

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis de la vulnerabilidad por incendios
forestales en la provincia de Concepción**

Clisman Jhojan Ponce Ramos
Nicole Dayanna Zacarias Arauco

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Pablo César Espinoza Tumialán
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 4 de Diciembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor de trabajo de investigación:

Título:

“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE CONCEPCIÓN”

Autores:

PONCE RAMOS CLISMAN JHOJAN, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental

ZACARIAS ARAUCO NICOLE DAYANNA, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas:) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental

Atentamente,



PABLO CÉSAR ESPINOZA TUMIALÁN
Asesor de trabajo de investigación

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradecer a nuestro asesor, Pablo Cesar Espinoza Tumialán por su guía, paciencia y constante apoyo a lo largo de este proyecto. Sus valiosas sugerencias y conocimientos fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Agradezco también al Ing. Jose Vladimir Cornejo quien con sus enseñanzas y colaboración hicieron posible mi crecimiento académico y personal durante estos años de estudio.

No puedo dejar de mencionar a nuestros padres, quienes con su amor, comprensión y apoyo incondicional nos han brindado las herramientas necesarias para alcanzar nuestras metas.

A todos ustedes, ¡muchas gracias!

Ponce Ramos Clisman Jhojan
Zacarias Arauco Nicole Dayanna

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi Madre Miryam Beatriz Arauco Segura, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración. Sin su sacrificio y confianza, este logro no habría sido posible.

A mis queridos abuelos, Abraham Arauco Gallardo y Irma Meza Segura por sus sabios consejos y su amor incondicional. Ustedes son un ejemplo de perseverancia y dedicación.

Zacarias Arauco Nicole Dayanna

A mis padres por su amor incondicional y su apoyo constante en cada paso de mi vida. Este logro es tanto suyo como mío.

A mi hermana por ser mi mejor amiga y por siempre estar ahí para mí.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis. Su apoyo, comprensión y aliento han sido esenciales para alcanzar este logro. Gracias por creer en mí y por estar siempre dispuesto/a ayudarme.

Ponce Ramos Clisman Jhojan

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN 9	
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema	12
1.1.1. Problema General.....	13
1.1.2. Problemas Específicos	13
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo General.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia.....	14
1.4. Hipótesis y descripción de variables	15
1.4.1. General.....	15
1.4.2. Específicas	15
1.4.3. Descripción de variables	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes de la investigación	17
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales	18
2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales	19
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. Provincia de Concepción	21
2.2.1. Ubicación geográfica	21
2.2.2. Clima.....	22
2.2.3. Clasificación ecológica	25
2.2.4. Contexto biológico.....	26
2.2.5. Tipos de Incendios	28
2.2.6. Causas y Consecuencias de los Incendios Forestales	30
2.2.7. Factores climatológicos.....	31
2.2.8. Sistemas de Información Geográfica	34
2.2.9. Normalización.....	35

2.2.10. Proceso de análisis jerárquico	35
2.3. Definición de términos básicos	37
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	38
3.1. Método y alcance de la investigación	38
3.1.1. Método y tipo de investigación	38
3.1.2. Alcance de la investigación.....	38
3.2. Diseño de la investigación	38
3.3. Población y muestra.....	39
3.3.1. Población.....	39
3.3.2. Muestra	39
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.4.1. Técnicas de recolección de datos	39
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos	39
3.5. Materiales y Métodos.....	40
3.5.1. Materiales.....	40
3.5.2. Métodos.....	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Factores de vulnerabilidad por incendios forestales	44
4.1.1. Combustibilidad.....	44
4.1.2. Clima.....	46
4.1.3. Pendiente.....	49
4.1.4. Accesibilidad.....	50
4.1.5. Proximidad a los centros poblados.....	51
4.2. Ponderación de los factores de riesgo a incendios forestales	53
4.3. Modelado de las zonas de riesgo a incendios forestales	54
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 :	Precipitación promedio del Distrito de Santa Rosa de Ocopa	23
Tabla 2 :	Temperatura promedio del Distrito de Santa Rosa de Ocopa	24
Tabla 3 :	Zonas de vida en la provincia de Concepción.....	26
Tabla 4 :	Especies de flora en la provincia de Concepción.....	27
Tabla 5 :	Especies de fauna en la provincia de Concepción.....	27
Tabla 6 :	Escala de ponderación.....	36
Tabla 7 :	Matriz de comparación par a par.....	37
Tabla 8 :	Tipo de combustible.....	44
Tabla 9 :	Nivel de combustibilidad	45
Tabla 10 :	Clasificación climática de Charles Warren Thornthwaite (1931).....	47
Tabla 11 :	Nivel de Valoración Climática.....	48
Tabla 12 :	Nivel de Valoración de Pendiente media (%).....	49
Tabla 13 :	Nivel de Valoración de Distancia a la Vía.....	50
Tabla 14 :	Nivel de Valoración de Centros poblados.....	52
Tabla 15 :	Matriz de comparación par a par.....	53
Tabla 16 :	Calificación, valoración y peso de los factores de riesgo	55
Tabla 17 :	Grado de riesgo final.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 :	Mapa de ubicación	22
Figura 2 :	Precipitación promedio (mm/día) por mes del Distrito de Santa Rosa de Ocopa	24
Figura 3 :	Temperatura promedio (°C) por mes del Distrito de Santa Rosa de Ocopa	25
Figura 4 :	Flujograma de la metodología.....	43
Figura 5 :	Mapa de Combustibilidad	45
Figura 6 :	Mapa de clasificación climática	48
Figura 7 :	Mapa de pendientes.....	49
Figura 8 :	Mapa de accesibilidad.....	51
Figura 9 :	Mapa de proximidad a los centros poblados	52
Figura 10 :	Mapa de zonas de riesgo a incendios forestales.....	56

RESUMEN

Los incendios forestales representan una amenaza ambiental significativa en los ecosistemas forestales y pueden analizarse utilizando sensores satelitales y SIG. Este estudio tiene como objetivo identificar y modelar el riesgo de incendios forestales y las áreas de riesgo en la provincia de Concepción. Para ello, se emplearon datos de una estación meteorológica, información vectorial y el modelo ASTER GDEM para crear mapas de cobertura vegetal, combustibilidad, proximidad a centros poblados, pendiente y accesibilidad. El mapa de riesgo de incendios se generó integrando variables como la cobertura vegetal, temperatura, precipitaciones, pendiente y cercanía a carreteras y centros poblados, usando ArcGIS 10.8. El riesgo se clasificó en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, según la susceptibilidad al fuego. En un área total de 224,595.67 hectáreas, las zonas de riesgo muy bajo abarcan el 0.06% (138.30 ha), las de riesgo bajo el 8.50% (19,085.33 ha), las de riesgo medio el 54.21% (121,762.64 ha), las de riesgo alto el 33.42% (75,063.53 ha) y las de riesgo muy alto el 3.81% (8,554.87 ha). El estudio concluye que los sensores satelitales y los SIG son herramientas eficaces para evaluar el riesgo de incendios forestales, destacando tanto las causas naturales como las humanas.

Palabras clave: Análisis Jerárquico, Riesgo, Incendios, SIG, información satelital y vectorial.

ABSTRACT

Wildfires represent a significant environmental threat to forest ecosystems and can be analyzed using satellite sensors and GIS. This study aims to identify and model forest fire risk and risk areas in the province of Concepción. To do this, data from a weather station, vector information and the ASTER GDEM model were used to create maps of vegetation cover, combustibility, proximity to populated centers, slope and accessibility. The fire risk map was generated by integrating variables such as vegetation cover, temperature, precipitation, slope and proximity to roads and population centers, using ArcGIS 10.8. The risk was classified into five levels: very low, low, medium, high and very high, according to susceptibility to fire. In a total area of 224,595.67 hectares, very low risk areas cover 0.06% (138.30 ha), low risk areas 8.50% (19,085.33 ha), medium risk areas 54.21% (121,762.64 ha), low risk areas 54.21% (121,762.64 ha), high risk 33.42% (75,063.53 ha) and very high risk 3.81% (8,554.87 ha). The study concludes that satellite sensors and GIS are effective tools for assessing wildfire risk, highlighting both natural and human causes.

Keywords: Hierarchical Analysis, Risk, Fires, GIS, satellite and vector information..

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son eventos naturales que pueden tener efectos positivos, como en ciertos ecosistemas que dependen del fuego, o resultar peligrosos, ya que pueden dañar ecosistemas vulnerables, afectar los medios de vida, propiedades e incluso causar lesiones o muertes. Aunque a menudo se les considera un peligro natural, la mayoría de los incendios están asociados con actividades humanas, lo que hace inexacto utilizar este término de forma general. Si bien algunos incendios tienen un origen natural, la mayoría no lo son. De manera similar, centrarse únicamente en el clima como factor para la aparición de incendios es también una visión limitada (1).

Los incendios forestales provocan pérdidas considerables y afectan gravemente los recursos naturales, destruyendo la vegetación, afectando la fauna silvestre, eliminando la vida en el suelo, contaminando cuerpos de agua y deteriorando la calidad del aire. Estos incendios alteran drásticamente el paisaje forestal, con un impacto profundo en la flora, la fauna y las personas, y la recuperación completa del ecosistema puede tardar siglos. Los efectos negativos de un incendio perduran durante años, afectando significativamente la vida de quienes habitan en las zonas afectadas. (2).

Las zonas de riesgo de incendios forestales son áreas con más probabilidades de iniciar un incendio antes de propagarse a otros lugares (3). El estudio de los incendios forestales requiere de un análisis integrado del territorio, pues el fuego no se genera por la acción de un factor aislado, sino que se deriva de la acción conjunta de un grupo de factores (4). El tiempo y el clima son los factores más importantes que influyen en la actividad de los incendios y estos factores están cambiando debido al cambio climático causado por el hombre (5). La probabilidad de que ocurra un incendio también está influenciada por factores relacionados con el relieve, como la elevación, la pendiente, el aspecto y la posición topográfica. Estos factores son en parte responsables de la configuración del suelo y las condiciones climáticas en un área determinada, en consecuencia, afectan la vegetación o combustible (6).

La provincia de Concepción registró 1,729.51 hectáreas afectadas por incendios forestales, según datos del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Esto resalta la necesidad de implementar planes de contingencia y gestión de recursos naturales para mitigar los efectos negativos del fuego. Para ello, es crucial identificar áreas con alto riesgo mediante diversas herramientas y metodologías. A nivel global, se han adoptado tecnologías como la teledetección, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis multicriterio para estudiar los incendios forestales y las zonas de riesgo. Estas técnicas permiten obtener información de manera eficaz, incluso en áreas de difícil acceso, y son más rápidas, no

invasivas y ofrecen una cobertura mayor en comparación con los métodos tradicionales basados en observación de campo. (7).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El periodo Silúrico, que comenzó hace aproximadamente 470 millones de años, marca el inicio de los incendios forestales en la Tierra. Estos eventos fueron principalmente impulsados por cambios climáticos significativos, como el aumento de la concentración de oxígeno en la atmósfera y las variaciones en los niveles de humedad (1).

En tiempos recientes, los incendios forestales han mostrado un incremento en frecuencia y magnitud. Un ejemplo claro es lo ocurrido en Australia entre junio de 2019 y mayo de 2020, cuando el país enfrentó incendios forestales sin precedentes, exacerbados por temperaturas extremadamente altas y prolongadas sequías. Estos incendios devastaron aproximadamente 10.6 millones de hectáreas, y no fue sino hasta la llegada de las lluvias torrenciales del verano que se logró controlar la situación (3). De manera similar, en España, durante el año 2021, hasta el 5 de septiembre, se reportaron 75,547.54 hectáreas de superficie boscosa quemada, siendo esta una tendencia que ha estado en aumento durante los últimos años, con cifras preocupantes también durante 2020 y 2019. (4)

En el contexto de Perú, el departamento de Cajamarca ha sido objeto de estudios que emplean el método de análisis jerárquico para evaluar la vulnerabilidad a incendios forestales. En la provincia de Cajamarca, se ha identificado que el 43.5% de las áreas evaluadas presentan una alta vulnerabilidad. Además, los bosques de montaña, xéricos interandinos, y montañas occidentales de esta región han sido clasificados con una vulnerabilidad moderada, lo que subraya la importancia de conservar estos recursos forestales (8).

El Perú es un país que cuenta con 78 millones de hectáreas con gran diversidad en cuanto a flora, fauna y áreas prestas para servicios ecosistémicos. Es por ello que, Perú es considerado un país con potencial para el desarrollo de actividades forestales. Además, el Perú es el segundo país en Sudamérica que cuenta con mayor superficie con riqueza forestal y como el sexto alrededor del mundo. (7).

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) reportó que, al 15 de octubre de 2021, se habían registrado 1,081 incendios forestales en Perú, una cifra

alarmante. Las regiones más afectadas incluyen Ucayali, Cusco, Puno, Huánuco, Junín y Madre de Dios. Particularmente preocupante es el hecho de que Loreto, Ucayali y Madre de Dios, que albergan más del 75% de los bosques amazónicos del país, están siendo severamente impactadas. (1).

Estos incendios forestales generan pérdidas significativas, tanto ecológicas como económicas. Aunque algunas causas pueden ser naturales, la mayoría son consecuencia de actividades antropogénicas, como la agricultura y la habilitación de tierras para uso agrícola mediante la quema de pastos. Estas prácticas no solo incrementan el riesgo de incendios, sino que también ponen en peligro la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas forestales (6).

Por lo tanto, es crucial llevar a cabo un estudio detallado sobre la vulnerabilidad a los incendios forestales en la provincia de Concepción, especialmente considerando que en los últimos años estos eventos han provocado pérdidas graves y cuantiosas para la población local. Generalmente, la ocurrencia de estos incendios es de origen humano, siendo la agricultura, prácticas económicas y socioculturales las principales causas. Destaca especialmente la habilitación de terrenos para la agricultura y la quema de pastos como factores significativos. (9).

Este estudio no solo aportará a la gestión y prevención de incendios forestales, sino que también contribuirá a la preservación de los recursos naturales y a la minimización del daño a los ecosistemas, lo cual es esencial para el bienestar de la comunidad que depende de ellos.

1.1.1. Problema General

¿Cuál es el nivel de la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción en el año 2023?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los factores que contribuyen a la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción?
- ¿Cómo se determinan las ponderaciones de los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción?
- ¿Cuáles son las zonas que presentan mayor vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar el nivel de la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los factores que contribuyen a la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.
- Determinar las ponderaciones de los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.
- Determinar cuáles son las zonas que presentan mayor vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.

1.3. Justificación e importancia

Justificación ambiental

Los incendios forestales representan una amenaza grave para el equilibrio ambiental, estos eventos destructivos no solo arrasan con la cobertura vegetal, sino que también provocan profundas alteraciones en la estructura del suelo y la pérdida de biodiversidad. La quema de la capa orgánica del suelo volatiliza elementos vitales como el nitrógeno y el azufre, mientras que otros minerales se vuelven solubles y son arrastrados por la escorrentía, incrementando la erosión y reduciendo la fertilidad del suelo. Esta degradación afecta directamente la capacidad del suelo para infiltrar agua, perjudicando la recarga de acuíferos y alterando el ciclo hidrológico. (10)

Además, los incendios forestales desestabilizan los ecosistemas al destruir hábitats naturales y modificar la estructura de las comunidades vegetales, lo que a su vez impacta negativamente en la fauna, provocando la muerte o migración de especies. Esta pérdida de biodiversidad reduce la resiliencia de los ecosistemas frente a futuros incendios y otros disturbios (11). Dado el impacto duradero en la flora y la necesidad de proteger los bienes y servicios ecológicos, es crucial contar con un mapa de vulnerabilidad para identificar las áreas más propensas a incendios. Este mapa facilitará la implementación de estrategias efectivas de manejo forestal y conservación para mitigar los efectos negativos de los incendios forestales.

Justificación socioeconómica

Los incendios forestales también tienen un impacto devastador en la economía y la salud de las comunidades locales. La destrucción de recursos forestales, como la madera, afecta directamente la economía, especialmente en comunidades que dependen de la explotación forestal. La pérdida de cultivos y pastizales obliga a los agricultores a intensificar la caza de fauna silvestre, lo que pone en peligro la subsistencia de especies clave y afecta la seguridad alimentaria de las comunidades rurales y nativas (11).

El deterioro del paisaje y la pérdida de valor escénico desincentivan la inversión en proyectos de reforestación, reduciendo así las oportunidades económicas locales. Además, el humo y el dióxido de carbono liberados durante los incendios contribuyen al cambio climático y a la contaminación del aire, provocando enfermedades respiratorias y otros problemas de salud en la población (12). Por todas estas razones, es fundamental desarrollar un mapa de vulnerabilidad de incendios forestales. Este mapa permitirá identificar áreas de alto riesgo y facilitará la implementación de alertas tempranas y medidas preventivas, protegiendo tanto la economía local como la salud de las comunidades.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. General

- Se estudió el nivel de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción determinado factores que contribuyen a la vulnerabilidad, las ponderaciones de los factores de vulnerabilidad y las zonas que presentan mayor vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.

1.4.2. Específicas

- Los factores climáticos, topográficos, de combustibilidad de la cobertura vegetal y accesibilidad son los principales determinantes de la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.
- Los factores climáticos y de combustibilidad de la cobertura vegetal tienen las ponderaciones más altas en la determinación de la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.

- Las zonas con combinaciones críticas de factores climáticos, topográficos, de combustibilidad y accesibilidad presentan la mayor vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción.

1.4.3. Descripción de variables

La variable de la investigación es la “Vulnerabilidad a incendios forestales”, debido a que la investigación es no experimental y se centra en una sola variable. La vulnerabilidad se podría definir como la ausencia o la falta de defensa ante una situación amenazante. Se adjuntará la matriz de operacionalización de variables en el ANEXO 02.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En la tesis titulada "Evaluación del impacto de los incendios forestales por medio de imágenes satelitales Sentinel-2, durante el período estival entre 2016 y 2017, en la comuna de Pumanque, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile", desarrollada por el ingeniero Michael Peña en la Universidad de Chile, se evaluó el impacto de múltiples incendios forestales utilizando imágenes satelitales proporcionadas por el sensor Sentinel-2, con una resolución de 10 metros por píxel. Este sensor es especializado en la observación de la superficie terrestre, y permitió identificar la relación entre los incendios forestales y factores como el cambio climático y la actividad humana. Los resultados de este estudio revelaron que los incendios ocurridos durante el verano de 2017 en la comuna de Pumanque se concentraron en áreas de mayor pendiente y altura, alejadas de los valles agrícolas hacia la región centro-norte de la comuna. Estos incendios afectaron un total de 17,960.66 hectáreas, lo que representa el 40.8% del territorio comunal. Se determinó que el 60.32% del área quemada correspondió a categorías de severidad leve y leve a moderada. Además, los tipos de uso de suelo más afectados fueron el bosque nativo, con 9,335.85 hectáreas, y las plantaciones forestales, con 5,814.53 hectáreas, siendo estas últimas las más afectadas en las áreas de mayor severidad. (13)

Este antecedente es de particular relevancia para la presente investigación, ya que establece un vínculo claro entre los incendios forestales y el cambio climático, resaltando cómo factores como los focos de calor incrementan la vulnerabilidad de las zonas afectadas a estos desastres.

El artículo titulado "Modelo de vulnerabilidad ante incendios forestales para el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica" tuvo como objetivo principal identificar áreas de máxima prioridad para la gestión de incendios forestales en el Área de Conservación Guanacaste (ACG), utilizando un modelo integrado de vulnerabilidad. Este modelo consideró elementos ecológicos, como la calidad visual y la biodiversidad, así como factores socioeconómicos, incluyendo la infraestructura y los servicios ecosistémicos en el ACG. Los resultados revelaron que un total de 45,320 hectáreas, equivalentes al 55% del ACG, presentan alta vulnerabilidad a los incendios forestales. Estas áreas

vulnerables se caracterizan por un rango de precipitación anual entre 500 y 1,200 mm, lo que contribuye a la variabilidad de la vegetación y a la acumulación de material inflamable. Además, este rango de precipitación cubre el 65% de las zonas identificadas como vulnerables (14)

Este estudio es relevante porque aporta un marco para identificar áreas vulnerables a incendios, considerando tanto factores ecológicos como climatológicos, lo cual es directamente aplicable a la evaluación de vulnerabilidad por incendios forestales.

La tesis titulada "Análisis de índices de riesgo de incendio forestal y su aplicabilidad en Uruguay" propone el desarrollo de índices de riesgo de incendio localizados, basados en las características propias de cada región, como el clima y la cobertura vegetal. El estudio revisa técnicas y herramientas de predicción de riesgo de incendios, y discute la creación de mapas de riesgo que ayuden a las autoridades a tomar decisiones para prevenir o mitigar incendios forestales. Además, se hace una propuesta específica para un Índice de Riesgo Forestal Local de Uruguay. Se identificó que las condiciones climáticas en Uruguay están influenciadas por la variabilidad interanual asociada al fenómeno El Niño-Oscilación Sur, lo que afecta la precipitación y temperatura. La mayoría de los incendios se concentra en zonas costeras con bosques recreativos, como Punta del Diablo, en Rocha, que presenta una mayor vulnerabilidad debido a la acumulación de hojarasca y el alto flujo turístico en verano.

Este estudio es relevante porque utiliza mapas de riesgo y un enfoque basado en índices climáticos, que pueden aplicarse en la evaluación de la vulnerabilidad por incendios, ajustándose a las condiciones locales de clima y cobertura vegetal.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la tesis titulada "Utilización del índice meteorológico de incendios forestales (Fire Weather Index) en el departamento de Cusco", el ingeniero Julio Lau, de la Universidad Nacional Agrícola de La Molina, Perú, desarrolló un Índice Meteorológico de Incendios Canadienses utilizando datos del ERA-Interim Atmospheric Reanalysis y registros de incendios forestales de 1995 a 2014 en Cusco. Este índice mostró una alta correlación con los registros de incendios en

la región de La Convención, abarcando aproximadamente 120,000 hectáreas. Se identificó que el 70% de las zonas con alta susceptibilidad a incendios se encuentran en áreas de bosque seco, donde bajas precipitaciones y altas temperaturas aumentan el riesgo. El índice también demostró valores críticos durante la temporada seca de junio a agosto, coincidiendo con el 85% de los incendios reportados (15).

Este estudio es relevante porque destaca cómo el uso de datos meteorológicos puede mejorar la predicción de incendios forestales. Los hallazgos sobre la correlación entre el índice meteorológico y los incendios, así como la influencia de las condiciones climáticas, son aplicables a la evaluación de la vulnerabilidad por incendios forestales.

En la tesis titulada "Modelo digital de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Cajamarca-Perú", se analizó la vulnerabilidad de la cobertura forestal en Cajamarca mediante un enfoque inductivo-deductivo que consideró seis factores: cobertura vegetal, pendiente, centro de población, accesibilidad, clima y combustible. El estudio identificó que 219,722 hectáreas, equivalentes al 73.7% del territorio de Cajamarca, presentan un alto grado de vulnerabilidad forestal, especialmente en áreas de pajonales y matorrales andinos. La investigación también destacó que 95,393 hectáreas se destinan a uso agrícola, donde la quema es frecuente. Estos hallazgos coinciden con el informe de CENEPRED de 2020, que también resalta el alto riesgo en Cajamarca (8).

Este estudio es relevante porque proporciona un modelo detallado de evaluación de vulnerabilidad a incendios forestales, basado en diversos factores, ayudando a identificar áreas vulnerables y diseñar estrategias de gestión y prevención más efectivas.

2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales

En la tesis titulada "Riesgo a incendios forestales en la provincia de Satipo - Junín", se aborda cómo la sequía ha incrementado significativamente el riesgo de incendios forestales, con una acelerada expansión de zonas escarpadas y una mayor dificultad en las operaciones de extinción. El estudio destaca que el 100% de los incendios son causados por actividades humanas, principalmente quemadas agrícolas. La temporada más seca se extiende de junio a septiembre,

con temperaturas máximas promedio de 28.66 °C en agosto y septiembre. Actualmente, el nivel de riesgo de incendios forestales en Satipo es moderado, cubriendo más del 80% del territorio provincial. Sin embargo, cambios en las condiciones de temperatura y precipitación podrían elevar este riesgo, transformando quemas controladas en incendios incontrolables y aumentando la extensión de áreas de alto y muy alto riesgo. Las áreas con riesgo bajo y muy bajo representan solo el 15.8% y el 0.005% del total de la provincia, respectivamente. El estudio utilizó el satélite MODIS para recolectar datos de calor y elaborar un mapa de riesgos de incendios forestales, con un rango anual de incendios que varía de 150 a más de 1,300 (16).

Este estudio es relevante porque proporciona información sobre cómo la sequía y las actividades humanas contribuyen al riesgo de incendios forestales, además de utilizar tecnología satelital para mapear áreas de riesgo.

En la tesis titulada "Plan de gestión de riesgos para incendios forestales mediante el sistema de información geográfica en Chongos Alto, Junín 2023", se desarrolló un plan de gestión de riesgos utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG). Este sistema facilitó el análisis y la identificación de áreas dañadas por incendios forestales mediante la integración de datos de capas temáticas, sensores remotos y GPS. Se elaboraron mapas temáticos (vial, geográfico, climatológico) para una mejor caracterización del área de estudio. La investigación identificó 18,500 hectáreas con riesgo elevado a incendios forestales, lo que representa el 60% del área total estudiada en Chongos Alto. El análisis reveló que el 55% de las zonas de alto riesgo están cerca de la red vial, lo que facilita la propagación de incendios debido a la accesibilidad y las actividades humanas. Además, el 70% de las áreas de alto riesgo se encuentran en zonas de pendiente pronunciada, lo que contribuye a la rápida propagación del fuego. El estudio concluyó que la principal causa de incendios forestales es la actividad humana. (17).

Este estudio es esencial para mejorar la gestión de riesgos de incendios forestales a través del uso de SIG, proporcionando datos precisos y estrategias efectivas para la prevención, control y mitigación de incendios.

2.2. Bases teóricas

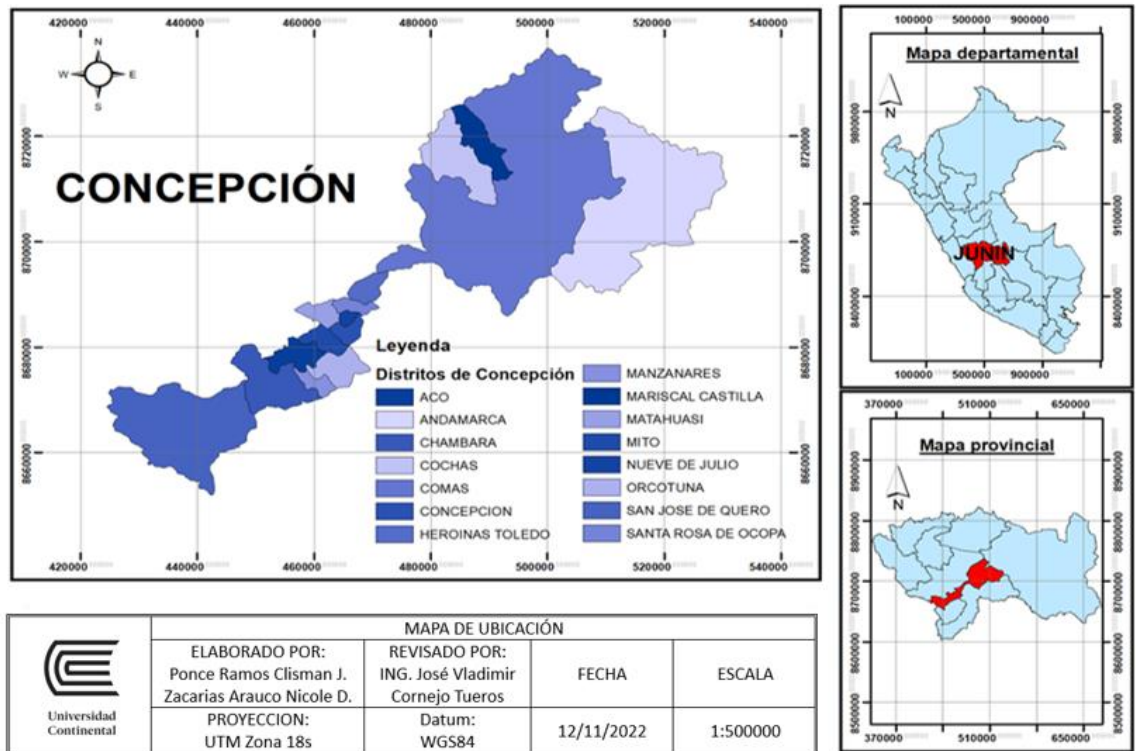
2.2.1. Provincia de Concepción

La provincia de Concepción es una de las nueve provincias que conforman al departamento de Junín, sierra central del Perú en el valle del Mantaro, la provincia cubre una extensión de 224595.67 ha. La Figura 1 muestra el mapa de ubicación de la Provincia de Concepción. El área en estudio alberga una variedad florística en forma escalonada de acuerdo a los niveles altitudinales en que cambian las condiciones climáticas, entre sus principales variedades se tiene la flor de muerto, la cantuta, chupasangre, etc. (11). La provincia de Concepción es muy reconocida por ser la provincia que cuenta con la mayor producción de alcachofa, la cual cuenta con un rendimiento de 18 TN por hectárea (18). La condición climática de la zona es templado frío, la temperatura disminuye hasta los -5°C y alcanza los 22°C , siendo la temperatura promedio anual 12°C . El promedio anual de precipitación es 72.66 milímetros. La humedad relativa varía entre 52 a 71% (9). El registro de incendios forestales en la provincia de Concepción proporcionado por el SERFOR muestra que se registraron 10977 hectáreas de superficie de cicatrices por incendios forestales durante el periodo 2017-2021, donde los distritos de Comas, Andamarca y Chambará en julio y agosto son los que presentan un mayor registro de hectáreas de cicatrices por incendios forestales, el registro se encuentra en el SERFOR (2).

2.2.1. Ubicación geográfica

La provincia de Concepción, ubicada en el centro de Perú, es una de las nueve provincias que conforman el departamento de Junín y está administrada por el Gobierno Regional de Junín. Limita al norte con la provincia de Jauja, al este con Satipo, al sur con Huancayo y Chupaca, y al oeste con el departamento de Lima. Su territorio cubre un total de 3,075 km², representando el 5.05% de la superficie del departamento. La provincia está dividida en 15 distritos, siendo Comas el más grande con 825 km², seguido por Mariscal Castilla con 744 km² y Andamarca con 695 km². En contraste, Nueve de Julio es el distrito más pequeño, con solo 6,758 km². La figura 1 muestra el mapa de ubicación de la provincia de Concepción.

Figura 1 : Mapa de ubicación



Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Clima

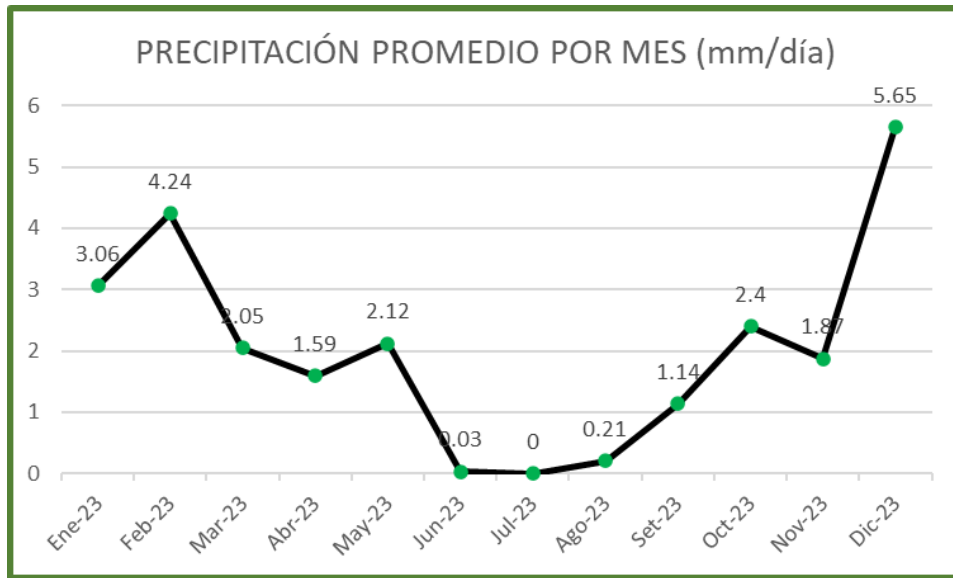
Para el análisis del clima, se usaron datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) localizada en el distrito de Santa Rosa de Ocopa, ya que se encuentra dentro de la provincia de Concepción, según los datos registrados, la precipitación promedio registrada durante el período enero 2023 a diciembre 2023 es de 2.03 mm/día, siendo los meses correspondientes al periodo enero - marzo los que presentan mayor precipitación y los meses junio, julio y agosto los meses de menos precipitación, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 : Precipitación promedio del Distrito de Santa Rosa de Ocopa

Estación meteorológica: Ingenio					
Departamento:	JUNIN	Provincia:	CONCEPCION	Distrito:	SANTA ROSA DE OCOPA
Latitud:	11°52'30.8"	Longitud:	75°17'47.9"	Altitud:	3373
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	111097		
 AÑO / MES		PRECIPITACIÓN PROMEDIO POR MES (mm/día)			
Ene-23		3.06			
Feb-23		4.24			
Mar-23		2.05			
Abr-23		1.59			
May-23		2.12			
Jun-23		0.03			
Jul-23		0.00			
Ago-23		0.21			
Set-23		1.14			
Oct-23		2.40			
Nov-23		1.87			
Dic-23		5.65			
PROMEDIO		2.03			

Fuente: Datos obtenidos de SENAMHI -2023. (19).

Figura 2 : Precipitación promedio (mm/día) por mes del Distrito de Santa Rosa de Ocopa



Fuente: Datos obtenidos de SENAMHI -2023 (19).

En cuanto a la temperatura, según los datos registrados en la estación meteorológica, la temperatura promedio registrada durante el período enero a diciembre 2023, es de 9.80 °C, la temperatura máxima promedio es de 17.24 °C y una temperatura mínima promedio de 2.36 °C.

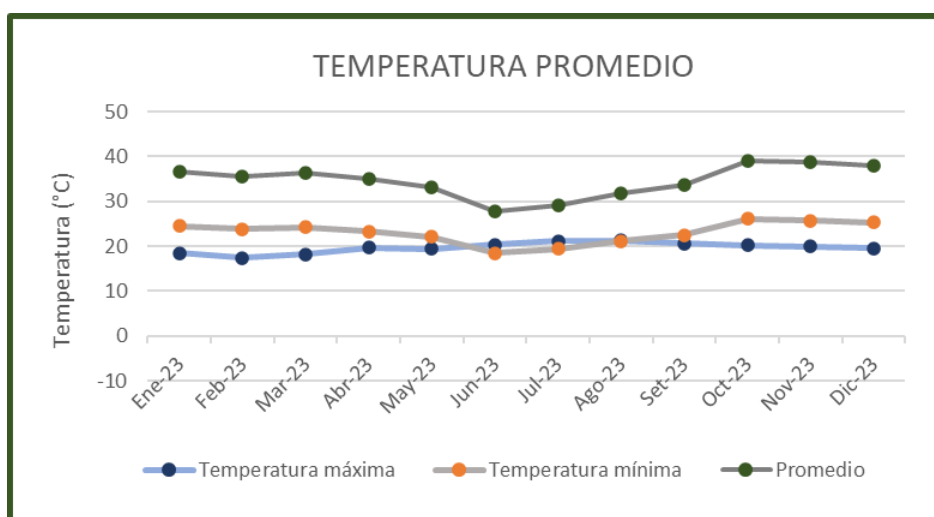
Tabla 2 : Temperatura promedio del Distrito de Santa Rosa de Ocopa

Estación Meteorológica: Ingenio					
Departamento:	JUNIN	Provincia:	CONCEPCION	Distrito:	SANTA ROSA DE OCOPA
Latitud:	11°52'30.8"	Longitud:	75°17'47.9"	Altitud:	3373
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	472722EC		
MES /AÑO	TEMPERATURA (°C)				
	MAX	MIN	PROMEDIO		
Ene-23	18.49	5.99	12.24		
Feb-23	17.39	6.39	11.89		
Mar-23	18.17	6.06	12.12		
Abr-23	19.62	3.65	11.64		
May-23	19.47	2.67	11.07		

Jun-23	20.33	-1.83	9.25
Jul-23	21.2	-1.75	9.73
Ago-23	21.35	-0.22	10.57
Set-23	20.61	1.93	11.27
Oct-23	20.22	5.85	13.04
Nov-23	20	5.76	12.88
Dic-23	19.51	5.82	12.67
PROMEDIO	19.70	3.36	11.53

Fuente: Datos obtenidos de SENAMHI -2023 (19).

Figura 3 : Temperatura promedio (°C) por mes del Distrito de Santa Rosa de Ocopa



Fuente: Datos obtenidos de SENAMHI-2023 (19).

El mapa de ubicación de la estación meteorológica se encuentra en el ANEXO 4.

2.2.3. Clasificación ecológica

Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del departamento de Junín, la provincia de Concepción cuenta con once zonas de vida dentro de su área territorial, la zona codificada como “pmh – SaT” Páramo muy Húmedo Subalpino Tropical, es la zona más representativa del área con un 25.19% y la zona codificada como “bh – PT” Bosque Húmedo Premontano Tropical, es la zona menos representativa del área con un 0.01%, las zonas de vida se detallan en la tabla 3.

Tabla 3 : Zonas de vida en la provincia de Concepción

DESCRIPCION	SIMBOLO	ÁREA	
		ha	%
Nival Tropical	NT	295.41	0.13
Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical	bh – MBT	12048.92	5.35
Bosque Húmedo Montano Tropical	bh – MT	42347.13	18.80
Bosque Húmedo Premontano Tropical	bh – PT	17.93	0.01
Bosque muy Húmedo Montano Tropical	bmh - MT	25696.13	11.41
Bosque Pluvial Montano Tropical	bp – MT	7637.08	3.39
Bosque Seco Montano Bajo Tropical	bs – MBT	15488.73	6.88
Páramo Húmedo Subalpino Tropical	ph – SaT	21265.32	9.44
Páramo muy Húmedo Subalpino Tropical	pmh - SaT	56721.30	25.19
Páramo Pluvial Subalpino Tropical	pp – SaT	31707.59	14.08
Tundra Pluvial Alpino Tropical	tp - AT	11971.12	5.32
Total		225196.66	100

Fuente: Datos obtenidos del Geo servidor del MINAM -2023 (20).

El mapa de zonas de vida se encuentra en el ANEXO 5.

2.2.4. Contexto biológico

1. Flora

En la provincia de Concepción, la diversidad de flora es notable, abarcando desde plantas nativas hasta especies cultivadas para la alimentación y la medicina. La subcategoría más representativa es la de especies de flora, que incluye 47 variedades como la achira, bromelia y caigua, constituyendo el 50% del total de especies vegetales. Las especies alimenticias suman 31, representando el 33% del total, con cultivos esenciales como la avena, maíz y quinua. Finalmente, las especies medicinales comprenden 22 variedades (17%), como el molle y la tara, usadas en la medicina tradicional (21).

Tabla 4 : Especies de flora en la provincia de Concepción

Subcategoría	Ejemplos de Especies	Número de Especies	Porcentaje del Total
Especies de Flora	Achira, Bromelia, Caigua	47	50%
Especies Alimenticias	Avena, Maíz, Quinoa	31	33%
Especies Medicinales	Molle, Tara, Sauco	22	17%
Total		100	100%

Fuente: Plan de Desarrollo Local Concertado de la provincia de Concepción al 2023, con metas al 2021 (21).

2. Fauna

La fauna silvestre de la provincia de Concepción es igualmente diversa, destacándose especialmente las aves, que constituyen el 67% del total de especies con 57 variedades, incluyendo al majestuoso cóndor y al colorido gallito de las rocas. Los mamíferos representan el 19% de la fauna, con 16 especies como el oso de anteojos y el puma, que son fundamentales para los ecosistemas locales. Aunque en menor cantidad, los reptiles (4%) incluyen especies como la lagartija, mientras que los anfibios (2%) y peces (4%) están representados por especies como la ranita andina y la trucha arco iris (21).

Tabla 5 : Especies de fauna en la provincia de Concepción

Subcategoría	Ejemplos de Especies	Número de Especies	Porcentaje del Total
Mamíferos	Oso de Anteojos, Puma, Alpaca	16	19%
Aves	Cóndor, Gallito de las Rocas, Pato Puna	57	67%
Reptiles	Lagartija, Culebra, Jergón	3	4%
Anfibios	Ranita Andina, Sapo	2	2%
Peces	Trucha Arco Iris, Chalhua, Bagre	3	4%

Fuente: Plan de Desarrollo Local Concertado de la Provincia de Concepción al 2023, con metas al 2021 (21).

2.2.5. Tipos de Incendios

Incendios superficiales

Los incendios superficiales se producen cuando el fuego se extiende por encima del suelo y alcanza una altura de hasta un metro y medio. Estos incendios afectan tanto a los combustibles vivos, como hierbas, hojas, ramas, arbustos y árboles pequeños, como a los combustibles muertos. Este tipo de incendio puede causar daños considerables en la biodiversidad local, afectando tanto a la flora como a la fauna del área. La alta temperatura y la rápida expansión del fuego complican las tareas de extinción, aumentando el riesgo para las personas y las propiedades cercanas. La restauración de las zonas afectadas puede tardar varios años, dependiendo de la severidad del incendio y de las condiciones climáticas posteriores. Por ello, es crucial adoptar medidas preventivas y una adecuada gestión forestal para reducir los riesgos de estos incendios (22).

Incendios subterráneos

Los incendios subterráneos ocurren cuando un incendio superficial se propaga por debajo de la tierra o el suelo. En estos casos, se queman seres vivos, raíces e incluso piedras. Por lo general, estos incendios no generan llamas visibles ni producen mucho humo, pero pueden ser altamente destructivos. Al desarrollarse bajo la superficie, suelen pasar inadvertidos durante mucho tiempo, lo que complica su detección y control. Pueden dañar severamente las raíces de las plantas, debilitando la vegetación y alterando de manera significativa el ecosistema de la zona. Además, pueden comprometer la estabilidad del suelo, lo que podría llevar a deslizamientos o hundimientos. Estos incendios pueden mantenerse activos durante semanas, meses o incluso años, presentando un reto considerable para las labores de extinción y la posterior recuperación del entorno afectado (22).

Incendios de copa o aéreos

Los incendios de copa, o aéreos, son los más destructivos, peligrosos y difíciles de controlar, ya que destruyen toda la vegetación en su camino. Estos incendios comienzan en la parte superior de la vegetación, pero luego el fuego se propaga por encima del suelo, subiendo desde las plantas leñosas hasta la copa de los árboles. La intensidad y extensión de estos incendios generan un calor tan elevado que puede causar la ignición espontánea de la vegetación circundante,

complicando aún más la situación. Además, el fuego se propaga tanto vertical como horizontalmente, lo que hace que las labores de extinción sean extremadamente difíciles y pone en riesgo la seguridad de los bomberos y de las comunidades cercanas. El impacto de estos incendios en los ecosistemas puede ser catastrófico, provocando una pérdida significativa de biodiversidad, deterioro del suelo y cambios en el clima local (22).

Incendios Forestales

Los incendios forestales son perturbaciones poderosas que pueden dañar parcial o totalmente los ecosistemas forestales, alterando significativamente su estructura y composición. A medida que se quema más biomasa, se incrementa la pérdida de almacenamiento de carbono. Estos incendios son una de las perturbaciones más importantes que afectan a la naturaleza, impactando negativamente el clima de la Tierra, la calidad del aire, la estructura y composición de la vegetación, y reduciendo las reservas de carbono de los bosques. Además, causan enormes pérdidas económicas y víctimas humanas. (23).

Los incendios forestales también devastan hábitats naturales, poniendo en riesgo la supervivencia de muchas especies y disminuyendo la biodiversidad en las zonas afectadas. La pérdida de vegetación contribuye a la erosión del suelo, lo que puede resultar en deslizamientos de tierra y la degradación de las fuentes de agua. Desde un punto de vista económico, los incendios forestales ocasionan daños masivos al destruir infraestructura, propiedades y recursos naturales esenciales, generando altos costos asociados con las labores de extinción, recuperación y reconstrucción. Asimismo, la destrucción de los bosques perjudica la economía local, especialmente en comunidades que dependen de los recursos forestales para su sustento. Por último, los incendios forestales pueden desencadenar tragedias humanas, provocando muertes y desplazamientos, y dejando un impacto profundo y duradero en las comunidades afectadas (23).

2.2.6. Causas y Consecuencias de los Incendios Forestales

Causas

Los incendios forestales pueden ser provocados por factores naturales y humanos. Entre los factores naturales, aunque menos frecuentes, se encuentran las erupciones volcánicas, los rayos, y la combustión espontánea de materiales orgánicos en condiciones específicas. Sin embargo, la mayoría de los incendios forestales son causados por actividades humanas. Entre estas, el uso indebido de encendedores, la disposición inadecuada de colillas de cigarrillos, y las fogatas mal controladas son contribuyentes comunes. Además, fallos en las líneas eléctricas, como cables defectuosos o sobrecalentados, pueden provocar chispas que inician incendios. Otras causas humanas incluyen el uso inapropiado de maquinaria que genera calor o chispas, la quema de desechos en áreas forestales, y la realización de fogatas en lugares no autorizados o sin las debidas precauciones. La falta de supervisión adecuada y una gestión deficiente en estas actividades aumentan considerablemente el riesgo de incendios forestales, destacando la necesidad de implementar prácticas preventivas efectivas y de promover la educación sobre seguridad y manejo de riesgos (24).

Consecuencias

Los incendios forestales pueden tener consecuencias devastadoras tanto para el medio ambiente como para las comunidades humanas. Alteran profundamente el ciclo natural de los bosques, lo que puede llevar a la extinción de especies nativas y a una pérdida significativa de biodiversidad. Estos incendios incrementan la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, intensificando el efecto invernadero y contribuyendo al cambio climático global. La producción de cenizas durante un incendio destruye los nutrientes esenciales del suelo, reduciendo su capacidad para retener agua y dificultando la regeneración de la vegetación. La erosión del suelo es otro efecto grave; la pérdida de vegetación expone el suelo a la erosión, lo que puede resultar en inundaciones y deslizamientos de tierra. Estos fenómenos no solo dañan infraestructuras y alteran los cursos de agua, sino que también afectan a las comunidades circundantes. Los incendios forestales pueden causar enormes pérdidas económicas al destruir propiedades, recursos naturales esenciales y servicios ecosistémicos, lo que requiere esfuerzos significativos para la recuperación y la restauración de los paisajes afectados. La combinación de

estos efectos puede tener un impacto duradero en la estabilidad ambiental y la capacidad de los ecosistemas para recuperarse (24).

2.2.7. Factores climatológicos

Los factores climatológicos son los elementos que influyen en la configuración y comportamiento del clima en una región específica. Estos incluyen los vientos predominantes, la latitud, la altitud y el relieve. Cada uno de estos factores juega un papel crucial en determinar el tipo de clima de un área y cómo se comporta a lo largo del tiempo (25) .

- Vientos predominantes: Los vientos son fundamentales en la distribución de la humedad y la temperatura. Los vientos que soplan desde el océano pueden llevar aire húmedo hacia el continente, afectando las precipitaciones y creando climas más húmedos en las regiones costeras. Por otro lado, los vientos secos pueden reducir la humedad y aumentar la aridez en áreas interiores (25).
- Latitud: La latitud de una región determina la cantidad de radiación solar que recibe a lo largo del año. Las regiones cercanas al ecuador reciben una mayor cantidad de sol y, por tanto, tienden a tener climas cálidos y estacionales menos marcados. En contraste, las áreas cercanas a los polos reciben menos radiación solar, lo que resulta en climas más fríos y estacionalmente más variados (25).
- Altitud: La altitud afecta la temperatura y las precipitaciones de una región. A medida que se asciende en la atmósfera, la temperatura disminuye, lo que significa que las regiones de gran altitud suelen experimentar temperaturas más frías. La altitud también puede influir en las precipitaciones, con áreas montañosas que a menudo reciben más lluvia en sus laderas expuestas al viento (25).
- Relieve: El relieve, o la forma del terreno, también impacta el clima. Las montañas pueden actuar como barreras para los vientos y las nubes, creando diferentes zonas climáticas en sus laderas. Por ejemplo, una ladera expuesta a los vientos predominantes puede recibir más precipitaciones, mientras que la ladera opuesta, en sombra de lluvia, puede ser mucho más seca (25).

Estos factores interactúan entre sí para definir las características climáticas de un lugar, creando variaciones en los patrones meteorológicos y afectando tanto

el medio ambiente como las actividades humanas. Las regiones con diferentes combinaciones de estos factores pueden experimentar climas muy distintos, lo que influye en la vegetación, la fauna y el uso del suelo (25).

Clima

El clima es un factor importante del ambiente que determina las condiciones atmosféricas predominantes, se entiende por este que se da en lapsos de tiempo prolongados. Los elementos del clima son:

- **Termodinámicos:** Abarca la temperatura atmosférica, que es el calor específico encontrado en el aire en un determinado lugar y momento, se mide en C° con un termómetro (26).
- **La presión atmosférica:** se refiere al peso de las masas de aire sobre la tierra en puntos específicos, estas varían con la temperatura y la altitud, se mide con barómetro (26).
- **Los vientos:** son a causa de la presión atmosférica entre lugares, se mide la velocidad de los mismos con un anemómetro y para determinar la dirección es utilizado un instrumento denominado veleta. (26).
- **Acuosos:** Se tiene a la precipitación, que se refiere a la cantidad de partículas de agua que descienden hasta la superficie terrestre, se mide con pluviómetros. La humedad, esta es la cantidad de vapor de agua hallada en el aire, se mide porcentualmente con un higrómetro (26).

Cambio climático

El cambio climático implica alteraciones prolongadas en el clima y la temperatura global. Estos cambios pueden ser naturales, como variaciones en la actividad solar, pero la mayoría de las modificaciones actuales son provocadas por el ser humano. La quema de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, libera gases como el metano y el dióxido de carbono, que intensifican el efecto invernadero al atrapar más calor en la atmósfera (27).

Este aumento en la concentración de gases de efecto invernadero exacerba el calentamiento global y altera los patrones climáticos tradicionales. Los impactos del cambio climático son amplios e incluyen el deshielo de glaciares, el aumento del nivel del mar y alteraciones en los patrones de precipitación, que pueden provocar sequías más graves o inundaciones intensas. Además, el

cambio climático tiene efectos perjudiciales sobre los ecosistemas y la biodiversidad, alterando hábitats y amenazando a numerosas especies. Abordar el cambio climático requiere esfuerzos coordinados a nivel mundial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y adoptar prácticas más sostenibles en todas las áreas de actividad humana (27).

Vulnerabilidad del cambio climático

La vulnerabilidad se refiere a la propensión de un sistema a ser afectado negativamente por los cambios climáticos y eventos extremos. Es la condición que hace que un sistema sea incapaz de enfrentar las consecuencias del cambio climático, así como de resistir el impacto de eventos adversos. Esta vulnerabilidad puede manifestarse en daños a la economía, a la vida humana y al medio ambiente debido a la interacción de factores externos e incertidumbre (27).

Los factores que contribuyen a la vulnerabilidad incluyen la debilidad de la infraestructura, la eficacia de las instituciones y las condiciones socioeconómicas. Las regiones con infraestructuras inadecuadas, economías frágiles o comunidades con recursos limitados para adaptarse al cambio climático son especialmente susceptibles a sufrir daños graves. Los efectos pueden abarcar pérdidas económicas por desastres naturales, problemas de salud y deterioro ambiental. Además, la incertidumbre acerca de la magnitud y frecuencia de los eventos climáticos extremos aumenta el riesgo de exposición. La falta de preparación y capacidad de adaptación puede agravar los daños y dificultar la recuperación. Por lo tanto, abordar la vulnerabilidad requiere un enfoque integral que incluya la reducción de riesgos, la mejora de la capacidad de adaptación, la planificación, y la inversión en infraestructura resistente, así como la implementación de políticas de mitigación y medidas de apoyo para las comunidades afectadas (27).

Geográficos

En este se encuentra la latitud, que dependiendo la cercanía al Ecuador se sabrá si en el lugar hay mayor temperatura y lluvia, además es responsable de la duración de los días y las noches, de acuerdo a la inclinación con la que llegan los rayos solares. Altitud y relieve, se refiere de los metros sobre el nivel del

mar, es por ello que la altitud tiene una influencia directa con la temperatura y la presión atmosférica de un determinado lugar, así mismo el relieve se refiere a las montañas y su influencia en el paso de los rayos solares o de frenar a los vientos. La continentalidad, muestra la relación con la distancia del mar, puesto que entre más cerca se hallen los lugares al mar, el cambio de temperatura será más suave ya que el mar es un regulador térmico. La vegetación, entre más vegetación, menos calor y hace que se manifiesten las lluvias. Las corrientes oceánicas, estas modifican el clima de la costa, si las corrientes son frías la temperatura disminuye y viceversa (28).

2.2.8. Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas versátiles y esenciales en la geografía y en diversas disciplinas que se ocupan de la planificación espacial, así como de la resolución de problemas económicos y ambientales. Gracias a sus capacidades técnicas avanzadas, los SIG permiten el manejo de grandes volúmenes de datos y ofrecen análisis detallados sobre patrones geográficos, tendencias y cambios a lo largo del tiempo (28).

Estos sistemas juegan un papel crucial en la gestión del territorio, la planificación urbana y rural, la evaluación de riesgos naturales, la vigilancia ambiental y la administración de recursos naturales. La habilidad de los SIG para combinar datos provenientes de diferentes fuentes y presentarlos de manera visual y analítica facilita a los profesionales la toma de decisiones informadas y el desarrollo de estrategias eficaces para abordar desafíos complejos (28).

Modelamiento Cartográfico

La cartografía estuvo presente en la historia, encargada en el estudio y trazado de mapas, es imprescindible en el siglo XIX en el ámbito geopolítico, así como también este suceso es trascendente y se vio claramente en la guerra mundial donde se tuvo a la cartografía como herramienta para el servicio del poder militar y el territorio definido. Otra forma de definir un ejemplar cartográfico se define sistema de información geográfica ráster o vectorial que tiene información espacial y geoespacial, se basa en procedimientos analíticos, utiliza la representación gráfica de datos, para el análisis y la estructura de procedimientos, y muestra información cartográfica, información a través de mapas. El uso de modelos cartográficos actualmente es de mucha utilidad

puesto que sirve para la observación de fenómenos en un área geográfica determinada (29).

2.2.9. Normalización

La normalización de los factores de vulnerabilidad es una técnica crucial en el análisis de datos geoespaciales que ajusta los valores digitales a una escala uniforme. Dado que los valores iniciales pueden variar considerablemente, este proceso permite la comparación y combinación efectiva de los datos, facilitando una evaluación más precisa y coherente de la vulnerabilidad. Es esencial para integrar diversos criterios y proporcionar una evaluación clara de las condiciones de vulnerabilidad en un área específica. (30).

En los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la normalización se realiza mediante la reclasificación de datos. Esta función ajusta los valores de acuerdo con condiciones y reglas establecidas, alineándolos con un rango estándar. Esto simplifica la comparación y el análisis de distintos tipos de riesgos, como inundaciones o incendios, al convertir los datos en formatos compatibles y comparables (30).

La reclasificación no solo estandariza los datos, sino que también mejora su interpretación y visualización, permitiendo a analistas y responsables entender mejor la distribución e impacto de los factores de vulnerabilidad. Así, la normalización es una etapa fundamental en el análisis espacial, asegurando que los datos sean consistentes y útiles para la planificación y gestión de riesgos (30).

2.2.10. Proceso de análisis jerárquico

El **Proceso de Análisis Jerárquico** (AHP), por sus siglas en inglés: Analytical Hierarchy Process) es un método matemático desarrollado por Thomas Saaty a finales de la década de 1960. Este enfoque está diseñado para ayudar en la toma de decisiones complejas al evaluar y comparar alternativas basadas en múltiples criterios. El AHP se fundamenta en el principio de que la experiencia y el conocimiento de los expertos involucrados en el proceso de decisión son tan cruciales como los datos cuantitativos disponibles (31).

El método AHP organiza los criterios de decisión en una estructura jerárquica que facilita la comparación de alternativas mediante una serie de etapas

sistemáticas. Primero, el problema se descompone en una jerarquía de componentes, desde el objetivo principal hasta los subcriterios más específicos. Luego, se utilizan comparaciones pareadas para evaluar la importancia relativa de cada criterio y alternativa en relación con los otros (31).

Una de las principales ventajas del AHP es su capacidad para combinar tanto información cuantitativa como cualitativa, integrando la experiencia y el juicio de los decisores con datos objetivos. Esto permite una evaluación más completa y equilibrada de las alternativas. Además, el método proporciona una forma estructurada para abordar la complejidad de las decisiones que involucran múltiples factores, facilitando la identificación de la opción que mejor satisface los criterios establecidos en la tabla 1. (31).

Tabla 6 : Escala de ponderación

1/9	Extremadamente	MENOS IMPORTANTE
1/7	Muy fuertemente	
1/5	Fuertemente	
1/3	Moderadamente	
1	Igualmente	IGUAL DE IMPORTANCIA
3	Moderadamente	MAS IMPORTANTE
5	Fuertemente	
7	Muy Fuertemente	
9	Extremadamente	

Fuente: Saaty (1980)

El AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones (31).

Esta técnica se basa en una matriz cuadrada de comparación entre los criterios (Tabla 2), donde las filas y columnas están dispuestos los criterios según el mismo orden (31).

Para determinar la ponderación o el nivel de importancia de cada factor, se deberá seguir los siguientes pasos (31).

Tabla 7 : Matriz de comparación par a par

FACTORES	a	b	c	d
A	I			
B	b,a	I		
C	c,a	b,c	I	
D	d,a	d,b	d,c	I

Fuente: Ramos (2000)

2.3. Definición de términos básicos

FUEGO: Es la reacción del producto del aire, combustible y una fuente de calor cercana, se manifestó en llamas y humo (32).

SIG: Sistema de Información geográfica (33).

UTM: Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (34).

WGS84: El Sistema de Posicionamiento Global utiliza el Sistema Geodésico Mundial (WGS84, por sus siglas en inglés World Geodetic System 1984) como su sistema de coordenadas de referencia (35).

IMÁGENES SATELITALES: Las imágenes satelitales son una representación visual de la información registrada por los sensores en algunos satélites. Estos sensores recopilan información reflejada desde la superficie terrestre y la envían para su procesamiento (36).

FACTOR ANTRÓPICO: Se denominan factores antropogénicos a los cambios, de las consecuencias originados por las actividades de los seres humanos que perjudican al planeta, es decir, todo lo que hacemos habitualmente representa potencialmente una acción positiva o negativa en nuestro planeta. (37).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método y tipo de investigación

El método general de esta investigación es el método científico, que garantiza un enfoque sistemático y riguroso. De acuerdo con los objetivos planteados, esta investigación es de tipo descriptivo y analítico. Se enfoca en identificar, analizar y modelar las zonas de riesgo de incendios forestales en la provincia de Concepción, utilizando datos cuantitativos y cualitativos para establecer patrones de vulnerabilidad.

3.1.2. Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación es descriptivo, ya que se busca describir detalladamente los factores que contribuyen al riesgo de incendios forestales, como el clima, la topografía, la combustibilidad del material vegetal y la accesibilidad. Además, se pretende identificar y caracterizar las áreas más vulnerables mediante la integración de estos factores en un modelo de riesgo.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental y transeccional descriptivo. Este diseño permite analizar la situación en un momento específico, sin manipular las variables, lo que resulta adecuado para el estudio de la vulnerabilidad ante incendios forestales. La investigación se estructura en tres etapas principales:

1. **Primera etapa:** Recopilación de Información

- Se recopilará información relevante sobre modelos de zonificación de riesgo utilizados en el país.
- Se recolectarán datos clave para el estudio, como cobertura vegetal, pendiente del terreno, registros históricos de incendios, datos climatológicos, vías de acceso y localización de centros poblados.
- Se utilizarán fuentes primarias y secundarias, incluyendo bases de datos nacionales y regionales, así como estudios previos relacionados.

2. **Segunda etapa:** Caracterización del Peligro

- Se procederá a caracterizar el peligro mediante métodos de análisis espacial, generando mapas que representen los factores territoriales, climatológicos y antrópicos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales.
- Se emplearán técnicas de análisis geoespacial para identificar las áreas más propensas a incendios, integrando datos topográficos, climatológicos y de uso del suelo.

3. Tercera etapa: Modelación de Zonas de Riesgo.

- En esta etapa, se integrarán los factores de riesgo identificados (combustibilidad, pendiente, historial de incendios, datos climatológicos, accesibilidad y proximidad a centros poblados) en un modelo de zonificación de riesgo de incendios forestales.
- El modelo resultante permitirá determinar las zonas de mayor vulnerabilidad, proporcionando una herramienta visual y analítica para la gestión del riesgo de incendios forestales en la Provincia de Concepción.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población para la presente investigación comprende al registro de ocurrencia de incendios forestales en el valle del Mantaro durante el período comprendido entre 2017 y 2023.

3.3.2. Muestra

La muestra corresponde a la ocurrencia de incendios en la Provincia de Concepción durante el período comprendido entre 2017 y 2023.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

En este estudio, no se realizó manipulación de variables, por lo que se empleó el análisis bibliográfico como técnica principal de recolección de datos. Esta técnica permitió recopilar y analizar información secundaria relevante sobre cobertura vegetal, pendiente del terreno, registros de eventos históricos y datos climáticos, provenientes de diversas fuentes documentales y bases de datos.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección y organización de los datos recopilados, se utilizó la ficha de registro de datos. Este instrumento es una herramienta diseñada para registrar y sistematizar información específica de manera estructurada, facilitando el manejo y análisis posterior de los datos. En este caso, la ficha de registro incluyó las siguientes categorías:

- Datos meteorológicos
- Registro de incendios forestales
- Cobertura vegetal
- Mapa climático
- Datos de Pendiente del Terreno
- Datos de Accesibilidad y Centros Poblados

3.5. Materiales y Métodos

3.5.1. Materiales

Para el desarrollo de este estudio, se utilizaron los siguientes materiales y herramientas:

- Software de procesamiento de datos: El software ArcGIS 10.8 fue empleado para el procesamiento de datos geoespaciales y la modelación de zonas de riesgo. Este software permite la integración, análisis y visualización de diferentes capas temáticas, fundamentales para la evaluación de la vulnerabilidad a incendios forestales.
- Datos Climatológicos: Los datos climatológicos se obtuvieron del Geoservidor del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), que proporcionó mapas de clasificación climática basados en la metodología de Charles Warren Thornthwaite (1931). Estos mapas fueron contrastados con datos meteorológicos de un periodo mínimo de 20 años consecutivos, obtenidos de aproximadamente 250 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el Perú, para asegurar la precisión y consistencia de la información utilizada en el análisis.
- Datos de Cobertura Vegetal: La información sobre la cobertura vegetal fue obtenida del Geoservidor del Ministerio del Ambiente (MINAM), el cual proporciona una clasificación detallada de la cobertura vegetal en el territorio nacional. Estos datos son cruciales para evaluar la combustibilidad del material vegetal en diferentes zonas.

- Datos de pendiente del terreno: Los datos topográficos fueron obtenidos del Modelo Digital de Elevación (DEM) ASTER GDEM con una resolución de 30 metros. Estos datos se encuentran disponibles en el Geoservidor del MINAM y permiten evaluar la influencia de la pendiente del terreno en la propagación de incendios.
- Datos de Accesibilidad y Centros Poblados: La información vectorial sobre la accesibilidad (vías de acceso) y centros poblados fue extraída del Geoservidor del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y del Ministerio de Educación (MINEDU), respectivamente. Estos datos, actualizados al año 2018, fueron fundamentales para evaluar la proximidad de las áreas vulnerables a las infraestructuras críticas y asentamientos humanos.

El procesamiento de los datos se detalla en el ANEXO 6.

3.5.2. Métodos

La metodología empleada en este estudio comenzó con la recopilación de información mediante una revisión bibliográfica, se adquirieron y generaron datos sobre los factores de vulnerabilidad forestal en formato digital. Se normalizaron los valores de los criterios para unificar su rango. Además, se procedió a ponderar los factores que afectan la vulnerabilidad utilizando el método de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Finalmente, se construyó el modelo mediante el método de Combinación Lineal Ponderada, como se muestra en la Figura 4. La estructura metodológica se fundamentó en el proceso de elaboración de Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal elaborado en Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM y en el Escenario de Riesgo por Incendios Forestales en Junín elaborado en Perú por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres -CENEPRED.

Identificación y Clasificación de Factores de Vulnerabilidad

La investigación recopiló datos esenciales sobre la vulnerabilidad de la cobertura forestal en Concepción. Estos datos provienen de fuentes confiables y se enfocan en factores como la cobertura vegetal, la pendiente, la proximidad a zonas pobladas y el clima. La información, extraída de Geo Servidores oficiales, se utilizó para elaborar mapas que visualizan estos factores, permitiendo una evaluación precisa del riesgo de incendios forestales en la región. El diagrama de clasificación se muestra en el ANEXO 7.

Normalización de los Factores de Vulnerabilidad

Para integrar de manera coherente los diferentes factores de vulnerabilidad y generar un mapa unificado, se normalizaron los valores de cada factor. Dado que estos factores se miden en distintas escalas (por ejemplo, la temperatura en grados Celsius y la pendiente en porcentaje), fue necesario estandarizarlos. Para ello, los valores de cada factor se reclasificaron según un sistema de categorías de vulnerabilidad. Estas categorías, definidas en estudios previos, incluyen niveles que van desde "Muy Bajo" hasta "Muy Alto", a los cuales se les asignan valores numéricos específicos: muy bajo (1), bajo (2), medio (3), alto (4) y muy alto (5). Este proceso facilitó la integración de los diferentes factores dentro del entorno de ArcGIS 10.1.

Asignación de Ponderaciones Mediante el Método AHP

Tras la normalización, se desarrolló un sistema de ponderación para los factores, basado en su importancia relativa. Este proceso se realizó utilizando el Método de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) propuesto por Saaty (1980), el cual permite asignar pesos específicos a cada factor en función de su influencia en la vulnerabilidad ante incendios forestales. Los valores de importancia relativa fueron determinados a partir de comparaciones de par en par, utilizando una escala que mide la preferencia o importancia de cada factor.

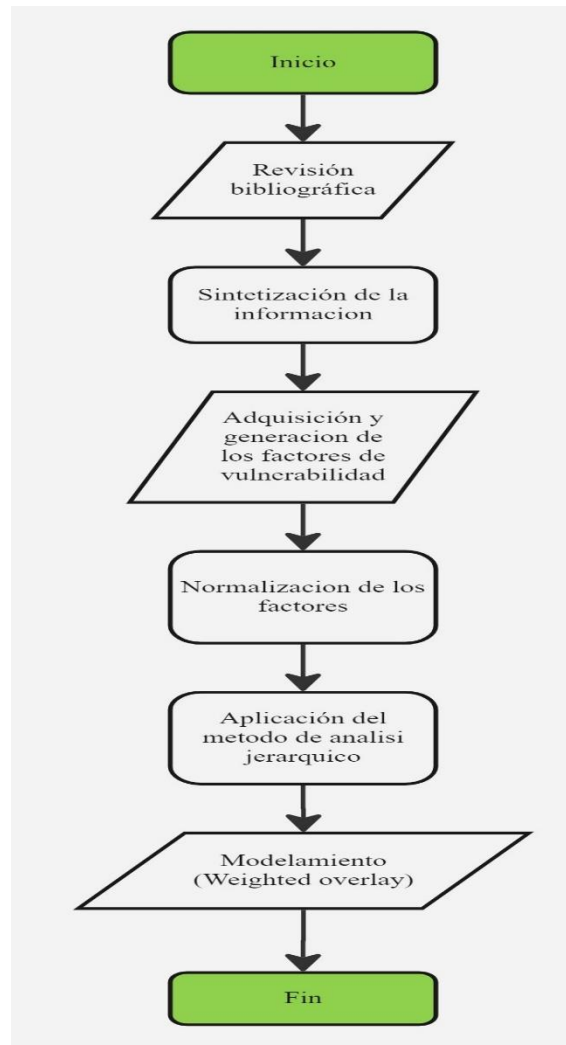
Combinación Lineal Ponderada

Los factores ponderados se integraron utilizando la Metodología de Combinación Lineal Ponderada en ArcGIS. Este enfoque permite estandarizar los parámetros de cada criterio en un rango numérico común, lo que facilita su combinación y resulta en un mapa continuo que refleja el riesgo de incendios forestales.

Generación del Mapa de Riesgo

Finalmente, se produjo un mapa de riesgo de incendios forestales, el cual refleja la distribución espacial del riesgo en función de los factores considerados. Este mapa es una herramienta clave para identificar áreas con mayor vulnerabilidad y apoyar la gestión y mitigación de incendios en la provincia de Concepción.

Figura 4 : Flujograma de la metodología



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Factores de vulnerabilidad por incendios forestales

4.1.1. Combustibilidad

La cobertura vegetal es uno de los factores principales en la ignición de incendios forestales, siendo su tipo y condición determinantes en la vulnerabilidad del área. Es esencial, considerar que ciertas coberturas vegetales tienen una mayor inflamabilidad que otras, incrementando el riesgo donde la vegetación es más seca y densa (14). En el presente estudio, se identificaron las siguientes clases de cobertura vegetal: Pajonal, Arbustivo, Pastos/hierbas, Árboles/Arbustos, Área urbana y No combustible.

En la Tabla 8, se presenta la clasificación de la vegetación y su nivel de combustibilidad, basado en el modelo desarrollado por el CENEPRED. Posteriormente, en la Tabla 9, se muestra la normalización de la cobertura vegetal de acuerdo a su nivel de combustibilidad, asignando el valor más alto (5) al pajonal, clasificado como "muy alto", y el valor más bajo (1) a las áreas urbanas y no combustibles. El mapa de combustibilidad se muestra en la Figura 5.

Tabla 8 : Tipo de combustible

Vegetación	Combustible
Bofedales	No combustible
Bosque Montaño Húmedo de Montañas y Planicies Aluviales	Árboles
Bosque Premontano Húmedo de Planicies	Árboles
Bosque con Matorral Montano Húmedo de Montañas y Planicies	Árboles
Centros Poblados	Área Urbana
Cultivos	Pastos/hierbas
Herbazal Erguido Altoandino Xérico de Colinas y Montañas	Pajonal
Herbazal Erguido Andino Húmedo de Planicies	Pajonal
Herbazal Erguido y Matorral Andino Húmedo de Colinas, Montañas y Planicie	Pajonal
Herbazal Rastrero Andino Húmedo de Colinas y Montañas	Pastos/hierbas
Herbazal Rastrero Andino Húmedo de Planicies	Pastos/hierbas
Lagunas	No Combustible
Matorral Montano Húmedo de Montañas y Planicies	Arbustos
Matorral Montano Sub Húmedo de Montañas y Colinas	Arbustos
Matorral Montano Sub Húmedo de Planicies	Arbustos
Nevados	No Combustible
Plantación Forestal	Árboles
Ríos	No Combustible
Suelos Desnudos	No Combustible

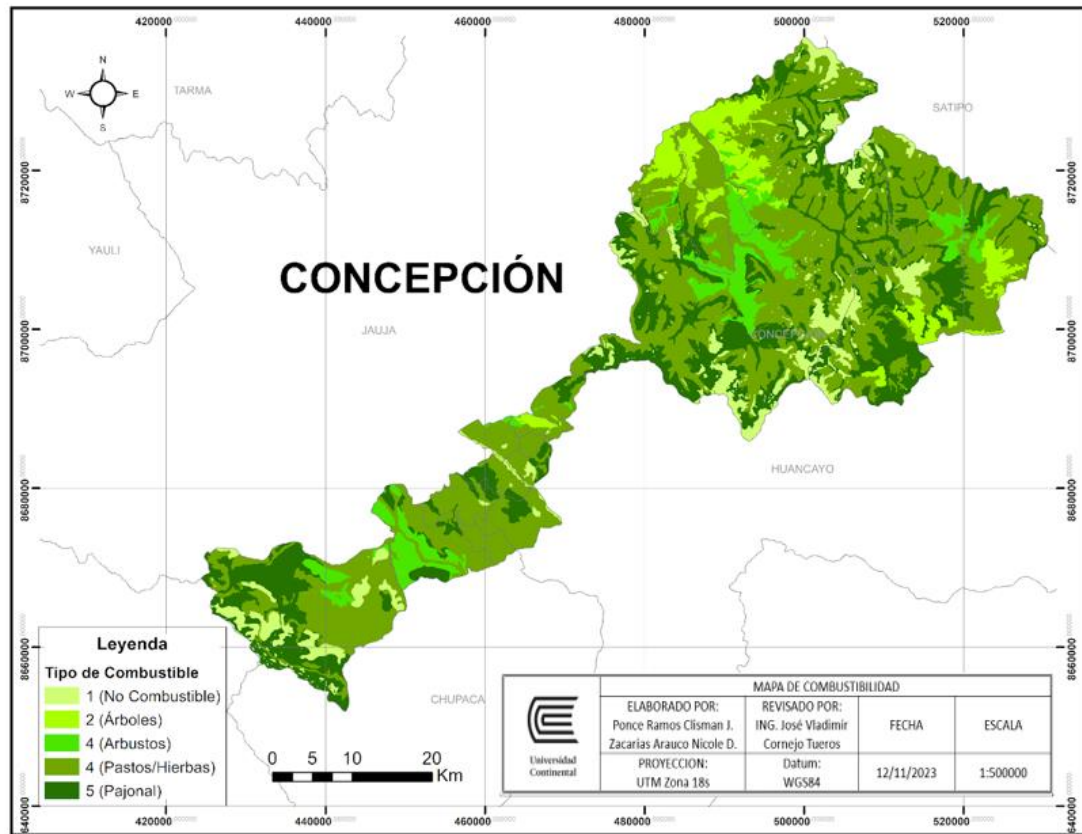
Fuente: CENEPRED (6).

Tabla 9 : Nivel de combustibilidad

Combustible	Nivel de Combustibilidad	Valoración
Pajonal	Muy Alto	5
Arbusto	Alto	4
Pastos/hierbas	Alto	4
Árboles/Arbustos	Medio	3
Árboles	Bajo	2
Área Urbana	Muy bajo/Nulo	1
No Combustible	Muy bajo/Nulo	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 : Mapa de Combustibilidad



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Clima

La ocurrencia, frecuencia y la intensidad de incendios forestales son principalmente debido al clima, directamente a través de las condiciones climáticas permitiendo la ignición y de manera indirecta la suficiente carga de combustible vegetal disponible para sostener el fuego. Además, son los factores climáticos y meteorológicos los que juegan un papel importante en cuanto al comportamiento del fuego (13). Para la investigación, se consideró la temperatura y la precipitación como parámetros principales con capacidad de modular los incendios forestales en la Provincia de Concepción, mismos que fueron usados para corroborar la clasificación climática del área de estudio. La tabla 7 muestra la clasificación climática de Charles Warren Thornthwaite (1931), la que se superpone al área de estudio. En la tabla 11, se muestra la clasificación y normalización del factor clima, que va desde muy bajo hasta muy alta, dónde el más bajo es el de la clase Glaciar, mientras que el más alto es el que cuenta con precipitación efectiva semi seco, abundante humedad en todas las estaciones en cuanto a la distribución de la precipitación durante el año y con temperatura eficiente templado.). El mapa de clasificación climática se muestra en la Figura 6.

Tabla 10 : Clasificación climática de Charles Warren Thornthwaite (1931)

Código de Clima	Precipitación efectiva	Distribución de la precipitación durante el año	Temperatura eficiente
A (r) D'	Muy Lluvioso	Abundante humedad en todas las estaciones	Semi Frígido
B (o,i) B'	Lluvioso	Con otoño e invierno seco	Templado
B (o,i) C'	Lluvioso	Con otoño e invierno seco	Frío
C (o,i) C'	Semiseco	Con otoño e invierno seco	Frío
C (r) B'	Semiseco	Abundante humedad en todas las estaciones	Templado
Glaciar	Glaciar	Hielo perpetuo	Glaciar

Fuente: CENEPRED (6)

La clasificación climática codificada como A (r) D', ocupa el 0.55% del área de estudio, se caracteriza por un clima muy lluvioso, semi frígido y húmedo durante todo el año, con temperaturas promedio de 13°C a 15°C y mínimas de 1°C a 5°C y precipitaciones anuales de 700 mm a 1200 mm. La clasificación climática codificada como C (o,i) C', ocupa el 5.81% del área de estudio, se caracteriza por un clima semiseco con otoño e invierno secos, mantiene temperaturas máximas de 15°C a 19°C y temperaturas mínimas de -1°C a -3°C y precipitaciones anuales entre 700 mm a 900 mm aproximadamente. La clasificación climática codificada como B (o,i) B' se caracteriza por un clima lluvioso con otoño e invierno secos, mantiene temperaturas máximas de 19°C a 23°C en áreas del norte y de 17°C a 21°C en áreas de sur; mientras que, las temperaturas mínimas varían entre los 3°C y 7°C y precipitaciones anuales entre 700 mm y 1500 mm aproximadamente, la clasificación climática codificada como B (o,i) C' se caracteriza por un clima lluvioso con otoño e invierno secos, mantiene temperaturas máximas de 9°C a 19°C y temperaturas mínimas de -3°C a 3°C y precipitaciones anuales entre 500 mm y 1200 mm aproximadamente, ambas codificaciones ocupan un 82.39% del área de estudio, es decir es la más representativa en la provincia de Concepción. La clasificación climática codificada como C (r) B', ocupa el 10.95% del área de estudio, se caracteriza por un clima semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, mantiene temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C y las precipitaciones anuales entre 700 mm a 2000 mm aproximadamente. Por último, se tiene la clasificación climática codificada

como Glaciar, ocupa el 0.30% del área de estudio, mantiene temperaturas máximas de 7°C a 11°C y temperaturas mínimas de -7°C a -1°C y precipitaciones anuales entre 900 a 1500 mm aproximadamente.

Tabla 11 : Nivel de Valoración Climática

Clima	Nivel de Combustibilidad	Valoración
C (r) B'	Muy Alto	5
C (o,i) C'	Alto	4
B (o,i) B',	Medio	3
B (o,i) C'	Medio	3
A (r) D'	Bajo	2
Glaciar	Muy bajo	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 6 : Mapa de clasificación climática



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Pendiente

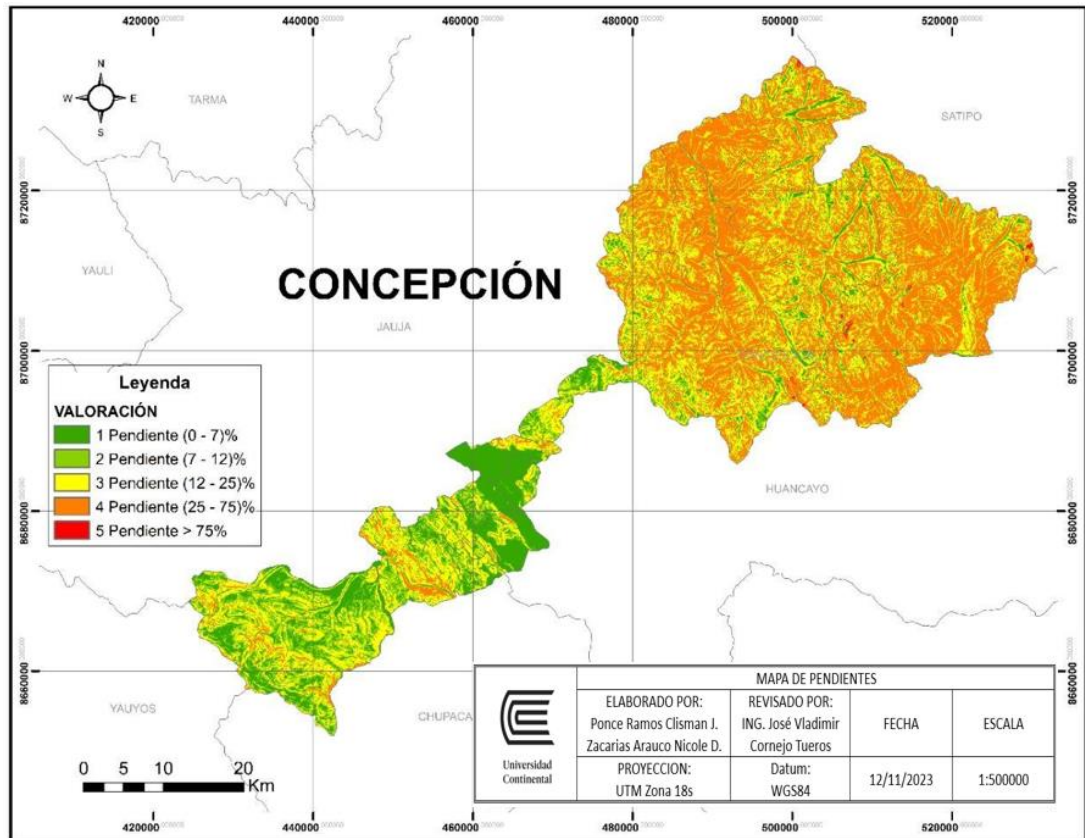
La pendiente es una medida de inclinación de la superficie terrestre, una mayor pendiente significa una mayor inclinación. La pendiente corresponde a los factores topográficos que afectan significativamente al comportamiento del fuego, ya que el fuego pendiente arriba se acerca más al combustible, el combustible se seca y se propaga más rápido que pendiente abajo o en superficies planas (14). Para la investigación, las pendientes se clasificaron en 5 clases y en porcentajes (0 – 7) %, (7 – 12) %, (12 – 25) %, (25 – 75) %, > 75%, las mismas que se recomienda utilizar el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su Protocolo para la Realización de Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, en la tabla 12 se muestra la normalización y clasificación desde muy alto a muy bajo. El mapa de pendientes se muestra en la Figura 7.

Tabla 12 : Nivel de Valoración de Pendiente media (%)

Pendiente media (%)	Categoría	Valoración
0 - 7 %	Muy Alto	1
7 - 12 %	Alto	2
12 - 25 %	Medio	3
25 - 75 %	Bajo	4
> 75%	Muy Bajo	5

Fuente: IDEAM (38).

Figura 7 : Mapa de pendientes.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Accesibilidad

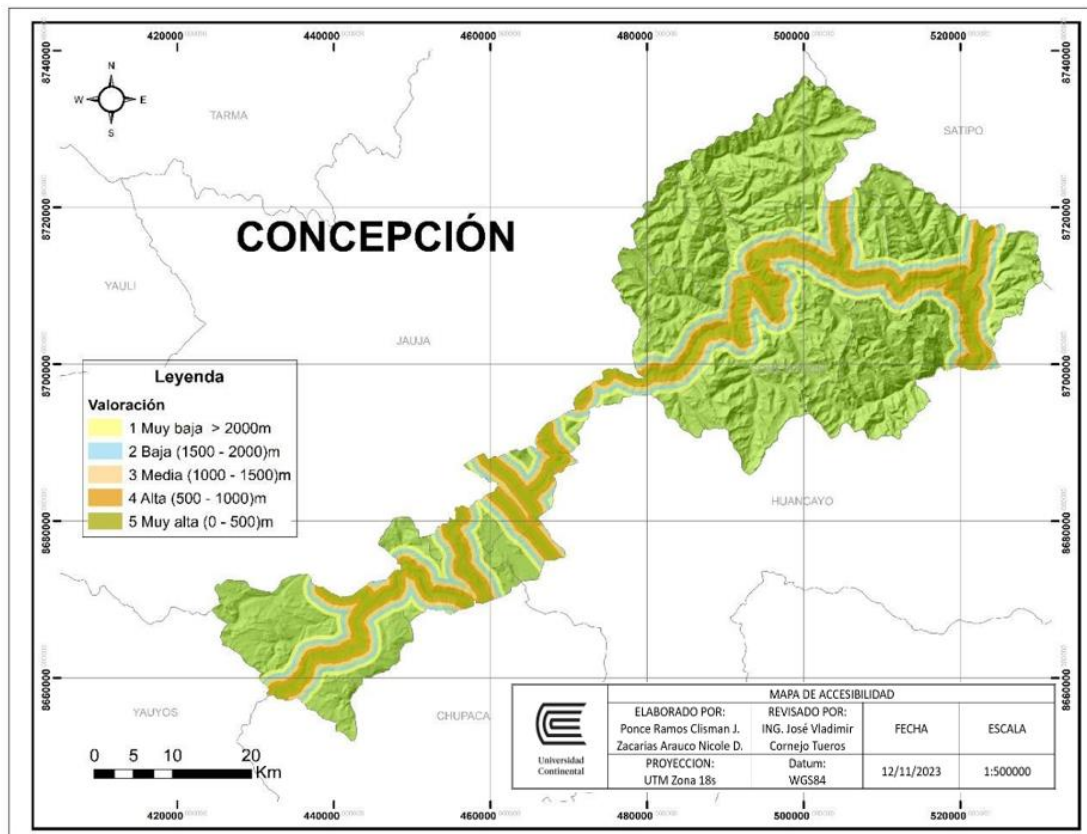
Las áreas boscosas que se encuentran más próximas a las vías o carreteras son las más vulnerables a los incendios forestales, siendo estos tomados en términos de accesibilidad (13). Para la investigación, la proximidad a las carreteras se calcula, normaliza y clasifica en 5 clases, la más vulnerable que va desde los 0 - 500, mientras que la más baja es mayor a los 2000 metros. En la tabla 13, se muestra la clasificación y normalización del riesgo a incendios forestales por este factor, las mismas que recomienda el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su Protocolo para la Realización de Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal. El estudio considera las vías nacionales y departamentales actualizadas al 2018 extraídas del Geoservidor del MTC. Además, el factor de accesibilidad es considerado dentro de factores humanos que pueden provocar incendios forestales en la Provincia de Concepción. El mapa de accesibilidad se muestra en la Figura 8.

Tabla 13 : Nivel de Valoración de Distancia a la Vía

Distancia a los centros poblados. (Grosor del buffer en m)	Categoría	Valoración
0 - 500	Muy Alto	5
500 - 1000	Alto	4
1000 - 1500	Medio	3
1500 - 2000	Bajo	2
> 2000	Muy Bajo	1

Fuente: IDEAM (38).

Figura 8 : Mapa de accesibilidad



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Proximidad a los centros poblados

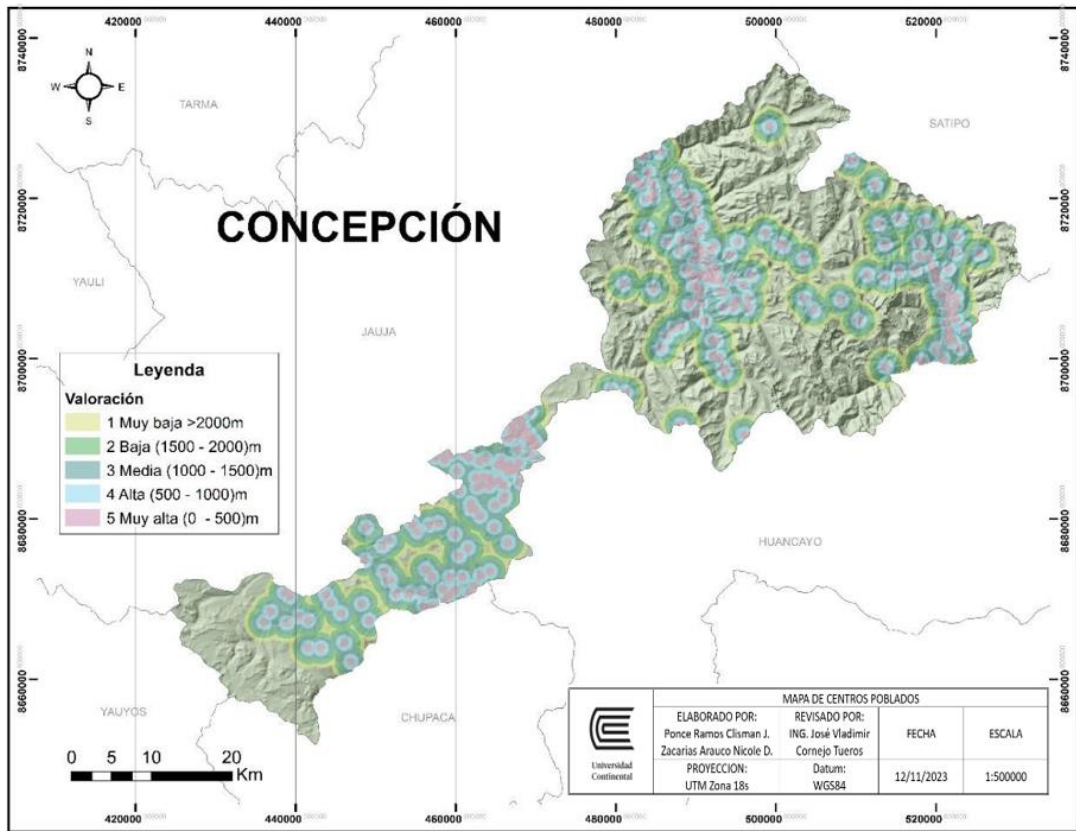
Las áreas boscosas que se encuentran más próximas a las vías o carreteras son las más vulnerables a los incendios forestales, siendo estos tomados en términos de accesibilidad. Para la investigación, la proximidad a los centros poblados se calcula, normaliza y clasifica en 5 clases, la más vulnerable que va desde los 0 - 500 metros, mientras que la más baja es mayor a los 2000 metros. En la tabla 14, se muestra la clasificación y normalización del riesgo a incendios forestales por este factor, las mismas que recomienda el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su Protocolo para la Realización de Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal. El estudio considera información vectorial sobre centros poblados en formato vectorial se encuentra en el Geoservidor del MINEDU. El mapa de proximidad a los centros poblados se muestra en la Figura 9.

Tabla 14 : Nivel de Valoración de Centros poblados

Distancia a los centros poblados. (Grosor del buffer en m)	Categoría	Valoración
0 - 500	Muy Alto	5
500 - 1000	Alto	4
1000 - 1500	Medio	3
1500 - 2000	Bajo	2
> 2000	Muy Bajo	1

Fuente: IDEAM (38).

Figura 9 : Mapa de proximidad a los centros poblados



Fuente: Elaboración propia.

4.2. Ponderación de los factores de riesgo a incendios forestales

Seguidamente del proceso de normalización de los factores, para la ponderación de los factores de riesgo a incendios forestales, se empleó una metodología basada en la revisión bibliográfica. Se utilizó la información disponible en literatura especializada para determinar la importancia relativa de cada factor de vulnerabilidad. Esta metodología asigna un peso específico a cada criterio, reconociendo que no todos los factores tienen el mismo impacto en la vulnerabilidad forestal por incendio. Además, se tomó como ejemplo el proceso de ponderación en los métodos utilizados en los Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal del IDEAM y en el Escenario de Riesgo por Incendios Forestales en Junín del CENEPRED, mismos que ayudaron a determinar una mejor determinación de la ponderación.

La evaluación se realizó siguiendo la escala de razón propuesta por Saaty, que permite asignar valores numéricos a la preferencia, importancia o probabilidad de los factores, como se describe en la Tabla 1 del punto 2.10, la comparación de pares se muestra en la tabla 15.

Tabla 15 :Matriz de comparación par a par

	A	B	C	D	E
A	1	1	2	4	4
B	1	1	2	4	4
C	1/2	1/2	1	3	3
D	1/4	1/4	1/3	1	1
E	1/4	1/4	1/3	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Del proceso de AHP se calcularon las siguientes ponderaciones:

- A (Combustibilidad): 0.31%
- B (Clima): 0.31%
- C (Pendiente): 0.18%
- D (Accesibilidad): 0.10%
- E (Centros Poblados): 0.10%

4.3. Modelado de las zonas de riesgo a incendios forestales

El riesgo de incendio forestal es la probabilidad de ignición como riesgo de propagación en una determinada área, en donde interfieren diversos factores (15). En la presente investigación se utilizaron parámetros de cobertura vegetal en términos de combustibilidad, pendiente, accesibilidad o proximidad a las vías nacionales y departamentales, clasificación climática y la proximidad a los centros poblados. Los factores o parámetros fueron valorados en una escala común del uno al cinco, y los pesos(ponderación) de los factores fueron obtenidos a través del método de análisis jerárquico, para luego aplicar la metodología de combinación lineal ponderada, la cual integra y superpone los 5 mapas utilizando el software ArcGIS 10.8, las valoraciones y calificaciones de riesgo según cada factor se muestra en la tabla 8.

Del análisis jerárquico los factores con la mayor ponderación fueron el de clima y combustibilidad con porcentaje de 25% respectivamente, siendo estos dos factores los que más influyen en cuanto al riesgo a incendios forestales, luego le precede el factor de la pendiente y esto debido a las características topográficas de la zona. Finalmente, los factores que presentan un menor peso son la accesibilidad o proximidad a las carreteras y centros poblados de la provincia de Concepción, como se muestra en la tabla 16.

La Ecuación 1, ecuación general de zonas de riesgo a incendios forestales se establece de la siguiente manera:

$$\text{Vulnerabilidad} = 0.31A + 0.31B + 0.18C + 0.10D + 0.10E$$

Donde:

A = Combustibilidad

B = Clima

C = Pendiente

D = Accesibilidad

E = Centros poblados

La aplicación de la metodología permitió obtener el mapa de zonas de riesgo a incendios forestales en la provincia de Concepción, modelo que permite ubicar geoespacialmente el grado de vulnerabilidad por incendios forestales, en 5 clases desde muy baja hasta muy alta. El grado de vulnerabilidad por incendios forestales y la superficie de ellas se muestran en la Tabla 17 y la Figura 10.

Tabla 16 :Calificación, valoración y peso de los factores de riesgo

Parámetros	Clase	Área (ha)	Calificación	Valoración	Peso
Combustibilidad	Pajonal	57165.05	Muy Alto	5	31%
	Arbusto	117932.12	Alto	4	
	Pastos/hierbas		Alto		
	Árboles/Arbustos	16785.99	Medio	3	
	Árboles	13946.06	Bajo	2	
	Área Urbana	18711.48	Muy bajo/Nulo	1	
	No combustible		Muy bajo/Nulo		
Clima	C (r) B'	24584.00	Muy Alto	5	31%
	C (o,i) C'	13055.03	Alto	4	
	B (o,i) B',	185042.35	Medio	3	
	B (o,i) C'				
	A (r) D'	1232.52	Bajo	2	
	Glaciar	682.62	Muy bajo	1	
Pendiente	0 - 7 %	30340.71	Muy Bajo	1	18%
	7 - 12 %	28099.69	Bajo	2	
	12 - 25 %	71425.71	Medio	3	

	25 - 75 %	93265.55	Alto	4	
	> 75%	274.67	Muy Alto	5	
Accesibilidad	0 - 500 m	23318.06	Muy Alto	5	10%
	500 - 1000 m	21633.73	Alto	4	
	1000 - 1500 m	20716.60	Medio	3	
	1500 - 2000 m	19988.31	Bajo	2	
	> 2000 m	19680.78	Muy Bajo	1	
Centro Poblados	0 - 500 m	17319.49	Muy Alto	5	10%
	500 - 1000 m	34638.91	Alto	4	
	1000 - 1500 m	34936.48	Medio	3	
	1500 - 2000 m	31401.47	Bajo	2	
	> 2000 m	28063.34	Muy Bajo	1	

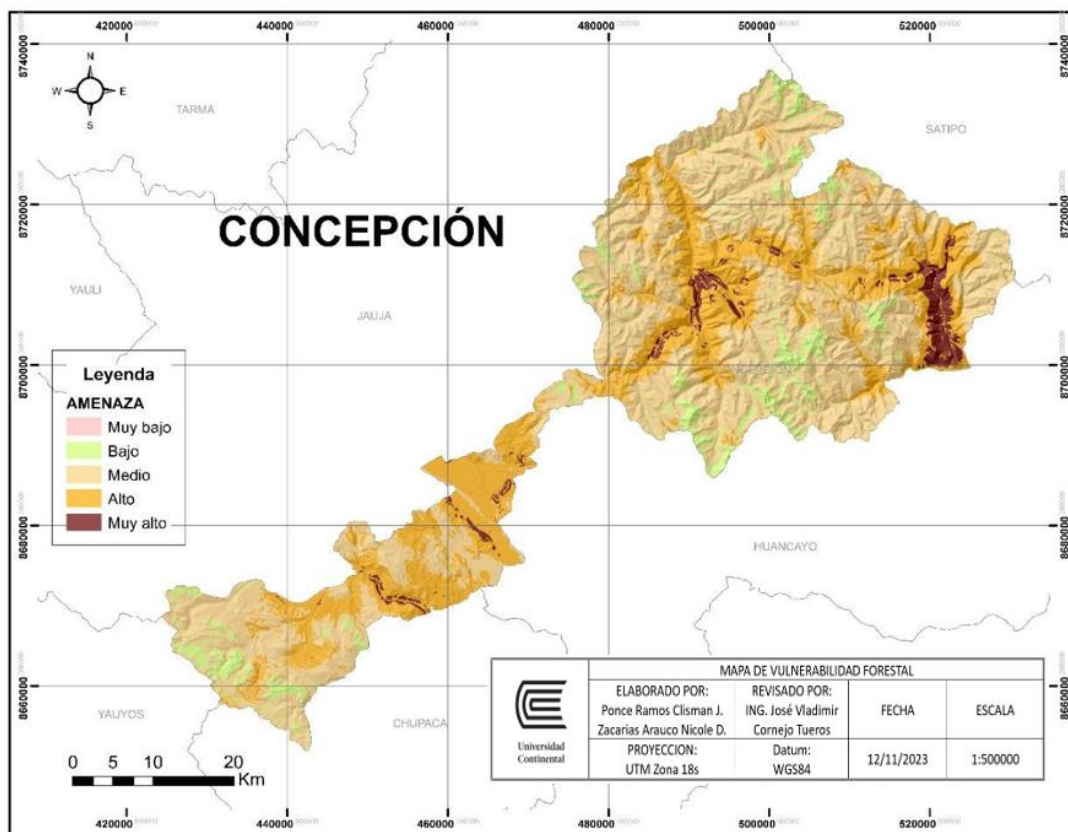
Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 :Grado de riesgo final

Grado de riesgo	Superficie (ha)	Porcentaje
Muy baja	138.30	0.06%
Baja	19085.33	8.50%
Media	121762.64	54.21%
Alta	75063.53	33.42%
Muy Alta	8545.87	3.81%
Total	224595.67	100%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 : Mapa de zonas de riesgo a incendios forestales



Fuente: Elaboración propia.

El nivel de vulnerabilidad forestal "Muy alto" abarca un área de 8,545.87 ha, lo que representa el 3.81% del territorio de la provincia de Concepción. Los distritos con mayor extensión en esta categoría son Andamarca, Chambará y Comas, coincidiendo con los registros de cicatrices forestales proporcionados por el SERFOR, que identifica estos distritos como los más afectados por incendios forestales en términos de superficie dañada.

El nivel de vulnerabilidad forestal "Alto" cubre 75,063.53 ha, representando el 33.42% del territorio, siendo el segundo más extenso. Esta zona es mayormente dominada por vegetación de pastos, hierbas y arbustos, que presentan un alto grado de combustibilidad, lo que aumenta el riesgo de incendios.

El nivel de vulnerabilidad "Medio" comprende 121,762.64 ha, equivalente al 54.21% del territorio, siendo el más representativo de la provincia. Este alto porcentaje está asociado a la clasificación climática B (o,i) B' y B (o,i) C', que corresponde a un clima lluvioso con estaciones secas en otoño e invierno, lo que influye en la susceptibilidad al fuego.

El nivel de vulnerabilidad "Bajo" cubre 19,085.33 ha, es decir, el 8.50% del territorio de la provincia. Esta área se caracteriza por una vegetación de menor combustibilidad y un clima más húmedo, lo que reduce el riesgo de incendios forestales.

Finalmente, el nivel de vulnerabilidad "Muy bajo" abarca apenas 138.30 ha, representando el 0.06% del territorio. Esta categoría es la menos representativa, debido a la escasez de centros poblados y a condiciones que limitan la propagación de incendios en la zona.

CONCLUSIONES

1. Se ha determinado el nivel de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción, siendo el nivel "Medio" el más representativo, cubriendo la mayor parte del territorio en el año 2023. Esto resalta la importancia de abordar medidas de mitigación en la zona para prevenir futuros incendios.
2. Se identificaron los factores que contribuyen a la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción, los cuales incluyen la proximidad a centros poblados, la cobertura vegetal (combustibilidad), las condiciones climáticas, la pendiente del terreno y la accesibilidad a las zonas forestales. Cada uno de estos factores desempeña un papel crucial en la susceptibilidad de la región a los incendios.
3. A través de un análisis exhaustivo, se han establecido las ponderaciones relativas de los factores de vulnerabilidad. Se concluye que los factores climáticos y de combustibilidad son los más determinantes en la vulnerabilidad, seguidos por la proximidad a centros poblados, mientras que la pendiente del terreno y la accesibilidad tienen un impacto menor, pero aún relevante.
4. Finalmente, se generó un mapa temático que visualiza las áreas con mayor vulnerabilidad dentro de la provincia de Concepción. Este mapa destaca zonas con alta vulnerabilidad, información esencial para la planificación de estrategias preventivas y de mitigación frente a incendios forestales, con un enfoque prioritario en las áreas más críticas.

RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable realizar estudios complementarios que analicen específicamente el peligro de incendios forestales. Esto permitirá una evaluación más precisa del riesgo en la provincia de Concepción, al integrar tanto la vulnerabilidad como la probabilidad de ocurrencia de incendios.
2. Para obtener una comprensión más completa de las zonas vulnerables a incendios forestales, se recomienda efectuar evaluaciones similares en todo el Valle del Mantaro. Esto ayudará a identificar patrones regionales y a implementar estrategias de mitigación más efectivas.
3. Dado el éxito del modelo empleado en este estudio, se sugiere replicarlo en otras provincias o departamentos con características geográficas y ambientales similares, particularmente en zonas de la sierra peruana con altitud y relieve comparables. Esta medida contribuirá a la conservación de los recursos forestales y a la reducción del riesgo en varias regiones.
4. Se propone integrar el modelo de vulnerabilidad en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Esto facilitará la automatización del análisis y la actualización constante de los datos, mejorando la toma de decisiones informadas y la gestión proactiva de incendios forestales.
5. Para garantizar la exactitud y relevancia de los datos empleados en el análisis, es esencial validar la información satelital mediante estudios de campo. Esta verificación in situ permitirá ajustar y perfeccionar los modelos predictivos, asegurando que representen fielmente las condiciones reales del terreno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **A., RODRÍGUEZ- TREJO. Dante.** Génesis de los Incendios Forestales. [En línea] 03 de Setiembre de 2012. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62926234008>.
2. **SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE.** *Plan de Prevencion y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales.* Perú : s.n., 2018.
3. **WORLD WILDLIFE FUND.** Devastadores incendios forestales en Australia. [En línea] World Wildlife Fund, 1986. [Citado el: 8 de Octubre de 2022.] <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/devastadores-incendios-forestales-en-australia>.
4. **VANGUARDIA, LA.** Los incendios en España carbonizan miles de hectáreas: Datos, estadísticas y cifras. [En línea] La Vanguardia. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.lavanguardia.com/natural/cambio-climatico/20240906/9912737/migrantes-climaticos-63-comunidades-panama-trasladadas-aumento-nivel-mar.html>.
5. **ESTRADA, Magali - SALCEDO José Víctor- ALFARO Yoselin- DÍAZ David.** Ojo Publico. [En línea] 09 de Noviembre de 2021. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://ojo-publico.com/edicion-regional/los-incendios-forestales-asfixian-la-amazonia-del-peru>.
6. **CENEPRED.** *Escenario de Riesgo por Incendios Forestales de la Region Junín.* Junin : Cenepred, 2021.
7. **SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE-SERFOR.** *Cuenta de Bosques del Perú.* Lima-Perú : s.n., 2021.
8. **Bedriñana, MASAO NAKADA.** *Modelo Digital de Vulnerabilidad por Incendios.* Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú : 2022.
9. **GOBIERNO REGIONAL MADRE DE DIOS.** *Plan de Prevención Reducción de Riesgos de Desastres Frente a Incendios Forestales al 2025.* Madre de Dios : s.n., 2020.
10. **SPDA ACTUALIDAD AMBIENTAL.** Actualidad Ambiental. [En línea] SPDA, 25 de Agosto de 2023. <https://www.actualidadambiental.pe/incendios-forestales-principales-causas-y-el-impacto-sobre-nuestra-biodiversidad/>.
11. **HERNANDES OROZCO, Maria- MIRELES LEZAMA Patricia-VALDEZ PÉREZ María-PEÑA MANJAREZ Vicente.** Revista Geografica de América Latina. [En línea] Geographical Journal of Central America, 2011. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2765>.
12. **Antonio, SAAVEDRA SAMAMÉ Jose.** Los incendios forestales y su repercusión en el ecosistema peruano. [En línea] LATAM, 2023. [Citado el: 01 de Enero de 2024.] <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/610>.
13. **Michael, PEÑA TAPIA Guillermo.** *Evaluación del Impacto de los Incendios Forestales por medio de Imágenes Satelitales SENTINEL.* Universidad de Chile, Santiago-Chile : 2019.
14. **VARGAS SANABRIA, Daniela- CAMPOS VARGAS Carlos.** *Modelo de vulnerabilidad ante incendios forestales para el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.* Universidad Estatal a Distancia, San José, 474-2050, Costa Rica, Costa Rica : 2018.

15. **LAU GUERRA, Julio Francisco.** *Utilización del Índice Meteorológico de Incendios Forestales en el Departamento de Cusco.* Universidad Nacional La Agraria La Molina, Lima, Perú : 2017.
16. **MALPARTIDA MAURICIO, Roger Cesar.** *Riesgo a Incendios Forestales en la Provincia de Satipo- Junin.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo- Perú : 2016.
17. **MOSCOSO JARA, Sheila Madeleine.** *Plan de gestión de riesgos para incendios forestales mediante el Sistema de Información Geográfica en Chongos Alto, Junín 2023.* Universidad César Vallejo, Lima Este-Perú : 2023.
18. **NACIONAL-COEN, CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA.** *Resumen Focos de Calor Y Alertas de Incendios Forestales a Nivel Nacional del 13-11-2020.* Lima-Perú : s.n., 2020.
19. **SENAMHI.** Tiempo / Pronóstico meteorológico. [En línea] [Citado el: 06 de Setiembre de 2024.] <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-lima>.
20. **MINAM.** Geo Servidor Ministerio del Ambiente. [En línea] [Citado el: 06 de Setiembre de 2024.] <https://geoservidor.minam.gob.pe/>.
21. **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CONCEPCIÓN.** *Plan de Desarrollo Local Concertado de la Provincia de Concepción 2023, con metas al 2021.* Concepción, Junin, Perú : s.n., 2023.
22. **COMISIÓN NACIONAL FORESTAL.** *Incendios Forestales Guia Practica Para Comunicadores.* Col. San Juan de Ocotán : s.n., 2010.
23. **J., PEÑA M.A. - ULLOA.** Universitat Politecnica de Valencia. [En línea] 2017. <https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/7931>.
24. **JUSTE, Irene.** Ecologia Verde. [En línea] 2020. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.ecologiaverde.com/consecuencias-de-los-incendios-forestales-234.html>.
25. **GOBIERNO DE NAVARRA.** Meteorología y climatología de Navarra. [En línea] Navarra. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm>.
26. **NACIONES UNIDAS.** ¿Qué es el cambio climático? [En línea] [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>.
27. **GOBIERNO DE MEXICO.** Vulnerabilidad al cambio climático. [En línea] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático , 13 de Noviembre de 2016. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>.
28. **SIG.** Sistemas de información geográfica en el manejo de peligros naturales. [En línea] 2020. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch10.htm>.
29. **PRIETO, Gonzalo.** GEOGRAFÍA INFINITA. [En línea] La historia de la cartografía mundial a través de los mapas, 19 de Setiembre de 2016. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.geografiainfinita.com/2016/09/la-evolucion-de-la-cartografia-a-traves-de-15-mapas/>.

30. **BERNABAD GARCÍA, Irene-CARDENAS ROMERO. Lucia- CORA TORRECILLAS Nicolas.** *Normalización de datos Normalización de datos geoespaciales de fuentes y manantiales inventariados en el Nomenclátor Geográfico de Andalucía (España).* Instituto de Estadística y Cartografía , Andalucía, España : 2021.
31. **OSORIO GÓMEZ, Juan Carlos- OREJUELA CABRERA, Juan Pablo.** *El Proceso de Analisis Jerarquico (AHP) y la toma de Decisiones Multicriterio.* Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia : 2008.
32. **NAVARRA Meteo.** Navarra. [En línea] Elementos y factores del clima. Tipos de climas. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.]
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xKvHS13nfwEJ:meteo.navarra.es/definiciones/elementos%20Factores.cfm%20&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>.
33. **AEROTERRA.** Esri Oficial distribuidor. [En línea] ¿Qué es GIS? [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/introduccion>.
34. **ARISTASUR.** Sistema de Coordenadas Geográficas: UTM. [En línea] 20 de Febrero de 2014. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-utm>.
35. **GABRI.** ArcGeek. [En línea] Sistema Geodésico Mundial (WGS84), 19 de Junio de 2018. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] https://acolita.com/sistema-geodesico-mundial-wgs84/#google_vignette.
36. **CONSULTING, GEOSOLUTIONS.** Conceptos Básicos sobre Imágenes Satelitales – Fotogrametría. [En línea] [Citado el: 08 de Octubre de 2022.]
<https://geosolutionsconsulting.com/conceptos-basicos-de-las-imagenes-satelitales/>.
37. **PAREDES, Alfredo.** México Forbes. [En línea] 01 de Noviembre de 2021. [Citado el: 08 de Octubre de 2022.] <https://www.forbes.com.mx/red-forbes-responsabilidad-antropogenica-hora-critica/#:~:text=Se%20denominan%20factores%20antropog%C3%A9nicos%20a,o%20negativa%20en%20nuestro%20entorno.>
38. **IDEAM.** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [En línea] [Citado el: 2024 de Setiembre de 2024.] <https://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción? • ¿Cuáles son las ponderaciones de los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción? • ¿Cuáles son las zonas que presentan mayor vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción? 	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar cuáles son los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción. • Determinar cuáles son las ponderaciones de los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción. • Determinar las zonas que presentan mayor vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción. 	<p>Hipótesis general:</p> <p>La vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción es alta</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción son de clima, pendiente, combustibilidad y accesibilidad. • Las ponderaciones de los factores de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción son mayores con los 	<p>Vulnerabilidad a incendios forestales.</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptiva, explicativa</p> <p>Diseño de la investigación:</p> <p>Recopilar y analizar datos de distintas fuentes</p> <p>Población y muestra:</p> <p>La población para la presente investigación comprende al registro de ocurrencia de</p>

		<p>factores de clima y combustibilidad.</p> <ul style="list-style-type: none">• Existen zonas que presentan mayor vulnerabilidad a incendios forestales en la provincia de Concepción.	<p>incendios forestales en el valle del Mantaro una periodicidad no menor de 10 años.</p> <p>La muestra corresponde a la ocurrencia de incendios en la provincia de Concepción con una periodicidad no menor de 10 años.</p> <p>Técnicas de recolección de datos:</p> <p>Análisis documental</p> <p>Instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Ficha de registro de datos- datos proporcionados por diferentes entidades del Perú.</p>
--	--	--	--

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

1	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Variable	La vulnerabilidad es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno o situación amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. Los incendios forestales ocurren en casi todos los tipos de ecosistemas; sin embargo, la vulnerabilidad guarda relación en gran medida con factores climatológicos como la precipitación y la temperatura. (10)	La variable será analizada mediante imágenes satelitales, realizando una comparación de índice de las áreas ocupadas por vegetación forestal en consideraciones de escenarios que involucren diversos factores (accesibilidad, combustibilidad, distancia de los centros poblados y pendiente) y finalmente modelado en el ArcGIS.	Accesibilidad	Distancia a vías de acceso.	Imágenes satelitales, GPS
			Combustibilidad	Índice de Material Combustible	Análisis de imágenes satelitales
				Tipo y densidad de vegetación	Imágenes satelitales, inventario forestal
			Proximidad a centros poblados	Distancia a centros poblados	Imágenes satelitales, GIS
			Pendiente	Inclinación del terreno Orientación de la pendiente	Modelos Digitales de Elevación (DEM)
			Climatología	Tipo de clima	Imágenes satelitales, clasificación climática

Anexo 3: Registro de cicatrices forestales



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"
"Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú"

Magdalena Del Mar, 21 de Noviembre del 2022

CARTA N° D000081-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-SIERRA CENTRAL

Señor :

NICOLEE DAYANA ZACARIAS ARAUCO
Av. Mariscal Cáceres N° 1073, Concepción
Presente.-

ASUNTO : REMITO INFORMACIÓN SOLICITADA.

REFERENCIA: SOLICITUD S/N DE FECHA 11/112022

Es grato dirigirme a usted a nombre de la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre - Sierra Central, asimismo en atención al documento de la referencia, remito adjunto al presente la información solicita sobre el Registro de Incendios Forestales en la Provincia de Concepción; para fines que estime por conveniente.

Sin otro asunto en particular, me despido.

Atentamente,



Documento Firmado Digitalmente
Ing. Victor Alfredo Villa Mariño
Administrador Técnico (e)
Administración Técnica Forestal y de
Fauna Silvestre Sierra Central
SERFOR

Adjunto: (02 folios)
VAVM/lamv
C.C. Archivo


Exp. N°: 2022-0047517

Jirón Los Libertadores S/n (Referencia esquina
con Avenida Ricardo Palma)
Concepción-Junín
T. (064) 404386 - atffssierrac01@serfor.gob.pe
www.gob.pe/serfor
www.gob.pe/midagri

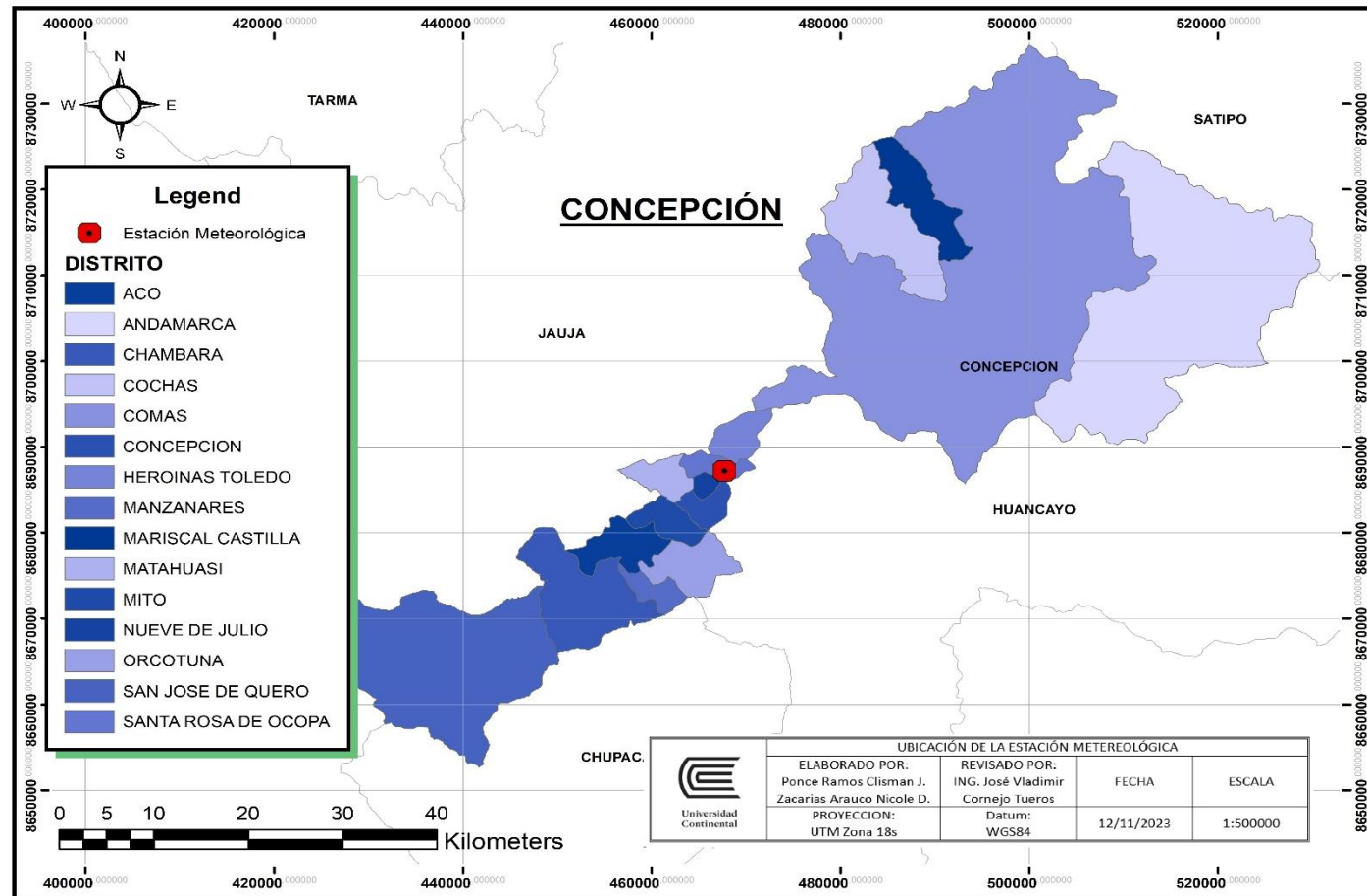


Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 8TKVZTF

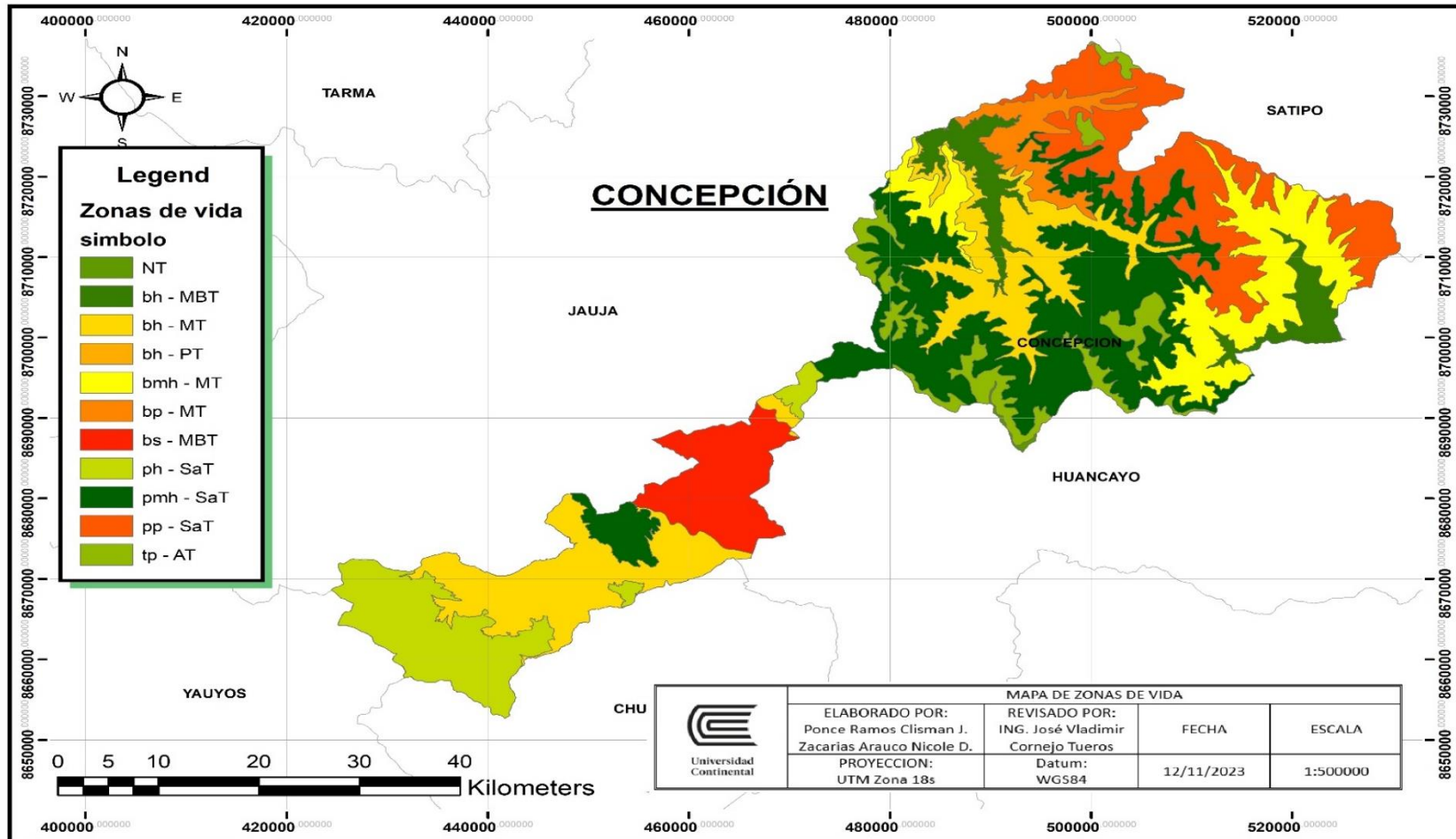
Superficie de cicatrices por incendios forestales según distritos en la provincia de Concepción en los 5 últimos años													
Provincia	Superficie en hectáreas según provincia/año						Distrito	Superficie en hectáreas según distrito/año					Total 2017 - 2021
	2017	2018	2019	2020	2021	Total 2017 - 2021		2017	2018	2019	2020	2021	
CONCEPCION	1049.30	375.93	3314.24	4508.03	1729.51	10977.01	ACO		2.56	70.71	194.60		267.87
							ANDAMARCA	343.23	137.00	754.07	721.92	451.77	2407.99
							CHAMBARA	107.00	174.61	317.21	1620.91	175.29	2395.02
							COCHAS			75.76	68.20	26.66	170.62
							COMAS	501.10	5.22	1338.15	951.28	901.28	3697.03
							MARISCAL CASTILLA	48.20	44.52	182.59	88.45	86.44	450.20
							MATAHUASI				18.88		18.88
							MITO				50.23		50.23
							ORCOTUNA				44.92		44.92
							SAN JOSE DE QUERO	49.77		575.75	668.37	88.06	1381.96
							SANTA ROSA DE OCOPA		12.02		80.26		92.28


 Firmado digitalmente por QUISPE NAVARRO Christian Max FAU
 20562836927 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 21.11.2022 15:48:10 -05:00

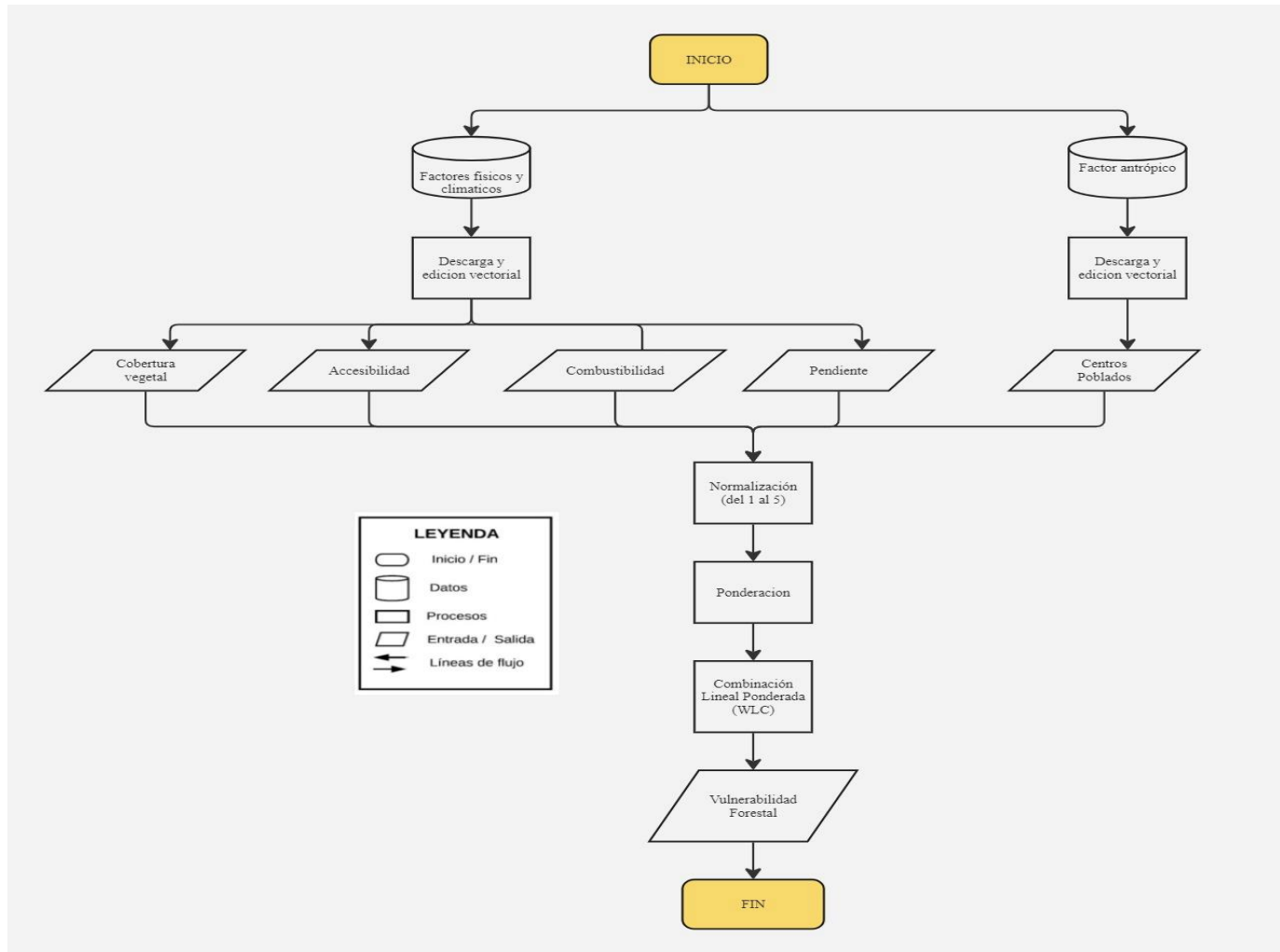
Anexo 4: Ubicación de estación metereológica.



Anexo 5: Mapa de zonas de vida



Anexo 6: Diagrama de procesamiento de los datos



Anexo 7: Diagrama de clasificación.

