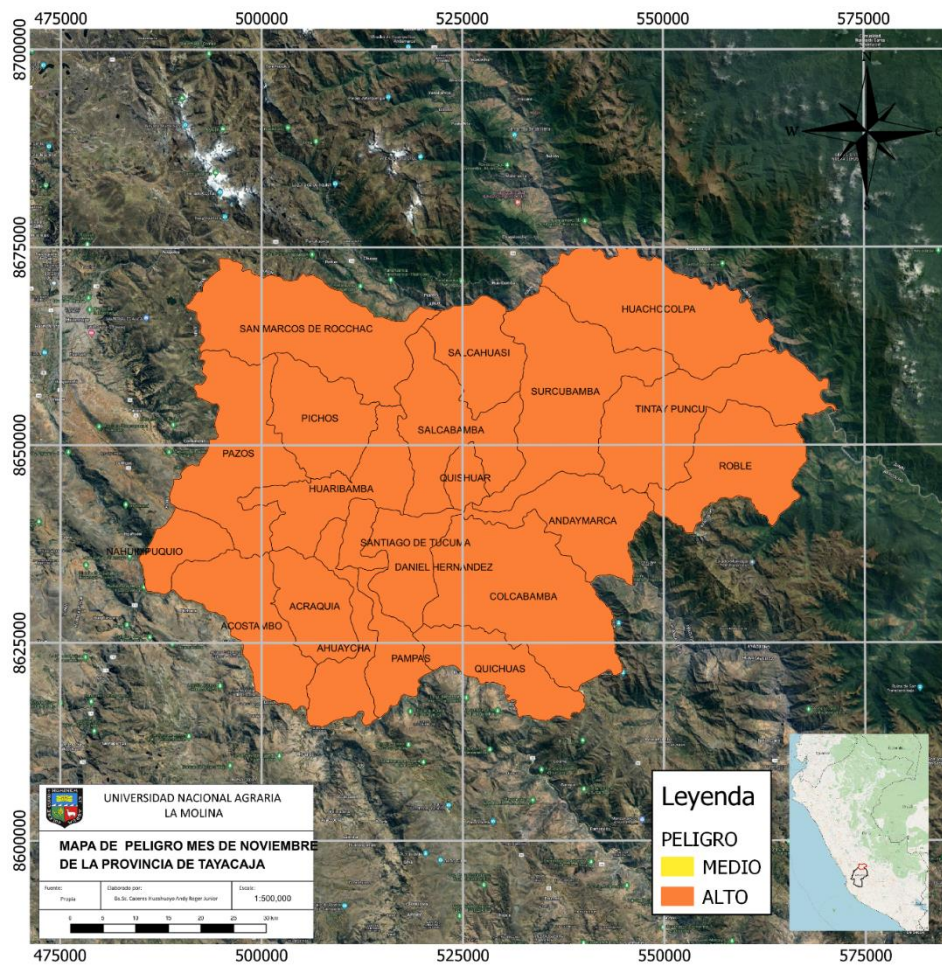












Anexo 6. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad

PESOS DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

DIMENSIONES	DIMENSIÓN AMBIENTA L	DIMENSION SOCIAL	DIMENSIÓN ECONÓMIC A
DIMENSIÓN AMBIENTAL	1.00	2.00	3.00
DIMENSION SOCIAL	0.50	1.00	2.00
DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

DIMENSIONES	DIMENSIÓN AMBIENTA L	DIMENSION SOCIAL	DIMENSIÓN ECONÓMIC A	Vector Priorizació n
DIMENSIÓN AMBIENTAL	0.545	0.571	0.500	0.539
DIMENSION SOCIAL	0.273	0.286	0.333	0.297
DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.182	0.143	0.167	0.164
	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

			Vector Suma Ponderado
0.539	0.595	0.491	1.625
0.269	0.297	0.328	0.894
0.180	0.149	0.164	0.492

HALLANDO λ_{max}

VSP/VP
3.015
3.008
3.004
9.028
3.009

ÍNDICE DE CONSISTENCIA

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

0.330
0.374

Anexo 7. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad ambiental

PESOS DESCRIPTORES FRAGILIDAD- PARÁMETRO SERVICIOS HIGIÉNICOS						
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES						
SERVICIOS HIGIÉNICOS	Campo abierto o al aire libre	Pozo ciego o negro	Letrina (con tratamiento)	Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	Red pública de desagüe dentro de la edificación	
Campo abierto o al aire libre	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00	
Pozo ciego o negro	1/2	1.00	2.00	4.00	6.00	
Letrina (con tratamiento)	1/3	1/2	1.00	2.00	5.00	
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	1/5	1/4	1/2	1.00	3.00	
Red pública de desagüe dentro de la edificación	1/8	1/6	1/5	1/3	1.00	
SUMA	2.16	3.92	6.70	12.33	23.00	
1/SUMA	0.46	0.26	0.15	0.08	0.04	

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
SERVICIOS HIGIÉNICOS	Campo abierto o al aire libre	Pozo ciego o negro	Letrina (con tratamiento)	Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	Red pública de desagüe dentro de la edificación	Vector Priorización
Campo abierto o al aire libre	0.463	0.511	0.448	0.405	0.348	0.435
Pozo ciego o negro	0.232	0.255	0.299	0.324	0.261	0.274
Letrina (con tratamiento)	0.154	0.128	0.149	0.162	0.217	0.162
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	0.093	0.064	0.075	0.081	0.130	0.089
Red pública de desagüe dentro de la edificación	0.058	0.043	0.030	0.027	0.043	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

						Vector Suma Ponderado
0.435	0.548	0.487	0.443	0.321		2.234
0.217	0.274	0.324	0.354	0.241		1.411
0.145	0.137	0.162	0.177	0.201		0.822
0.087	0.069	0.081	0.089	0.120		0.446
0.054	0.046	0.032	0.030	0.040		0.202

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.135
		5.147
		5.069
		5.034
		5.034
SUMA		25.419
PROMEDIO		5.084

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.021
RC	0.019

PESOS DESCRIPTORES FRAGILIDAD- PARÁMETRO SERVICIO DE AGUA

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

SERVICIO DE AGUA	Otro o no tiene	Fuentes de agua libre (Pozo (agua subterránea)/Manantial o puquio/Río, acequia, lago, laguna)	Camión - cisterna u otro similar	Pilón o pileta de uso público	Red publica dentroo fuera de la viienda
Otro o no tiene	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Fuentes de agua libre (Pozo (agua subterránea)/Manantial o puquio/Río, acequia, lago, laguna)	1/2	1.00	3.00	5.00	6.00
Camión - cisterna u otro similar	1/4	1/3	1.00	3.00	5.00
Pilón o pileta de uso público	1/6	1/5	1/3	1.00	3.00
Red publica dentroo fuera de la viienda	1/8	1/6	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.70	8.53	15.33	23.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

SERVICIO DE AGUA	Otro o no tiene	Fuentes de agua libre (Pozo (agua subterránea)/Manantial o puquio/Río, acequia, lago, laguna)	Camión - cisterna u otro similar	Pilón o pileta de uso público	Red publica dentroo fuera de la viienda	Vector Priorización
Otro o no tiene	0.490	0.541	0.469	0.391	0.348	0.448
Fuentes de agua libre (Pozo (agua subterránea)/Manantial o puquio/Río, acequia, lago, laguna)	0.245	0.270	0.352	0.326	0.261	0.291
Camión - cisterna u otro similar	0.122	0.090	0.117	0.196	0.217	0.149
Pilón o pileta de uso público	0.082	0.054	0.039	0.065	0.130	0.074
Red publica dentroo fuera de la viienda	0.061	0.045	0.023	0.022	0.043	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.448	0.581	0.594	0.444	0.312	2.380
0.224	0.291	0.446	0.370	0.234	1.565
0.112	0.097	0.149	0.222	0.195	0.775
0.075	0.058	0.050	0.074	0.117	0.373
0.056	0.048	0.030	0.025	0.039	0.198

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.316
	5.381
	5.214
	5.039
	5.074
SUMA	26.024
PROMEDIO	5.205

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.051
RC	0.046

Anexo 8. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad social

PESOS FACTORES DIMENSIÓN SOCIAL				
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES				
FACTOR	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	
Exposición	1.00	2.00	2.00	
Fragilidad	0.50	1.00	2.00	
Resiliencia	0.50	0.50	1.00	
SUMA	2.00	3.50	5.00	
1/SUMA	0.50	0.29	0.20	
MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
FACTOR	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.500	0.571	0.400	0.490
Fragilidad	0.250	0.286	0.400	0.312
Resiliencia	0.250	0.143	0.200	0.198
	1.000	1.000	1.000	1.000
HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO				Vector Suma Ponderado
	0.490	0.624	0.395	1.510
	0.245	0.312	0.395	0.952
	0.245	0.156	0.198	0.599
HALLANDO λ_{max}				VSP/VP
				3.078
				3.053
				3.030
	SUMA			9.161
	PROMEDIO			3.054
INDICE DE CONSISTENCIA				IC
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1				0.027
				RC
				0.051

PESOS DESCRIPTORES EXPOSICIÓN - PARÁMETRO NÚMERO DE POBLADORES

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

NUMERO DE POBLADORES	menos de 1000	1000 a 2000 personas	2000 a 3000 personas	3000 a 4000 personas	Mas de 4000 personas
menos de 1000	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
1000 a 2000 personas	1/2	1.00	3.00	4.00	6.00
2000 a 3000 personas	1/4	1/3	1.00	2.00	4.00
3000 a 4000 personas	1/5	1/4	1/2	1.00	3.00
Mas de 4000 personas	1/7	1/6	1/4	1/3	1.00
SUMA	2.09	3.75	8.75	12.33	21.00
1/SUMA	0.48	0.27	0.11	0.08	0.05

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

NUMERO DE POBLADORES	menos de 1000	1000 a 2000 personas	2000 a 3000 personas	3000 a 4000 personas	Mas de 4000 personas	Vector Priorización
menos de 1000	0.478	0.533	0.457	0.405	0.333	0.441
1000 a 2000 personas	0.239	0.267	0.343	0.324	0.286	0.292
2000 a 3000 personas	0.119	0.089	0.114	0.162	0.190	0.135
3000 a 4000 personas	0.096	0.067	0.057	0.081	0.143	0.089
Mas de 4000 personas	0.068	0.044	0.029	0.027	0.048	0.043
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.441	0.583	0.540	0.443	0.302	2.311
0.221	0.292	0.405	0.355	0.259	1.531
0.110	0.097	0.135	0.177	0.173	0.693
0.088	0.073	0.068	0.089	0.130	0.447
0.063	0.049	0.034	0.030	0.043	0.218

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.235
		5.250
		5.129
		5.041
		5.052
SUMA		25.707
PROMEDIO		5.141

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.035
RC	0.032

PESOS PARÁMETROS - FRAGILIDAD DIMENSIÓN SOCIAL

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PARÁMETROS	Grupo Etereo	Discapacidad	Nivel de Estudios
Grupo Etereo	1.00	2.00	2.00
Discapacidad	0.50	1.00	2.00
Nivel de Estudios	0.50	0.50	1.00
SUMA	2.00	3.50	5.00
1/SUMA	0.50	0.29	0.20

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS	Grupo Etereo	Discapacidad	Nivel de Estudios	Vector Priorización
Grupo Etereo	0.500	0.571	0.400	0.490
Discapacidad	0.250	0.286	0.400	0.312
Nivel de Estudios	0.250	0.143	0.200	0.198
	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

			Vector Suma Ponderado
0.490	0.624	0.395	1.510
0.245	0.312	0.395	0.952
0.245	0.156	0.198	0.599

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	3.078
	3.053
	3.030
SUMA	9.161
PROMEDIO	3.054

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.315
RC	0.358

PESOS DESCRIPTORES - PARÁMETRO GRUPO ETAREO

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

GRUPO ETAREO	0-5 y mayor a 71 años	6 a 15 años	Entre 56 y 70 años	Entre 31 y 55 año	Entre 15 y 30 años
0-5 y mayor a 71 años	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
6 a 15 años	1/2	1.00	3.00	5.00	6.00
Entre 56 y 70 años	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
Entre 31 y 55 año	1/5	1/5	1/2	1.00	3.00
Entre 15 y 30 años	1/7	1/6	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.09	3.70	8.70	13.33	22.00
1/SUMA	0.48	0.27	0.11	0.08	0.05

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

GRUPO ETAREO	0-5 y mayor a 71 años	6 a 15 años	Entre 56 y 70 años	Entre 31 y 55 año	Entre 15 y 30 años	Vector Priorización
0-5 y mayor a 71 años	0.478	0.541	0.460	0.375	0.318	0.434
6 a 15 años	0.239	0.270	0.345	0.375	0.273	0.300
Entre 56 y 70 años	0.119	0.090	0.115	0.150	0.227	0.140
Entre 31 y 55 año	0.096	0.054	0.057	0.075	0.136	0.084
Entre 15 y 30 años	0.068	0.045	0.023	0.025	0.045	0.041
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.434	0.601	0.561	0.418	0.289	2.304
0.217	0.300	0.421	0.418	0.248	1.605
0.109	0.100	0.140	0.167	0.207	0.723
0.087	0.060	0.070	0.084	0.124	0.425
0.062	0.050	0.028	0.028	0.041	0.209

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.306
	5.344
	5.152
	5.076
	5.064
SUMA	25.943
PROMEDIO	5.189

ÍNDICE DE
CONSISTENCIA
RELACIÓN DE
CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.047
RC	0.042

PESOS DESCRIPTORES - PARÁMETRO DISCAPACIDAD

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

DISCAPACIDAD	Con 2 o mas discapacidades	Para usar brazos y piernas	Mental o Intelectual	Visual	Sin discapacidad
Con 2 o mas discapacidades	1.00	2.00	3.00	6.00	9.00
Para usar brazos y piernas	1/2	1.00	3.00	5.00	6.00
Mental o Intelectual	1/3	1/3	1.00	2.00	5.00
Visual	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
Sin discapacidad	1/9	1/6	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.11	3.70	7.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.47	0.27	0.13	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

DISCAPACIDAD	Con 2 o mas discapacidades	Para usar brazos y piernas	Mental o Intelectual	Visual	Sin discapacidad	Vector Priorización
Con 2 o mas discapacidades	0.474	0.541	0.390	0.419	0.375	0.439
Para usar brazos y piernas	0.237	0.270	0.390	0.349	0.250	0.299
Mental o Intelectual	0.158	0.090	0.130	0.140	0.208	0.145
Visual	0.079	0.054	0.065	0.070	0.125	0.079
Sin discapacidad	0.053	0.045	0.026	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.439	0.598	0.435	0.471	0.339	2.284
0.220	0.299	0.435	0.393	0.226	1.573
0.146	0.100	0.145	0.157	0.189	0.737
0.073	0.060	0.073	0.079	0.113	0.397
0.049	0.050	0.029	0.026	0.038	0.192

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.197
	5.260
	5.078
	5.059
	5.080
SUMA	25.673
PROMEDIO	5.135

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.034
RC	0.030

PESOS DESCRIPTORES - PARÁMETRO NIVEL DE ESTUDIOS

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

NIVEL DE ESTUDIOS	No tiene	Inicial o primaria	Secundaria	Superior técnica o universitaria	Posgrado
No tiene	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Inicial o primaria	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
Secundaria	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
Superior técnica o universitaria	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
Posgrado	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

NIVEL DE ESTUDIOS	No tiene	Inicial o primaria	Secundaria	Superior técnica o universitaria	Posgrado	Vector Priorización
No tiene	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
Inicial o primaria	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
Secundaria	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
Superior técnica o universitaria	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
Posgrado	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.249
		5.266
		5.111
		5.061
		5.042
SUMA		25.728
PROMEDIO		5.146

ÍNDICE DE
CONSISTENCIA
RELACIÓN DE
CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

PESOS DESCRIPTORES FRAGILIDAD- PARÁMETRO SEGURO DE SALUD

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

SEGURO DE SALUD	No tiene	SIS	ESSALUD	Solo seguro privado	Seguro privado y ESSALUD
No tiene	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
SIS	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
ESSALUD	1/4	1/3	1.00	2.00	5.00
Solo seguro privado	1/6	1/5	1/2	1.00	3.00
Seguro privado y ESSALUD	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

SEGURO DE SALUD	No tiene	SIS	ESSALUD	Solo seguro privado	Seguro privado y ESSALUD	Vector Priorización
No tiene	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
SIS	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
ESSALUD	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
Solo seguro privado	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
Seguro privado y ESSALUD	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.449	0.601	0.541	0.466	0.301	2.357
0.225	0.300	0.406	0.388	0.263	1.582
0.112	0.100	0.135	0.155	0.188	0.691
0.075	0.060	0.068	0.078	0.113	0.393
0.056	0.043	0.027	0.026	0.038	0.190

HALLANDO λ_{max}

	VSP/VP
	5.249
	5.266
	5.111
	5.061
	5.042
SUMA	25.728
PROMEDIO	5.146

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
 RELACION DE CONSISTENCIA
 < 0.1

IC	0.036
RC	0.033

Anexo 9. Cálculo de la ponderación por análisis jerárquico (Saaty) de la vulnerabilidad económica

PESOS DESCRIPTORES FRAGILIDAD - PARÁMETRO TIPO DE EMPLEO					
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
TIPO DE EMPLEO	Trabajador(a) del hogar	Trabajador(a) en negocio de un familiar	empleado u obrero	Trabajador(a) independiente o por cuenta propia	Empleador(a) o patrono(a)
Trabajador(a) del hogar	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00
Trabajador(a) en negocio de un familiar	1/2	1.00	3.00	5.00	7.00
empleado u obrero	1/3	1/3	1.00	2.00	5.00
Trabajador(a) independiente o por cuenta propia	1/5	1/5	1/2	1.00	3.00
Empleador(a) o patrono(a)	1/8	1/7	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.16	3.68	7.70	13.33	24.00
1/SUMA	0.46	0.27	0.13	0.08	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
TIPO DE EMPLEO	Trabajador(a) del hogar	Trabajador(a) en negocio de un familiar	empleado u obrero	Trabajador(a) independiente o por cuenta propia	Empleador(a) o patrono(a)	Vector Priorización
Trabajador(a) del hogar	0.463	0.544	0.390	0.375	0.333	0.421
Trabajador(a) en negocio de un familiar	0.232	0.272	0.390	0.375	0.292	0.312
empleado u obrero	0.154	0.091	0.130	0.150	0.208	0.147
Trabajador(a) independiente o por cuenta propia	0.093	0.054	0.065	0.075	0.125	0.082
Empleador(a) o patrono(a)	0.058	0.039	0.026	0.025	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.421	0.624	0.440	0.412	0.303	2.200
0.211	0.312	0.440	0.412	0.265	1.640
0.140	0.104	0.147	0.165	0.189	0.745
0.084	0.062	0.073	0.082	0.114	0.416
0.053	0.045	0.029	0.027	0.038	0.192

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.225
		5.256
		5.081
		5.048
		5.065
SUMA		25.676
PROMEDIO		5.135

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.034
RC	0.030

PESOS DESCRIPTORES RESILENCIA- PARÁMETRO CONDICIÓN DE VIVIENDA

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

CONDICIÓN DE VIVIENDA	Viviendas colectivas	Local no destinado para habitación humana	Chozo o vivienda improvisada	Vivienda en quinta o callejon	Casa independiente o departamento
Viviendas colectivas	1.00	2.00	3.00	6.00	9.00
Local no destinado para habitación humana	1/2	1.00	3.00	4.00	6.00
Chozo o vivienda improvisada	1/3	1/3	1.00	2.00	5.00
Vivienda en quinta o callejon	1/6	1/4	1/2	1.00	3.00
Casa independiente o departamento	1/9	1/6	1/5	1/3	1.00
SUMA	2.11	3.75	7.70	13.33	24.00
1/SUMA	0.47	0.27	0.13	0.08	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

CONDICIÓN DE VIVIENDA	Viviendas colectivas	Local no destinado para habitación humana	Chozo o vivienda improvisada	Vivienda en quinta o callejon	Casa independiente o departamento	Vector Priorización
Viviendas colectivas	0.474	0.533	0.390	0.450	0.375	0.444
Local no destinado para habitación humana	0.237	0.267	0.390	0.300	0.250	0.289
Chozo o vivienda improvisada	0.158	0.089	0.130	0.150	0.208	0.147
Vivienda en quinta o callejon	0.079	0.067	0.065	0.075	0.125	0.082
Casa independiente o departamento	0.053	0.044	0.026	0.025	0.042	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

					Vector Suma Ponderado
0.444	0.577	0.441	0.493	0.341	2.297
0.222	0.289	0.441	0.328	0.228	1.508
0.148	0.096	0.147	0.164	0.190	0.745
0.074	0.072	0.073	0.082	0.114	0.416
0.049	0.048	0.029	0.027	0.038	0.192

HALLANDO λ_{max}

		VSP/VP
		5.169
		5.224
		5.070
		5.062
		5.065
SUMA		25.590
PROMEDIO		5.118

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.030
RC	0.026

Anexo 10. Mapas de riesgo para cada mes

