

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES EN EL DISTRITO DE CONCHÁN, 2024

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

AUTOR

Denis Emanuel Sempértegui Rafael

ASESORA

Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito


Ing. Yuli Anabel Chávez Juanito
Docente EPIFA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

CHOTA – PERÚ

2025



C.O. N° 005-2026-EPIFA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito, en calidad de asesora, hago constar que la Tesis de investigación Titulada: **“Evaluación del nivel de riesgo por incendios forestales en el distrito de Conchán, 2024”**; ejecutada por el **Bachiller: Denis Emanuel Sempértegui Rafael** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, asesorado por la Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito; presenta un **INDICE DE SIMILITUD DEL 17%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante **RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°770-2025- UNACH.**

Se expide la presente a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 06 de julio del 2026.

Atentamente,

.....
Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito

DENIS EMANUEL SEMPERTEGUI RAFAEL

Tesis

-  Proyectos y tesis
-  Tesis 2026
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega**trn:oid:::1:3606025359****Fecha de entrega****4 jul 2026, 7:37 a.m. GMT-5****Fecha de descarga****4 jul 2026, 7:46 a.m. GMT-5****Nombre del archivo****SEMPERTEGUI_RAFAEL_DE.pdf****Tamaño del archivo****7.2 MB****140 páginas****29.767 palabras****172.645 caracteres**

Ing. Yuli Anabel Chávez Juanito
Asesor

17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 7% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	2%
2	Internet	repositorio.unach.edu.pe	1%
3	Internet	sigrid.cenepred.gob.pe	1%
4	Internet	cenepred.gob.pe	<1%
5	Internet	www.coursehero.com	<1%
6	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
8	Internet	cdn.www.gob.pe	<1%
9	Internet	ridum.umanizales.edu.co	<1%
10	Internet	1library.co	<1%
11	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%

12	Trabajos del estudiante	Organismo de Evaluación y Fiscalización	<1%
13	Internet	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
14	Internet	dspace.unl.edu.ec	<1%
15	Internet	repositorio.uchile.cl	<1%
16	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
17	Internet	purl.org	<1%
18	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	<1%
19	Publicación	CONSULTORES Y CONSTRUCTORES SISA S.A.C.. "PAD para las Redes Eléctricas de ...	<1%
20	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
21	Publicación	Flores Flores, Luz Marina. "Análisis multivariable de vulnerabilidad ante bajas te...	<1%
22	Internet	www.pj.gob.pe	<1%
23	Publicación	"Susceptibilidad de incendios forestales en el cantón Quito, Ecuador, y su relació...	<1%
24	Internet	www.researchgate.net	<1%
25	Internet	fddocuments.mx	<1%

26	Internet	kupdf.net	<1%
27	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
28	Internet	flacso.repositorioinstitucional.mx	<1%
29	Internet	repository.udca.edu.co	<1%
30	Internet	repositorio.utn.edu.ec	<1%
31	Internet	repositorio.unicach.mx	<1%
32	Internet	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
33	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
34	Internet	repositorioinstitucional.uabc.mx	<1%
35	Trabajos del estudiante	uaq	<1%
36	Trabajos del estudiante	UC - Presencial	<1%
37	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
38	Internet	repository.udistrital.edu.co	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad de Cundinamarca	<1%

40	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%
41	Internet	fdocuments.es	<1%
42	Trabajos del estudiante	UC - Semipresencial / A distancia	<1%
43	Internet	eprints.uanl.mx	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Autonoma de Chile	<1%
45	Internet	apirepositorio.unu.edu.pe	<1%
46	Internet	es.slideshare.net	<1%
47	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	<1%
48	Internet	tesis.pucp.edu.pe	<1%
49	Internet	laccei.org	<1%
50	Internet	nanopdf.com	<1%
51	Internet	repositorio.esge.edu.pe:8080	<1%
52	Internet	riunet.upv.es	<1%
53	Publicación	Galiano Fuentes, Andres Jesus. "Calidad en los Colegios del Sector Educacion Inici...	<1%

54	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica de Chile	<1%
55	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%
56	Internet	revistas.unal.edu.co	<1%
57	Internet	revistas.utb.edu.ec	<1%
58	Internet	www.slideshare.net	<1%
59	Publicación	"Paisajes Cortafuegos. Aproximación a la definición de componentes para el dise...	<1%
60	Internet	repositorio.caen.edu.pe	<1%
61	Publicación	HYGEOMIN PERU S.A.C.. "PAD de la Línea de Transmisión 138 kV L-1115, S.E.T. Truj...	<1%
62	Publicación	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "Tercera MEIA-SD del Proyecto de Exploraci...	<1%
63	Publicación	Najar Mendoza, William Lucio Rodriguez, Arturo Rafael Chayña. "Aplicación de s...	<1%
64	Publicación	SRK CONSULTING (PERU) S.A.. "DIA del Proyecto Planta de Pirólisis para la Revalor...	<1%
65	Trabajos del estudiante	Universidad Estatal de Milagro	<1%
66	Internet	climatechange-regatta.org	<1%
67	Internet	repositorio.ucm.edu.co	<1%

68	Internet	repository.unipiloto.edu.co	<1%
69	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
70	Internet	www.inei.gob.pe	<1%
71	Internet	www.seal.com.pe	<1%
72	Internet	documents.mx	<1%
73	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
74	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	<1%
75	Internet	catalogue.unccd.int	<1%
76	Trabajos del estudiante	Centro de Formación Técnica CENCO S.A.	<1%
77	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
78	Trabajos del estudiante	Universidad Científica del Sur	<1%
79	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD	<1%
80	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1%
81	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	<1%

82	Trabajos del estudiante	Universidad Privada de Tacna	<1%
83	Internet	api-repositorio.unapiquitos.edu.pe	<1%
84	Internet	co.boell.org	<1%
85	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
86	Internet	www.clubensayos.com	<1%
87	Trabajos del estudiante	D.A. de Medicina Humana	<1%
88	Trabajos del estudiante	Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López	<1%
89	Trabajos del estudiante	Infile	<1%
90	Publicación	Mauricio Alejandro Perea Ardila, Julian Leal Villamil, Swanni Tatiana Alvarado. "A...	<1%
91	Publicación	OIKOS CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C.. "DAA de la Planta Industrial de Fabricaci...	<1%
92	Trabajos del estudiante	Universidad Rafael Landívar	<1%
93	Trabajos del estudiante	Universidad Santo Tomas	<1%
94	Internet	digibuo.uniovi.es	<1%
95	Internet	eprints.ucm.es	<1%

96	Internet	qdoc.tips	<1%
97	Internet	www.geresaloreto.gob.pe	<1%
98	Publicación	INSIDEO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - INSIDEO S.A.C.. "Modificación del Plan ...	<1%
99	Internet	es.unionpedia.org	<1%
100	Internet	flacso.edu.gt	<1%
101	Internet	hera.ugr.es	<1%
102	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	<1%
103	Internet	revista.aulainfantil.com	<1%
104	Internet	www.coahuila.gob.mx	<1%
105	Internet	colaboracion.dnp.gov.co	<1%
106	Internet	perfilesycapacidades.javeriana.edu.co	<1%
107	Internet	portaldeturismo.pe	<1%
108	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%
109	Internet	repositorio.unan.edu.ni	<1%

110	Internet	repositorio.unas.edu.pe	<1%
111	Internet	ri.uaemex.mx	<1%
112	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
113	Internet	wiki2.org	<1%
114	Internet	ww5.rcampus.com	<1%
115	Internet	www.ecorfan.org	<1%
116	Internet	www.polibotanica.mx	<1%
117	Internet	www.readbag.com	<1%
118	Internet	www.repositorioacademico.usmp.edu.pe	<1%
119	Publicación	Danilo Brito Novais, Patrícia Carneiro Souto, Jacob Silva Souto, José Augusto Da Si...	<1%
120	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Educación a Distancia	<1%
121	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Plan de Cierre de ...	<1%
122	Internet	cienciaysociedaduatf.com	<1%
123	Internet	crhc.ana.gob.pe	<1%

124	Internet	repositorio.esge.edu.pe	<1%
125	Internet	repositorio.una.edu.ni	<1%
126	Internet	repositorio.unam.edu.pe	<1%
127	Internet	scholar.archive.org	<1%
128	Internet	siar.regionpiura.gob.pe	<1%
129	Internet	www.ambientebogota.gov.co	<1%
130	Internet	www.degruyterbrill.com	<1%
131	Internet	www.dspace.espol.edu.ec	<1%
132	Internet	www.lokad.com	<1%
133	Internet	www.unocha.org	<1%
134	Publicación	"National scholarships and courses (by country)", S. Karger AG, 1989	<1%
135	Publicación	Carbonell Marques, angela. "Brechas de las Políticas Publicas y la Intervencion Pr...	<1%
136	Publicación	FC INGENIERIA Y SERVICIOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "ITS p...	<1%
137	Publicación	J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Líne...	<1%

138	Publicación	Meza La Hoz, Kristell Cosette Enciso Cebrian, Jorge Manuel Arroyo Herrera, Fel...	<1%
139	Publicación	Suárez Albarracín, Nadia Luz. "Estimación de Áreas Afectadas por Incendios en la ...	<1%
140	Internet	amanglana.unag.edu.hn	<1%
141	Internet	bdigital.unal.edu.co	<1%
142	Internet	cia.uagraria.edu.ec	<1%
143	Internet	ciep.ing.uaslp.mx	<1%
144	Internet	dspace.ueb.edu.ec	<1%
145	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
146	Internet	duict.upch.edu.pe	<1%
147	Internet	es.weforum.org	<1%
148	Internet	ewsdata.rightsindevelopment.org	<1%
149	Internet	f10.tv.bo	<1%
150	Internet	img1.wsimg.com	<1%
151	Internet	maple-energy.com	<1%

152	Internet	oa.upm.es	<1%
153	Internet	observatorio.dip-caceres.es	<1%
154	Internet	publicaciones.unirioja.es	<1%
155	Internet	repositorio.chapingo.edu.mx	<1%
156	Internet	repositorio.uasb.edu.ec	<1%
157	Internet	repositorio.ucss.edu.pe	<1%
158	Internet	repositorio.uisek.edu.ec	<1%
159	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
160	Internet	repositorio.utc.edu.ec	<1%
161	Internet	revistas.udelar.edu.uy	<1%
162	Internet	rgsa.openaccesspublications.org	<1%
163	Internet	sepia.org.pe	<1%
164	Internet	www.arequipa.net	<1%
165	Internet	www.cosapi.com.pe	<1%

166	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	<1%
167	Internet	www.iadb.org	<1%
168	Internet	www.proteccioncivil.org	<1%
169	Internet	www.yumpu.com	<1%
170	Publicación	Luciano Melo Coutinho, Eberval Marchioro. "Zonificación del riesgo de incendio f...	<1%
171	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
172	Publicación	"XXV IUFRO World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable", X...	<1%
173	Publicación	Gutiérrez, Jorge Luis Villacresis. "Factores que Influyeron en la Gestión del Proces...	<1%
174	Internet	bioone.org	<1%



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA
Reglamento de Grados y Títulos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 037-2026-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 335-2026-FCA/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza	Presidente
Dr. Jim Jairo Villena Velásquez	Secretario
Dr. Alejandro Seminario Cunya	Vocal

De la tesis titulada:

Evaluación del nivel de riesgo por incendios forestales en el distrito de Conchán, 2024

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
Denis Emanuel Sempértegui Rafael	74911236

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Forestal y Ambiental

Acuerdan por:

☒	Unanimidad	☐	Mayoría
-------------------------------------	------------	--------------------------	---------

☒	Aprobar	☐	Desaprobar
-------------------------------------	---------	--------------------------	------------

Otorgando la calificación de:

☐	Aprobado
☐	Excelente
☒	Bueno
☐	Regular

☐	Desaprobado
--------------------------	-------------

Colpa Matara, 17 de junio del 2026

Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza
Presidente

Dr. Jim Jairo Villena Velásquez
Secretario

Dr. Alejandro Seminario Cunya
Vocal

Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito
Asesor

Dedicatoria

A Dios, por darme la sabiduría y fuerza para superar cada desafío. Sin su gracia y bendiciones este logro no habría sido posible.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y confianza en cada paso de este camino. Este logro es también suyo.

A todas las personas que generosamente compartieron su conocimiento y tiempo aportando datos esenciales para este trabajo. Su disposición y apoyo fueron fundamentales para alcanzar este logro.

Porque todo es posible cuando se tiene fe, amor y el apoyo de quienes creen en ti.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por su guía, fortaleza y bendiciones a lo largo de este camino.

A mi familia, por su amor, paciencia y aliento en cada paso de este camino. Su confianza siempre ha sido mi mayor motivación.

A mi asesora, Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito, por su orientación experta, su apoyo constante y su paciencia durante todo el proceso de esta investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por ser el espacio donde crecí personal y profesionalmente, brindándome las herramientas, conocimientos y experiencias que hicieron posible alcanzar este logro. Gracias a los docentes y al personal académico por su compromiso y dedicación en mi formación.

Y finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su tiempo, conocimientos y experiencia a la realización de este proyecto.

Índice de contenidos

Acta de sustentación	2
Dedicatoria	3
Agradecimiento	4
Índice de contenidos	5
Índice de tablas	8
Índice de figuras.....	10
Índice de abreviaturas	12
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	14
ABSTRACT AND KEYWORDS	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Justificación	18
1.3. Formulación del problema.....	19
1.4. Objetivos.....	20
1.4.1. Objetivo general	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Bases teóricas	25

2.2.1. Incendios forestales.....	25
2.2.2. Gestión del riesgo de desastre.....	32
2.2.3. Evaluación del riesgo	36
2.2.4. Sistemas de Información Geográfica	38
2.3. Definiciones conceptuales	39
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	42
3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación	42
3.1.1. Tipo de investigación.....	42
3.1.2. Diseño de investigación	42
3.1.3. Nivel de investigación.....	43
3.1.4. Enfoque de investigación.....	43
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis	43
3.2.1. Ubicación	43
3.2.2. Población.....	45
3.2.3. Muestra	45
3.2.4. Muestreo	45
3.2.5. Unidad de análisis	46
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.3.1. Técnicas de recolección de datos	46
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos.....	56
3.4. Hipótesis	57
3.5. Operacionalización de variables	57
3.6. Procedimientos de recolección de datos	58
3.7. Procedimientos de análisis de datos	58
3.8. Material y equipos	59

3.9. Aspectos éticos	59
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	60
4.1. Descripción de resultados y/o resultados inferenciales	60
4.1.1. Análisis de los factores condicionantes territoriales	60
4.1.2. Análisis de los factores condicionantes Climáticos	65
4.1.3. Simulación de los factores condicionantes	75
4.1.4. Análisis de los factores desencadenantes.....	77
4.1.5. Simulación de factores desencadenantes	85
4.1.6. Análisis de elementos expuestos.....	86
4.1.7. Situación de riesgo.....	100
4.2. Contrastación de hipótesis	101
4.3. Discusión.....	102
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
5.1. Conclusiones	112
5.2. Recomendaciones	112
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
CAPÍTULO VII. ANEXOS	128
Anexo 1. Matriz de Consistencia	128
CAPÍTULO VIII. APÉNDICES	136

Índice de tablas

Tabla 1	Ponderación de los tipos de combustibles.....	48
Tabla 2	Ponderación de pendientes	50
Tabla 3	Ponderación de variables climáticas (Warren Thornthwaite)	51
Tabla 4	Ponderación de fuerza del viento y efectos terrestres según Beaufort.....	52
Tabla 5	Ponderación del promedio anual de energía solar.....	53
Tabla 6	Matriz de factores condicionantes.....	54
Tabla 7	Establecimiento de rangos de los niveles de susceptibilidad	56
Tabla 8	Operacionalización de variables	57
Tabla 9	Clases de cobertura vegetal.....	60
Tabla 10	Clasificación de pendientes.....	63
Tabla 11	Descripción climática del distrito de Conchán (Warren Thornthwaite)	67
Tabla 12	Elementos naturales expuestos.....	87
Tabla 13	Elementos culturales expuestos.....	89
Tabla 14	Población total del distrito de Conchán	91
Tabla 15	Población por grupo etario del distrito de Conchán.....	92
Tabla 16	Material predominante en las paredes de las viviendas	93
Tabla 17	Material predominante en los techos de las viviendas	93
Tabla 18	Puestos de salud en el distrito de Conchán	94
Tabla 19	Población según afiliación a seguro de salud en el distrito de Conchán....	95
Tabla 20	Número de instituciones por niveles de educación	96

Tabla 21	Instituciones educativas del distrito de Conchán	96
Tabla 22	Población según nivel educativo alcanzado	97
Tabla 23	Nivel de riesgo a incendios forestales del distrito de Conchán.....	98
Tabla 24	Clasificación del riesgo y análisis de las consecuencias	99
Tabla 25	Valores y cálculo del riesgo ponderado	101
Tabla 26	Matriz de consistencia.....	128
Tabla 27	Matriz de comparación de factores de riesgo por AHP	136
Tabla 28	Escala de Saaty para AHP	137
Tabla 29	Suma e inversa por columna	137
Tabla 30	Matriz normalizada	138
Tabla 31	Vector priorización.....	138
Tabla 32	Cálculo de la relación de consistencia	139
Tabla 33	Suma ponderada	140
Tabla 34	Relación de consistencia	140

Índice de figuras

Figura 1	Ubicación geográfica de la investigación	44
Figura 2	Metodología del escenario de riesgo por incendios forestales	47
Figura 3	Mapa de combustible a partir de las clases de cobertura vegetal	62
Figura 4	Mapa de pendientes	64
Figura 5	Mapa de climas favorables a incendios forestales	66
Figura 6	Climograma entre precipitación acumulada y temperatura (1963–2024) ..	67
Figura 7	Mapa de intensidad del viento	70
Figura 8	Análisis mensual de la variabilidad de la velocidad del viento	71
Figura 9	Análisis diario de la variabilidad de la velocidad del viento	72
Figura 10	Mapa de intensidad de irradiación solar	73
Figura 11	Irradiación solar directa mensual	74
Figura 12	Irradiación solar directa promedio por hora	75
Figura 13	Mapa de simulación de los factores condicionantes	76
Figura 14	Registro anual de incendios forestales (2000-2024)	77
Figura 15	Distribución mensual de incendios forestales en el distrito de Conchán ...	78
Figura 16	Mapa de historial de incendios forestales	80
Figura 17	Mapa de distribución histórica de focos de calor	82
Figura 18	Mapa de zonas impactadas por incendios forestales (Cicatrices)	84
Figura 19	Mapa de simulación de factores desencadenantes	85
Figura 20	Proporción de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán	99

Figura 21	Mapa del nivel de riesgo por incendios forestales	100
Figura 22	Consulta de información sobre la gestión de incendios forestales.....	129
Figura 23	Polígono de recorte del MDE SRTM 30 de Conchán.....	129
Figura 24	Descarga del MDE SRTM 30 m.	130
Figura 25	Modelo Digital de Terreno (SRTM 30 m) de Conchán	130
Figura 26	Descarga y procesamiento de datos climáticos del SENAMHI.....	131
Figura 27	Selección de área en Global Wind Atlas - Conchán	131
Figura 28	Descarga de datos de viento en Global Wind Atlas - Conchán	132
Figura 29	Descarga de informe de irradiación solar - Conchán.....	132
Figura 30	Descarga de datos de irradiación solar - Conchán	133
Figura 31	Descarga de datos de registro histórico de incendios forestales	133
Figura 32	Descarga de datos de focos de calor - FIRMS (MODIS).....	134
Figura 33	Descarga de datos de focos de calor – FIRMS (VIIRS)	134
Figura 34	Descarga de datos del Geo SERFOR.....	135
Figura 35	Procesamiento de datos en el software ArcGIS	135

Índice de abreviaturas

AHP	: Proceso Analítico Jerárquico
CEBA	: Centros de Educación Básica Alternativa
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
CETPRO	: Centros de Educación Técnico Productiva
COEN	: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional
ESCALE	: Estadística de Calidad Educativa
FIRMS	: Sistema de Información sobre Incendios para la Gestión de Recursos
GIRD	: Gestión Integral del Riesgo De Desastres
GIZ	: Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional
IDEAM	: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
IGN	: Instituto Geográfico Nacional
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
ISP	: Instituto Superior Pedagógico
MDE	: Modelo Digital de Elevación
MIDAGRI	: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MODIS	: Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NASA	: Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
OECD	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ONU	: Organización de las Naciones Unidas
ONUDDR	: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres

PCM	: Presidencia del Consejo de Ministros
PISCO	: Datos Peruanos Interpolados de Observaciones Climáticas Semestrales
RENIPRES	: Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENAR	: Servicio Nacional de Aprendizaje Rural de Brasil
SERFOR	: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SIG	: Sistema de Información Geográfica
STRM	: Misión de Topografía por Radar del Trasbordador
UNICEF	: Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia
UNISDR	: Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres
UNDRR	: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
USGS	: Servicio Geológico de los Estados Unidos
VIIRS	: Conjunto de Radiómetros de Imágenes Infrarrojas Visibles

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán, provincia de Chota, Cajamarca. Esta evaluación es fundamental para la prevención y gestión de estos desastres, especialmente ante la creciente preocupación por sus efectos ambientales y sociales. Se utilizó el Modelo del escenario de riesgo por incendios forestales del CENEPRED para analizar los factores condicionantes, desencadenantes e identificar los elementos expuestos. Los resultados indicaron que la vegetación del distrito está compuesta mayormente por pajonales y pastos, que presentan alta combustibilidad, además de árboles y arbustos que representan un nivel menor de riesgo. Las pendientes influyen principalmente en un nivel de riesgo alto; mientras que las condiciones climáticas del distrito se caracterizan por favorecer este riesgo, con temperaturas estables y escasez de precipitación entre junio y agosto. Aunque la influencia del viento es menor, se intensifica entre junio y setiembre, especialmente después del mediodía. La irradiación solar varía entre baja y media con mayor intensidad entre julio y agosto. Históricamente, los incendios han aumentado en la última década, siendo más frecuentes entre septiembre y noviembre, con mayor reporte de focos de calor en la parte norte del distrito y cicatrices que abarcan hasta 434,94 hectáreas. De acuerdo con el análisis realizado se concluye que en el territorio distrital predomina el nivel de riesgo alto representado por el 42,59% del total distrital, equivalente a 6 516,56 hectáreas aproximadamente, seguido del riesgo medio con 32,86% ocupando 5 027,49 hectáreas.

Palabras clave: Incendios forestales, sistemas de información geográfica, evaluación de riesgo, desastres.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The research aimed to determine the level of forest fire risk in the district of Conchán, Chota province, Cajamarca. This assessment is fundamental for the prevention and management of these disasters, especially given the growing concern about their environmental and social impacts. The CENEPRED Forest Fire Risk Scenario Model was used to analyze the conditioning and triggering factors and identify the exposed elements. The results indicate that the district's vegetation is composed mainly of grasslands and pastures, which are highly flammable, in addition to trees and shrubs that represent a lower level of risk. The slopes primarily contribute to a high risk level; while the district's climatic conditions are characterized by favorable conditions for this risk, with stable temperatures and scarce rainfall between June and August. Although the influence of wind is less pronounced, it intensifies between June and September, especially after midday. Solar radiation varies between low and medium, with greater intensity between July and August. Historically, fires have increased over the last decade, being more frequent between September and November, with the highest number of reported hotspots in the northern part of the district and scars covering up to 434,94 hectares. According to the analysis, it is concluded that the district is predominantly at high risk, representing 42,59% of the total area, equivalent to 6 516,56 hectares approximately, followed by medium risk at 32,86%, covering 5, 027,49 hectares.

Keywords: Forest fires, geographic information systems, risk assessment, disasters.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los incendios forestales provocan grandes daños ambientales por los estragos a la cobertura vegetal, muerte y fuga de animales, perjuicios al suelo fértil, aceleración del proceso de degradación de suelos, pérdida de ecosistemas y emisión de dióxido de carbono (CO₂). De manera socioeconómica causando daños en la salud, detiene los procesos productivos y reduce fuentes de trabajo (SERFOR, 2018). En la actualidad, existe una relación inestable entre la sociedad y los incendios forestales, puesto a que estos ocurren y continuarán aconteciendo en los sistemas ecológicos y forestales; por ello, es necesario optar un modelo para coexistir con ellos (Pausas, 2018).

En diferentes regiones del mundo, la gravedad, frecuencia y duración del periodo de incendios han ido aumentando conforme pasa el tiempo, llegando incluso a ser extremos con mayor duración, dimensión, impacto e intensidad (OECD, 2023). A pesar de que estos sucesos continúan incrementándose, aún existe desconocimiento sobre la gravedad de diversas situaciones de incendios y en el nivel de alteración que se genera al ecosistema (Alfonso & Montealegre, 2021). Además, el cambio climático aumentará el riesgo de incendios forestales en todo el mundo en las siguientes décadas, calificándose este acontecimiento como una crisis global donde los incendios forestales aumentarán en un 30% para el año 2050 y en más de un 50% para finales del ciclo XXI (ONU, 2022).

En Sudamérica, en las últimas décadas se ha incrementado el acontecimiento de incendios caracterizados por ser de gran magnitud. En Chile, en 2017 y 2023 se registraron incendios que afectaron severamente plantaciones forestales exóticas en el centro y sur del país impulsados por las elevadas temperaturas, los fuertes vientos y baja humedad. Del mismo modo, en el 2019, la selva amazónica de Brasil fue golpeada por un número récord de incendios

que llegó a perjudicar más de 180 000 km² y en 2020 se registraron más de 30 000 incendios que perjudicaron más de 40 000 km² entre los humedales tropicales de Brasil, Paraguay y Bolivia (Armenteras & Barrera, 2023). El Perú no es ajeno a esta problemática, ya que entre el año 2019 y 2022 la cantidad de incendios se han duplicado respecto al año anterior a raíz de la crisis climática, sin embargo, no se tiene un plan de prevención y control de incendios forestales, pues no se ha aprobado desde el 2022, fecha a la cual venció (Hurtado & Montaña, 2023).

En tanto, en Cajamarca, en el año 2020, solamente hasta el mes de octubre, los incendios forestales arrasaron 600 hectáreas de plantaciones forestales en toda la región y en los primeros días del mes de octubre se reportaron 27 emergencias en las diferentes provincias. Del total de las especies forestales afectadas el 80% eran especies nativas, incluyendo plantas medicinales; además, de plantaciones de pino y eucalipto, siendo uno de los años con mayor acontecimiento de incendios (Andina, 2020). En esta región el registro histórico de los incendios ha aumentado exponencialmente siendo las provincias de Jaén, Cajamarca, Cutervo, Celendín y Chota las provincias con mayor ocurrencia de incendios, los cuales se dan principalmente en la estación seca del año (CENEPRED, 2022).

En la provincia de Chota, la problemática originada por los incendios forestales, se da principalmente en algunos de sus distritos en gran parte debido a la falta de identificación o reconocimiento adecuado de los riesgos asociados a estos eventos. Esta ausencia genera limitaciones en la prevención y manejo oportuno que podrían minimizar sus impactos. Por ejemplo, en el distrito de Querocoto, en noviembre de 2016, un incendio perjudicó al bosque de protección Pagaibamba, ubicado en la comunidad de Pachacútec, causando la pérdida de más de 1 000 hectáreas forestales y la muerte de algunos animales (Andina, 2016). Asimismo, en el distrito de Chalamarca, en febrero de 2017, un incendio forestal originado por la creencia errónea de que al quemar arbustos se originarían las lluvias, arrasó con 4 hectáreas de pino en

la comunidad de Marcopata. Este hecho afectó a 9 viviendas y generó una intensa contaminación por humo que se extendió en un radio de 400 km, provocando problemas respiratorios y afectando la visibilidad en los distritos de Paccha, Chalamarca y Chota (Machuca, 2021).

El distrito de Conchán es conocido por ser uno de los mayores escenarios de incendios forestales a nivel provincial y regional generados en diferentes años. En noviembre de 2017 un incendio forestal averió aproximadamente 30 hectáreas de un bosque de pinos entre 25 y 30 años de edad en el sector conocido como Loma Redonda y Tierra de colores. Las llamas alcanzaron los 15 metros de altura, por lo que era difícil el acceso para poder controlarlo (RPP, 2017). En setiembre de 2019, un incendio forestal arrasó la cobertura vegetal en El Arenal, el sector Rampoplan- Lazcan afectando alrededor de 100 hectáreas (COEN, 2019). En este distrito, se le atribuye a la agricultura y la ganadería como dos actividades principales relacionadas a la suscitación de incendios forestales, pues los pobladores en busca de cambiar el uso de suelo emplean el fuego para despejar el campo y permitir el desarrollo de tales actividades. A esto se le suma el mito de que al realizar quemas se produce la lluvia y por la necesidad de agua en tiempos de sequía se realizan dichas actividades.

Estos eventos reflejan las limitaciones en el conocimiento y gestión de riesgo forestales, lo que dificulta la implementación de medidas preventivas efectivas y aumenta la vulnerabilidad de las comunidades locales.

1.2.Justificación

El proyecto estuvo enfocado en la evaluación del nivel de riesgo por incendios forestales en el distrito de Conchán, provincia de Chota, Cajamarca dada la creciente relevancia y urgencia que esta problemática representa, requiriendo de un enfoque científico y sistemático para comprender y mitigar sus efectos de forma integral. Los incendios forestales representan una amenaza compleja para el medio ambiente, la flora y fauna, los recursos naturales,

económicos, infraestructura, seguridad y salud de las poblaciones locales (González et al., 2020). Además, estos eventos generan impactos directos en la seguridad y salud de la población donde se llevan a cabo, deteriorando su calidad de vida y contribuyendo al cambio climático mediante la emisión de gases de efecto invernadero, potenciando el calentamiento atmosférico y sus efectos adversos (González, 2017).

Dada la frecuencia e intensidad de los incendios que se van incrementando, es imperativo desarrollar estrategias efectivas de prevención, mitigación y gestión de estos eventos catastróficos (Rojas, 2017). Además, las actividades socioeconómicas que sobresalen en el territorio de Conchán, como la agricultura y ganadería que utilizan fuego controlado para el cambio de uso de suelo; sumándole a esto las condiciones geográficas, climáticas y ecológicas, aumentan el riesgo a estos eventos.

Es por ello que la evaluación del riesgo de incendios forestales en el distrito de Conchán resultó esencial, ya que constituye una herramienta técnica y científica que permite realizar un análisis integral y objetivo. Esto facilita la identificación de las áreas más vulnerables, lo que a su vez posibilita la priorización de acciones de prevención, preparación y reducción frente a esta amenaza. Contar con una evaluación del riesgo bien fundamentada es crucial porque ofrece una base científica que refleja fielmente las características y condiciones del territorio, siendo indispensable para una gestión eficaz y oportuna. Sin este análisis, las estrategias de prevención y mitigación carecerían de dirección clara, lo que podría provocar esfuerzos dispersos y poco efectivos. Además, la evaluación ayuda a detectar las zonas críticas, optimizando así la asignación de recursos técnicos, financieros y humanos orientados a la reducción del riesgo.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de riesgo por incendios forestales en el distrito de Conchán?

1.4.Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

- Identificar el nivel de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán considerando información histórica y condiciones hasta el año 2024.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Elaborar el mapa de riesgo a incendios forestales del distrito de Conchán con datos recopilados hasta el 2024.
- Determinar la influencia de los factores condicionantes y desencadenantes para el acontecimiento de incendios forestales en el distrito de Conchán a partir de la información disponible hasta 2024.
- Identificar los elementos expuestos a incendios forestales en el distrito de Conchán con base a registros y observaciones hasta 2024.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Neger & Manzo (2021), realizaron una investigación en la Reserva de Las Tuxtlas, México, para evaluar la frecuencia y efectos de los incendios forestales del lugar. Su metodología se enfocó en analizar los registros estadísticos de entidades gubernamentales e imágenes satelitales de focos de calor. Sus resultados indicaron una disminución en la frecuencia y extensión de incendios forestales entre 2003 a 2020, sin embargo, las cifras que representan aún son alarmantes. En tanto que, los focos de calor indican que no todos los incendios forestales han sido reportados, dando a entender la ausencia de datos para realizar un diagnóstico detallado. Concluyeron que los incendios representan un riesgo significativo para la vegetación de la reserva de Las Tuxtlas y recursos insuficientes para su manejo efectivo.

Pallikarakis & Konstantopoulou (2024), evaluaron el riesgo de incendios forestales en Epirus, Grecia, integrando factores geomorfológicos, sociales, climáticos y ambientales mediante un análisis multicriterio y el método AHP en ArcGIS Pro. Se seleccionaron diez variables clave, incluyendo el índice meteorológico de incendios, que sintetiza las condiciones climáticas relevantes. Los resultados predijeron un aumento considerable en las áreas con alto riesgo de incendio para los períodos 2031-2060 y 2071-2100, debido a temperaturas altas y condiciones secas asociadas al cambio climático. Se concluyó que esta herramienta identifica zonas críticas para la prevención de incendios y la planificación segura de infraestructuras.

Martelo & Vargas (2022), ejecutaron un estudio en el Santuario de Fauna y Flora Iguaque, localizado en Boyacá – Colombia, para evaluar el riesgo de incendios forestales en la vegetación del lugar. Se empleó la metodología multicriterio del IDEAM. Los resultados indicaron que el riesgo del área protegida es alto y muy alto representando un 27,3% principalmente en el sector central y occidental, así mismo el nivel de riesgo moderado

representa un 39,4%. Se concluyó que este estudio se puede emplear para la disminución de los impactos nocivos de los incendios, considerando el nivel de intensidad y su rigidez.

Alcasena et al. (2019), en el valle de Jaslapeña, provincia de Navarra, España, evaluaron el nivel de riesgo ante incendios forestales para cuantificar las pérdidas económicas e identificar los puntos donde eran necesarias medidas de mitigación. Para llevar a cabo el estudio como primer paso se creó la cartografía con la información de las zonas con bienes mayores; luego, se consideró la exposición de la vegetación y de las viviendas residenciales, además se identificó los rodales capitalizados que podía abastecer la economía local. En sus resultados se encontró que la parte más afectada fueron las viviendas de la parte sur del lugar de estudio por el riesgo de quemarse, además que incendios externos al sitio de estudio también perturbaban las zonas residenciales.

Alegría (2020), evaluó el riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal del Área Metropolitana de Valparaíso, en Chile, (2000-2017). Empleó un análisis multicriterio que combinó factores de amenaza (pendiente, exposición solar, red vial, zonas quemadas, eventos pasados) y vulnerabilidad (uso del suelo, densidad poblacional, nivel socioeconómico, materiales de construcción, proximidad a campamentos) mediante datos espaciales y SIG. Los resultados mostraron que las zonas de alto riesgo albergan poblaciones socioeconómicamente vulnerables con viviendas precarias. Concluyó que es vital incluir estas áreas de riesgo en la planificación territorial para enfrentar los retos del cambio climático y la expansión urbana en la interfaz urbano-forestal.

Yarupaita (2021), en la región de Junín simuló el nivel de susceptibilidad ante incendios forestales mediante variables predictoras para conocer las variables más significativas mediante el algoritmo Random Forest. Los resultados indicaron que las variables más significativas fueron los índices de sequía, la altitud, la temperatura, las distancias a los ríos, la pendiente, las distancias a los centros poblados, el índice de humedad, la distancia a las vías,

la velocidad de recorrido del viento, la vegetación, las características de la pendiente, la curvatura del plano, la radiación solar y las lluvias. Además, la región de Junín posee áreas de gran susceptibilidad a que ocurra incendios forestales.

Rojas (2023), evaluó la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en la región Apurímac. Utilizó Sistemas de Información Geográfica y el algoritmo MaxEnt con 17 variables ambientales (11 climáticas, 2 orográficas y 4 de actividad humana). Los resultados muestran que el 5,4% y 15% del territorio tienen probabilidades muy altas y altas de incendios, respectivamente, afectando principalmente al matorral andino, zonas agrícolas y pajonal de puna húmeda. Concluyó que la combinación de SIG y MaxEnt constituye una herramienta valiosa para apoyar decisiones preventivas y estrategias de combate contra incendios forestales en la región.

Ccanchi (2021), en los departamentos de Cusco y Cajamarca evaluó las variables vegetativas y climáticas en periodos de sequías extremas para conocer el riesgo ante incendios forestales. Empleó el sensoramiento remoto MO09A1, STRM y PISCO. Como resultado se obtuvo que la continuidad de días calurosos, secos y la precipitación acumulada permiten que los incendios forestales se desarrollen con mayor facilidad en periodo de estiaje y en apertura de la temporada de lluvias. Concluyó que al monitorear los factores vegetativos y climáticos se puede aportar al establecimiento de estrategias que minimicen los impactos perniciosos de los incendios forestales en medios alto andinos, la disponibilidad hídrica del país y en los regímenes hídricos.

Arones et al. (2024), evaluó el riesgo de incendios forestales en la puna húmeda de los Andes en Ayacucho, para identificar las zonas más afectadas y entender las causas con el fin de mejorar la gestión del fuego en esta región. Analizó imágenes satelitales (MODIS, VIIRS y Landsat 8) para detectar puntos de calor y áreas quemadas, además de entrevistas semiestructuradas con habitantes locales para conocer las causas, impactos y estrategias de

mitigación basadas en su experiencia. Las causas identificadas fueron principalmente de origen humano, relacionadas con actividades agrícolas y ganaderas. Concluyó que esta metodología combinada facilita la comprensión de la dinámica territorial y puede ser útil para diseñar políticas orientadas a la prevención y mitigación de incendios en ecosistemas frágiles.

Rotondo (2021), evaluó el nivel de vulnerabilidad de riesgo ante incendios forestales del fundo Santa Lucía, Ucayali. Utilizó una metodología de carácter cualitativo correlacional, empleando el método de análisis jerárquico del Dr. Thomas Saaty. Realizó una encuesta antes y después de una capacitación a 40 personas, identificación de las actividades económicas y obtención de datos de análisis meteorológicos. Los resultados indicaron que el riesgo a incendios es de nivel de riesgo alto. Como conclusión se indicó que de acuerdo con el nivel de desconocimiento de la población de actividades preventivas ante incendios era necesario desarrollar acciones de prevención.

Ponce & Zacarias (2024), evaluaron el grado de vulnerabilidad frente a incendios forestales en la provincia de Concepción, Junín. Recopilaron datos climáticos, información vectorial, y se utilizó el modelo digital de elevación Aster GDEM con el fin de elaborar mapas temáticos relacionados con la cobertura vegetal, la combustibilidad, la pendiente, la accesibilidad y la proximidad a zonas urbanas. Mediante un análisis multicriterio en ArcGIS 10,8, se clasificó el riesgo de incendios forestales en cinco niveles, encontrando que el 54,21% del área evaluada tiene riesgo medio, el 33,42% riesgo alto y el 3,81% riesgo muy alto.

Masao (2022), en la provincia de Cajamarca determinó el nivel de fragilidad de la vegetación frente a incendios forestales. La metodología empleada fue de carácter deductivo-inductivo para recopilar información mediante entrevistas a especialistas, recopilación de factores de vulnerabilidad mediante el análisis jerárquico y posteriormente se estandarizó los valores con criterios de ponderación. En sus resultados se indica que el nivel de vulnerabilidad fue de dos niveles; el nivel alto en un 43,5%, influenciado por la agricultura, y de nivel

moderado en los bosques montanos occidentales, bosques xéricos interandinos y en los bosques de montaña. De acuerdo con el mapa elaborado, concluyó que la provincia de Cajamarca presenta áreas con vulnerabilidad alta a incendios forestales.

2.2.Bases teóricas

2.2.1. Incendios forestales

Los incendios forestales hacen referencia al fuego no deseado que puede tener diferentes orígenes, llegando a propagarse sin control a través de los recursos forestales, ocasionando estragos ecológicos, sociales y económicos. Así como la pérdida de la biodiversidad, modificación del flujo hídrico y emisiones de gases de efecto invernadero (SERFOR, 2018). El fuego se origina del proceso químico llamado combustión manifestándose en forma de humo y llamas y su propagación depende del clima, la topografía y el combustible (Cibrian et al., 2021).

2.2.1.1. Causas u origen de los incendios forestales

Este problema socioeconómico y ambiental puede ser originado debido a factores antropogénicos desarrollados en el territorio o por causas naturales (Reyes & Balcazar, 2021). Las causas naturales están asociadas a la erupción de volcanes o por actuación de los rayos en tempestades eléctricas secas, es decir en ausencia de precipitación o mínima; por otro lado, las causas antrópicas que pueden ser descuidos, accidentes, desconocimiento o malas intenciones y pueden desarrollarse más a menudo en zonas cálidas y secas; llegan a empeorarse por efecto del cambio climático (Cibrian et al., 2021).

Para entender mejor las causas, estas se agrupan en lo siguiente:

a) Accidentales:

Son producidos en circunstancias imprevistas que no hacen énfasis a la aparición del incendio. Sus causas son las faenas forestales, pecuarias y agrícolas, extracción de productos secundarios de los bosques, actividades recreacionales, accidentes de vehículos, quema de

desechos y accidentes eléctricos (Castañeda, 2021). Las actividades agrícolas tradicionales de cambio de uso de suelo para aumentar la superficie de la agricultura y ganadería desencadenan la degradación del ecosistema apoyándose del fuego para la quema de la vegetación (Santín & Madrigal, 2023).

b) Negligencias:

Generados por actuaciones y descuidos que no se percatan de la generación del incendio forestal. Las negligencias ocasionan más del 95% de las causas de incendios forestales o por acciones sin saber del ser humano (Sahu & Sai, 2018). A modo de ejemplo son las combustiones agrarias descontroladas, fumadores, fogatas, limpieza de carreteras, quema de impurezas, juegos infantiles y empleo del fuego en otras actividades dentro de un área forestal (Freixa & Benito, 2019).

c) Intencionales:

Se caracterizan porque en ellos existe una intención de hacer daño, aunque también van relacionadas con el valor que se le asigna a la formación vegetal. Los lugares donde ocurrieron suelen tener la probabilidad de volver a ser quemados de manera intencional una vez que la vegetación se encuentra restaurada (Levy, 2022). Algunos de los ejemplos de estas causas son quemas por problemas entre moradores o comunidades, ajustes de cuentas, litigios o tala de carácter ilegal, invasión de tierras y empleo del fuego por cazadores furtivos (Santín & Madrigal, 2023).

d) Naturales:

Son raros, sin embargo, su efecto puede ser devastador (Freixa & Benito, 2019). Por lo general, a nivel mundial solamente alrededor del 4% de los incendios forestales generados por estas causas. Sus causas, por ejemplo, son erupciones volcánicas, rayos, fricción de ramas secas o en piedras rodantes (Sahu & Sai, 2018).

2.2.1.2. Categorización de los incendios forestales

El tipo de incendio forestal está relacionado directamente con el tipo de combustibles, siendo estos de tipo superficial, subterráneos y de copas o aéreos:

a) Incendios superficiales:

El fuego avanza por el combustible encontrado sobre el suelo como leñas, hierbas, hojarascas y zacates sin quemar los árboles por completo. Suelen alcanzar hasta aproximadamente 2 metros de altura, liberan un calor intenso y presentan abundantes llamas que se propagan rápidamente (Pereira *et al.*, 2020). Se caracterizan por tener propagación relativamente rápida, muchas llamas, mucho calor, son los más difíciles de combatir y pueden dar paso a otro tipo de incendios (Helbingen *et al.*, 2017).

b) Incendios subterráneos:

Se caracterizan por tener una intensidad baja y consume la materia orgánica y basura encontrada bajo la superficie del suelo, afecta la materia orgánica amontonada en grandes afloramientos rocosos y las raíces. Su propagación es lenta y muchas veces resulta difícil de detectar y controlar (Schumacher & Dick, 2018). Pueden arder durante meses y destruir la cubierta vegetal del suelo. No producen llamas, escaso humo, además de ser poco frecuentes a que sucedan (Sahu & Sai, 2018).

c) Incendio de copas o aéreos:

La ocurrencia de estos se considera un evento extremo por su alta intensidad y dificultad para ser combatido directamente aumentando el riesgo para los combatientes. Avanzan en la copa de los árboles alcanzando una velocidad e intensidad cada vez mayores debido a que en su propagación influye el viento y el tipo de follaje siendo difíciles de combatir (Cibrian Tovar *et al.*, 2021) . En condiciones favorables pueden llegar a alcanzar una velocidad de hasta 15 km/h. Por lo general van seguidos de incendios superficiales ya que arrojan chispas y otros

materiales. Se desarrolla en especies forestales con características de inflamabilidad como las coníferas o especies con un follaje considerable (Castañeda, 2021).

2.2.1.3. Condiciones influyentes para la propagación de los incendios forestales

Para que el incendio se origine y se lleve a cabo su propagación depende de tres factores: la topografía, la climatología y el tipo de combustible, conociéndose como el triángulo del comportamiento del fuego. Estos tres factores ambientales asociados con los incendios forestales influyen en el nivel de riesgo, razón por la cual deben ser establecidos para conocer su nivel de riesgo (Helbingen et al., 2017).

El fenómeno de los incendios forestales varía en el espacio y tiempo; su desarrollo depende de múltiples factores haciendo que su predicción sea impredecible al igual que su comportamiento. La comprensión de los diversos factores influyentes es vital para su prevención y gestión de los incendios forestales (Mota, 2018).

A continuación, se describe los factores influyentes en la propagación del fuego:

a) El combustible

Está relacionado al tipo y cantidad de vegetación que esté disponible para poder arder considerándose como combustible a la vegetación viva (hierbas, matorrales, plantaciones y árboles) y vegetación muerta (ramas caídas, hojas secas, pasto seco, troncos secos y tocones). Los incendios más significativos se suscitan en bosques densos, épocas de sequías y en los lugares donde los estratos vegetativos manifiestan continuidad vertical, pues facilita que el fuego avance de la superficie hacia la cima de los árboles (Oliveira et al., 2022). El combustible es el factor más importante y determina el inicio o no de un incendio, si su comportamiento será extremo o irregular y la dificultad de controlarlo. En paisajes homogéneos se alimentará y se mantendrá un fuego constante, y será más pronunciado cuando la cantidad de combustible es mayor (Pereira *et al.*, 2020). Durante el combate de los incendios, el combustible es el único factor que se puede modificar en comparación que la topografía y la meteorología (Nava &

Jardel, 2020). La determinación de la cantidad de combustibles acumulados ayuda en el manejo técnico de los bosques y se puede estimar directamente mediante pesaje o con el apoyo de SIG (Caballero *et al.*, 2018).

Para lo mencionado, las características que lo determinan son la cantidad, el tamaño o textura, su compactación, la continuidad horizontal y vertical, la densidad de la vegetación, la presencia de sustancias químicas y la humedad que alberguen estos (Martínez *et al.*, 2018).

b) La topografía

Influye en la disponibilidad y distribución de nutrientes y del agua creando zonas más fértiles y húmedas con pocas probabilidades de quemarse. La vegetación es más seca en las vertientes soleadas a comparación que las umbrías. (Nava & Jardel, 2020). La pendiente también influye en la transmisión de calor que genera las llamas hacia la vegetación de los alrededores sobre secando la vegetación a favor de la pendiente y permitiendo la llegada del fuego. Esta propagación es más intensa y rápida a favor de la pendiente que en contra. El análisis de la topografía es sumamente sustancial ya que varía la conducta de los otros 2 elementos de la gran triada (Cibrian *et al.*, 2021).

La pendiente junto con el factor de uso de suelo son los que más influyen en el desarrollo de los incendios forestales y más importantes al determinar las zonas más probables de ocurrencia (Ribas *et al.*, 2023). Una razón es que al estar los combustibles más cercanos a las llamas se acelera la propagación, la etapa de precalentamiento aumenta la tasa de combustión acelerando la velocidad del avance del fuego (Cibrian Tovar *et al.*, 2021). Así mismo, la pendiente influye en la forma que adopta el incendio actuando de manera parecida a la del viento. Igualmente, las pavesas suelen ser más habituales en zonas con mayor pendiente logrando generar incendios secundarios (Torres, 2019).

c) La meteorología

Las características de la atmósfera son descritas por medio de variables o elementos meteorológicos (Costa, 2019). De la triada de fuego, las condiciones climáticas por lo general son las más dinámicas para el comportamiento del fuego llegando en muchas ocasiones a dificultar su análisis debido a sus variaciones (Pereira *et al.*, 2020). El éxito de una buena predicción de la actuación del fuego depende de la precisión y habilidad con la que se estipula el tiempo atmosférico; los efectos y cambios del tiempo suelen ser desiguales que merece su reconocimiento diario en horas determinadas. Los cambios de clima durante un año determinan gran parte el tiempo del incendio (Balcazar & Reyes, 2021).

Las variables meteorológicas con más influencia para el desarrollo de los incendios forestales son la temperatura, la humedad relativa, la velocidad y dirección del viento, la precipitación e irradiación solar (Gil, 2020). Por ello se define lo siguiente:

- **Temperatura:**

En los últimos años la temperatura promedio ha ido aumentando. Tiene un gran impacto principalmente en los niveles de humedad relativa influyendo en la cantidad de agua de la vegetación tanto viva como muerta (Pereira *et al.*, 2020). Los combustibles y las copas son calentados por el sol; la humedad de los combustibles es extraída por el viento caliente y aumenta la temperatura hasta alcanzar fácilmente su ignición, pues es la temperatura requerida para iniciar un incendio y seguir ardiendo sin necesidad de una nueva influencia de calor. A mayor temperatura, la humedad del ambiente será más baja, haciendo que la vegetación se seque rápidamente y pierda mucha agua, esto es lo que permite que ardan con mayor facilidad (Cárdenas, 2023).

- **Humedad relativa:**

Los combustibles se caracterizan por expulsar o absorber humedad. Mientras más sea la humedad relativa, los combustibles tienen mayor humedad y la expansión de los incendios

se obstaculiza (Cibrian et al., 2021). La baja humedad es causante de la desecación del combustible haciendo posible el inicio y transmisión del fuego (SENAR, 2018).

- **Velocidad y dirección del viento:**

El viento es el desplazamiento del aire generado por la diferencia de un lugar a otro. Se especifica por su velocidad y dirección. Cambia de manera frecuente y violenta en cualquier trayectoria, también consigue generar pavesas, las cuales originan distintos rebrotes de llamas. Las zonas con combustibles similares, este factor determina la trayectoria y configuración de las llamas (Alfaro et al., 2020). Además, el viento es importante porque favorece a la evaporación de la humedad (agua) de la cobertura vegetal, apresura la propagación del fuego pues aporta oxígeno y provoca que salten chispas hacia los combustibles intactos delante del fuego principal (Alfonso & Montealegre, 2021).

- **Precipitación pluvial:**

Es la caída de partículas de agua sólida o líquida originadas a partir de las nubes, atraviesan la atmósfera hasta llegar al suelo. Sus formas son la lluvia, llovizna, granizo, nieve granulada, gránulos de hielo y el polvo diamante (Ynoue et al., 2017). Las regiones con déficit de precipitación están más sujetas a grandes incendios. Las etapas largas de estiaje generan un mayor nivel de estrés hídrico en los combustibles y pueden producir la aparición de vegetación fina muerta en las copas y un ítem bajo de humedad en los combustibles vivos (Helbingen et al., 2017). Las etapas húmedas ocasionan un gran aumento de la vegetación, los cuales al estar hidratados reducen la propagación de los incendios (Helbingen et al., 2017).

- **Irradiación solar:**

Es la energía emitida por el sol en forma de ondas o partículas electromagnéticas que tocan la tierra después de pasar por la atmósfera y se produce en forma de luz natural (Ynoue et al., 2017). Su intensidad es mayor si la ladera tiene posición perpendicular al ángulo de iluminación del sol (Gil, 2020).

2.2.2. Gestión del riesgo de desastre

Un riesgo se define como la posibilidad de que ocurra un evento que genere consecuencias negativas, tales como lesiones, muertes, interrupción de actividades económicas, daño ambiental, a la propiedad y a los medios de vida (Castañeda, 2021). Su gestión implica adoptar un enfoque planificado y sistemático para reducir la inseguridad colectiva y minimizar las pérdidas y daños potenciales ante la ocurrencia de desastres, promoviendo un entorno resiliente (Isla, 2018).

En este sentido, dentro del enfoque territorial la gestión del riesgo de desastres busca reforzar la estimación, prevención, preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción, adaptándose a las condiciones y amenazas específicas de cada territorio, sin ignorar sus características únicas ni sus metas de desarrollo. Esto exige la colaboración activa entre todos los niveles de gobierno (INDECI, 2021); la reducción del riesgo está estrechamente vinculada con el desarrollo sostenible, a través de la implementación de estrategias, políticas, acciones o instrumentos concretos, todo esto de manera articulada con el desarrollo económico y social (Rojas, 2017).

La gestión integral del riesgo de desastres se organiza, conforme al SINAGERD, en tres ejes conectados: prospectivo (prevenir riesgos mediante ordenamiento territorial adaptable, correctivo (mitigar debilidades actuales con fondos seguros), y reactivo (atender emergencias y restaurar tras eventos), todo ligado a funciones básicas como análisis de amenazas, dirección institucional, recursos protegidos, entrenamiento, socorro, rehabilitación y reedificación; en tanto que la Política Nacional de GRD al 2050 prioriza el conocimiento completo de riesgos y la baja de exposición en áreas críticas, fusionando la capacidad territorial de resistir y evolucionar ante peligros múltiples (PCM, 2021).

Para entender el riesgo de manera completa, es necesario identificar claramente los elementos que lo componen, reconociendo que están interrelacionados y no actúan de forma

aislada. Asimismo, la coordinación entre las autoridades políticas debe estar congeniadas con la población de tal manera que genere los recursos adecuados que permitan reducir el riesgo y manejar los desastres (Alegría, 2020).

Los principales conceptos relacionados con el riesgo se explican a través de diversos factores y variables, que se describen a continuación:

2.2.2.1. Peligro

El peligro, también llamado amenaza, se refiere a las actividades antrópicas, fenómenos, sustancia o circunstancia peligrosa que puede causar lesiones, muertes y/o afectar a la salud humana, así como perjuicios a la propiedad, generar disturbios económicos o sociales, provocar deterioros ambientales y el desgaste de medios de sustento y de servicios esenciales para la comunidad (INDECI, 2020). A estas amenazas naturales y antropogénicas se suman la elevada probabilidad de peligros originados por ambas intervenciones, es decir socioambientales, como por ejemplo las lluvias intensas, deslizamientos, inundaciones, desbordes de ríos, sequías, huaycos, bajas temperaturas, heladas, fuertes vientos, incendios forestales y urbanos (Aznar & Aledo, 2020).

En cuanto a los incendios forestales, el peligro está relacionado principalmente con las actividades humanas que requieren uso del fuego en condiciones peligrosas o irresponsables que generan el incendio ocasionando daños a las personas, al medio ambiente y recursos naturales (Rojas et al., 2022).

2.2.2.2. Vulnerabilidad

Es la susceptibilidad o fragilidad económica, física, ambiental, institucional o social que presenta una comunidad de sufrir daños o ser afectada negativamente en caso de que un evento físico peligroso ocurra. También puede ser entendida como la falta de capacidad de ciertos grupos de la sociedad para resistir, hacer frente y recuperarse de situaciones extremas; por ello en el análisis de desastres es una pieza clave (Alegría, 2020).

La vulnerabilidad de desastres es constituida por las circunstancias y características de un sistema o comunidad que pueden ser causados por factores geográficos y climáticos a amenazas naturales y factores intensos de exposición social, económica, institucional o daño ambiental considerando la capacidad de resiliencia y respuesta frente al desastre (Castañeda, 2021). Los factores físicos están relacionados de acuerdo con la ubicación de los habitantes (ordenamiento y planificación territorial) y la construcción a lugares expuestos a una o más de una amenaza, a la inexistencia de normas y reglas que gobiernen el proyecto y edificación (Vargas & Campos, 2018). El principio ambiental de vulnerabilidad está relacionado con la convivencia del entorno, a los resultados de la actividad antrópica sobre el medioambiente y a los riesgos para las comunidades que lo residen o explotan (UNICEF, 2019).

a) Factores de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad puede comprenderse a partir de tres factores principales:

- **Exposición:**

Es la relación de proximidad entre una persona o grupo y el peligro considerando su ubicación, posición o localización (Aznar & Aledo, 2020). Surge cuando existe una interacción inadecuada con el entorno, la cual puede estar vinculada a un crecimiento demográfico descontrolado, movimientos migratorios sin orden, urbanización mal gestionada o políticas económicas que no promueven un desarrollo sostenible. Cuanto mayor sea la exposición, mayor será la vulnerabilidad (CENEPRED, 2019).

Desde un enfoque de la GIRD, la exposición se aborda no solo como un factor estático, sino como un elemento dinámico que requiere planificación territorial integrada, zonificación de riesgos y medidas preventivas multisectoriales para reducir la proximidad humana a amenazas como los incendios forestales (UNDRR, 2023). Está estrechamente relacionada a variables climáticas que condicionan el riesgo por incendios forestales; parámetros como la temperatura, lluvias intensas, sequías que modifican la disponibilidad y el estado del

combustible vegetal, afectando su inflamabilidad y estado seco del combustible. Es así que la variabilidad climática son determinantes para evaluar la exposición y el riesgo por incendios forestales (GIZ, 2017). En este contexto, la gestión integral enfatiza la integración de datos geoespaciales y monitoreo climático en sistemas de alerta temprana, promoviendo la resiliencia comunitaria y la adaptación al cambio climático para mitigar la exposición en zonas forestales vulnerables (CENEPRED, 2019).

- **Fragilidad:**

Hace referencia al nivel en que un sistema resulta favorecido o perjudicado ante la presencia de amenazas, dependiendo fundamentalmente de factores socioeconómicos que generan situaciones de vulnerabilidad o desventaja. Entre estos factores destacan las características de las viviendas, los ingresos económicos, el acceso a servicios básicos y las fuentes de subsistencia. Estos elementos pueden incrementar o reducir la susceptibilidad de la población frente a distintos riesgos (CENEPRED, 2019).

Desde la perspectiva de la GIRD, la fragilidad se mitiga mediante acciones prospectivas y multisectoriales que fortalecen la resiliencia socioeconómica, como la mejora de infraestructura crítica, la diversificación de medios de sustento y la implementación de planes de reducción de vulnerabilidad en contextos de cambio climático y desastres. Este enfoque integral promueve la articulación entre gobiernos locales, comunidades y sectores privados para evaluar y reducir la susceptibilidad, transformando la fragilidad en capacidad adaptativa (PCM, 2021).

- **Resiliencia:**

Es la capacidad personal, familiar y comunal para la asimilación, adaptación, resistencia y recuperación del efecto de un riesgo. Además, involucra instruirse de los calamidades anteriores y así poder prepararse y protegerse ante un posible suceso posterior (INDECI, 2020).

Es necesario conocer acerca de la resiliencia territorial, la cual se refiere a la habilidad de las distintas regiones para ajustarse y responder de manera adecuada ante crisis provocadas por factores externos, ya sean de origen natural o causados por la actividad humana (Córdoba, 2022). La resiliencia territorial ante incendios forestales hace referencia a cómo un territorio, junto con su población, infraestructura y entorno natural, puede hacer frente a los impactos de estos siniestros, adaptarse a las circunstancias y recuperarse posteriormente. Esto no solo implica disminuir las vulnerabilidades existentes, sino también fortalecer las capacidades locales y regionales para responder y restablecerse después de un incendio (Hardy et al., 2021).

En el marco de la GIRD, según la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050, la resiliencia se enfoca en la prevención, mitigación, preparación y respuesta, promoviendo la articulación intergubernamental y la reducción prospectiva de riesgos para construir territorios adaptativos ante eventos recurrentes como incendios forestales (PCM, 2021). Este enfoque enfatiza la resiliencia como proceso dinámico que integra conocimiento ancestral, tecnología GIS y planes locales de recuperación para minimizar pérdidas socioeconómicas (CENEPRED, 2019).

2.2.3. Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo de desastres es un proceso esencial para comprender y gestionar las amenazas naturales que impactan a diferentes comunidades y territorios. Este análisis se basa en la interacción entre las amenazas, la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta de las personas expuestas, lo que permite establecer el nivel de riesgo y adoptar medidas fundamentadas para su manejo y mitigación (CENEPRED, 2019).

Desde la GIRD, establecida en la Política Nacional GRD al 2050, la evaluación se posiciona como el primer objetivo prioritario para generar conocimiento sistemático del riesgo,

integrando estimación prospectiva, análisis multicriterio y zonificación SIG que articula prevención, mitigación y resiliencia territorial en el marco SINAGERD (PCM, 2021).

2.2.3.1. Importancia de la evaluación de riesgos

La evaluación es un proceso definido de análisis rápido y preciso de los factores involucrados con el propósito de poner en marcha un plan de ataque o plan de actuación. Este proceso debe generar información indispensable para la toma de decisiones seguras y eficaces (Duce *et al.*, 2018).

A continuación, se enumeran las principales ventajas para la evaluación de riesgos según el CENEPRED (2019):

- Reconocer acciones y actividades para prever la concepción de nuevos riesgos o disminuir los existentes, siendo adjuntados en los planes preventivos y disminución del riesgo de desastres.
- Admitir medidas estructurales y no estructurales que prevean y reduzcan los riesgos de desastres sustentadas en los proyectos formulados de inversión pública por parte de los gobiernos en sus diferentes categorías.
- Incluir la gestión de riesgo de desastres en la inversión privada y pública en el gobierno local, provincial y distrital, haciendo viable que los planes de inversión sean sustentables en el tiempo.
- Las deducciones son recursos básicos y principales para la gestión ambiental, el ordenamiento del territorio, planificación territorial (Zonificación Ecológica y Económica y Plan de Desarrollo Urbano).
- Colabora en las decisiones tomadas por las autoridades, que faciliten escenarios de vida adecuada a la localidad en riesgo.

2.2.4. Sistemas de Información Geográfica

Existen distintas definiciones de SIG, ya sea enfocado en el vínculo del mapa, de acuerdo con la base de datos, herramientas de software y en el soporte a la elección de decisiones (Reyes y Balcazar, 2021). Trabaja como una base de investigación geográfica agrupados por un identificador frecuente de objetos gráficos de un mapa digital, permitiendo así conocer sus atributos y disposición en la cartografía. Hacen posible la división de la información en distintas capas temáticas para almacenarlo libremente; cediendo así trabajar más rápido y sencillo para relacionar la información existente mediante la topología de objetos (Andrades *et al.*, 2020).

2.2.4.1. Componentes de un SIG

Se consideran como componentes de un SIG a los siguientes elementos:

Ershad (2020) define los siguientes componentes:

- a) **Datos:** Es el material imprescindible para la labor en un SIG, y los que abarcan la información geográfica valiosa para el empleo de los SIG.
- b) **Métodos:** Conjunto de metodologías y formulaciones a emplear sobre los datos.
- c) **Software:** Es necesario el uso informático que pueda trabajar que pueda laborar los datos y métodos.
- d) **Hardware:** Es el equipo indispensable para establecer el software.
- e) **Personas:** Son las procuradoras de utilizar y diseñar el software, equivaliendo al motor de un SIG.

2.2.4.2. Funciones básicas de los SIG

Andrades *et al.* (2020) indica las siguientes funciones básicas:

- a) **Georreferenciación:** Capacidad de enseñar la localización espacial de un dato territorial empleando un método capaz de vincular un elemento (línea, punto o polígono) con su localización en un SIG.

- b) Proximidad y cálculo de áreas y distancias:** Pueden medir distancias entre objetos e identificar aquellos que están adyacentes. Las herramientas de proximidad se dividen en dos categorías dependiendo del tipo de entrada que admitan: ráster o entidad.
- c) Consulta de datos:** Existen dos maneras básicas de plasmar la consulta ya sea respecto a la posición espacial o a un atributo determinado.
- d) Superposición de datos:** Pueden superponer múltiples capas de información accediendo a esas capas a la par. Es decir, permite comparar las capas de forma visual, y a su vez, estas capas se pueden combinar físicamente para crear nuevas capas mediante intersecciones geométricas.
- e) Creación de zonas de influencia:** A esta función se conoce como buffering. Un buffer espacial es un área en torno de una sección geográfica e identifican factores vecinales de cara a la toma de decisiones.
- f) Reclasificación:** Puede ser de forma inmediata y puede ser en un simple re categorización de la distribución de un carácter o apoyarse de la información conseguida por medio de herramientas de adyacencia o proximidad.

2.2. Definiciones conceptuales

- **Análisis de riesgos:** Permite caracterizar y conocer peligros, examinar vulnerabilidades, deducir, controlar, comunicar y manipular los riesgos, para progresar de forma sustentable por medio de una adecuada elección en la gestión del riesgo de percances. Además, hace posible la determinación del nivel de riesgo y la toma de decisiones (CENEPRED, 2019).
- **Cicatrices:** Áreas afectadas por incendios forestales, donde la cobertura vegetal ha sido dañada o arrasada por la combustión en una determinada porción de terreno. En la mayoría de los casos queda el suelo al desnudo (Rodríguez & Ríos, 2017).

- **Control de riesgos:** Período de estimación de riesgos, donde se realiza la evaluación de acciones preventivas/reductoras del riesgo de desastres, llegando a determinar la aceptabilidad de éste y posteriormente se indican las recomendaciones con las acciones de control más aptas (CENEPRED, 2019).
- **Desastre:** Cantidad de pérdidas y daños como resultado del impacto de una amenaza o peligro que de acuerdo con su intensidad ocasiona peligrosas modificaciones en el funcionamiento de la sociedad, pudiendo ser inducido por la quehacer humano o de origen natural (CENEPRED, 2019).
- **Focos de calor:** También conocido como punto caliente e indica aquellas temperaturas por encima de los 47°C, y es captado por los sensores de calor de los satélites (Holanda *et al.*, 2022). Se refiere a los lugares de la superficie terrestre que manifiesta una considerable temperatura haciendo que el pixel de una imagen satelital lo informe con una temperatura suprema en paralelo con los pixeles colindantes (COEN, 2020).
- **Fragilidad:** Circunstancias de debilidad o desventaja respectiva a la humanidad y zonas de vida ante un peligro. Generalmente, se centraliza en las circunstancias físicas de una sociedad o comunidad. Si la fragilidad es mayor, la vulnerabilidad será mayor (CENEPRED, 2019).
- **Fuego:** Es el resultado de la combustión. Para que se lleve a cabo es imprescindible materia prima a una temperatura adecuadamente alta y así originar la combustión; el oxígeno es necesario para conservar la combustión y su continuación. A pesar de su gran utilidad, también es el peor enemigo cuando se produce un incendio (SERFOR, 2018).
- **Mapa temático:** Representación en papel con las características de cierto tema específico. Se apoya de la topografía empleando varios colores y procedimiento de los

métodos cartográficos, correlaciones, estructuras de distribución o valoración de estructuras, viviendas, áreas seguras y caminos (Reyes & Balcazar, 2021)

- **Riesgo de incendios forestales:** Es la posibilidad de propasar el valor determinado de deterioros ambientales, económicos y sociales, en un territorio determinado y en un período específico de exposición. En su determinación se considera las amenazas y vulnerabilidades, donde la amenaza es la posibilidad de que ocurra, condicionada por la actividad y presencia de un causante; la vulnerabilidad por su parte, recae al tipo de combustible posible a ser afectado (CENEPRED, 2019).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, fundamentado en la recolección y análisis de datos numéricos y espaciales mediante SIG. Este enfoque es especialmente adecuado para el estudio de riesgos por incendios forestales, ya que permite modelar y evaluar el riesgo de manera objetiva y precisa a través de variables geográficas y ambientales cuantificables.

Según Hernández & Mendoza (2018), el enfoque cuantitativo se basa en el uso de datos medibles y análisis riguroso para obtener resultados replicables, lo cual fortalece la validez y aplicabilidad de los resultados obtenidos.

3.1.2. Diseño de investigación

Corresponde a un diseño no experimental, transversal y descriptivo-analítico. Esto se debe a que no se manipulan variables, sino que se analizan datos existentes para describir y evaluar el riesgo en un momento específico, identificando patrones y relaciones espaciales entre variables ambientales y geográficas.

Según Hernández & Mendoza (2018), el diseño no experimental observa fenómenos sin intervención del investigador, y el diseño transversal permite obtener datos en periodo determinado para describir características y relaciones actuales. La combinación descriptiva y analítica hace posible no solo caracterizar el fenómeno, sino también identificar factores asociados y su influencia en el riesgo, lo cual es fundamental en estudios ambientales que requieren modelación espacial basada en evidencias cuantificables y replicables.

3.1.3. Nivel de investigación

Es un nivel aplicado. Esto se debe a que busca producir conocimientos que puedan ser utilizados para la toma de decisiones concretas en la gestión y reducción del riesgo de incendios forestales.

Según el CENEPRED (2020), los estudios que emplean herramientas SIG para elaborar escenarios y mapas de riesgo forestal tienen un enfoque aplicado porque proporcionan herramientas técnicas útiles para la planificación y prevención en contextos reales.

3.1.4. Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo porque se centra en la medición objetiva y el análisis de datos espaciales para evaluar el riesgo de incendios forestales, lo que permite obtener resultados precisos y replicables.

Según Hernández & Mendoza (2018), este enfoque se caracteriza por el uso de datos numéricos y técnicas estadísticas que facilitan la generalización y el control de variables, siendo adecuado para estudios que requieren análisis riguroso y basado en evidencia empírica.

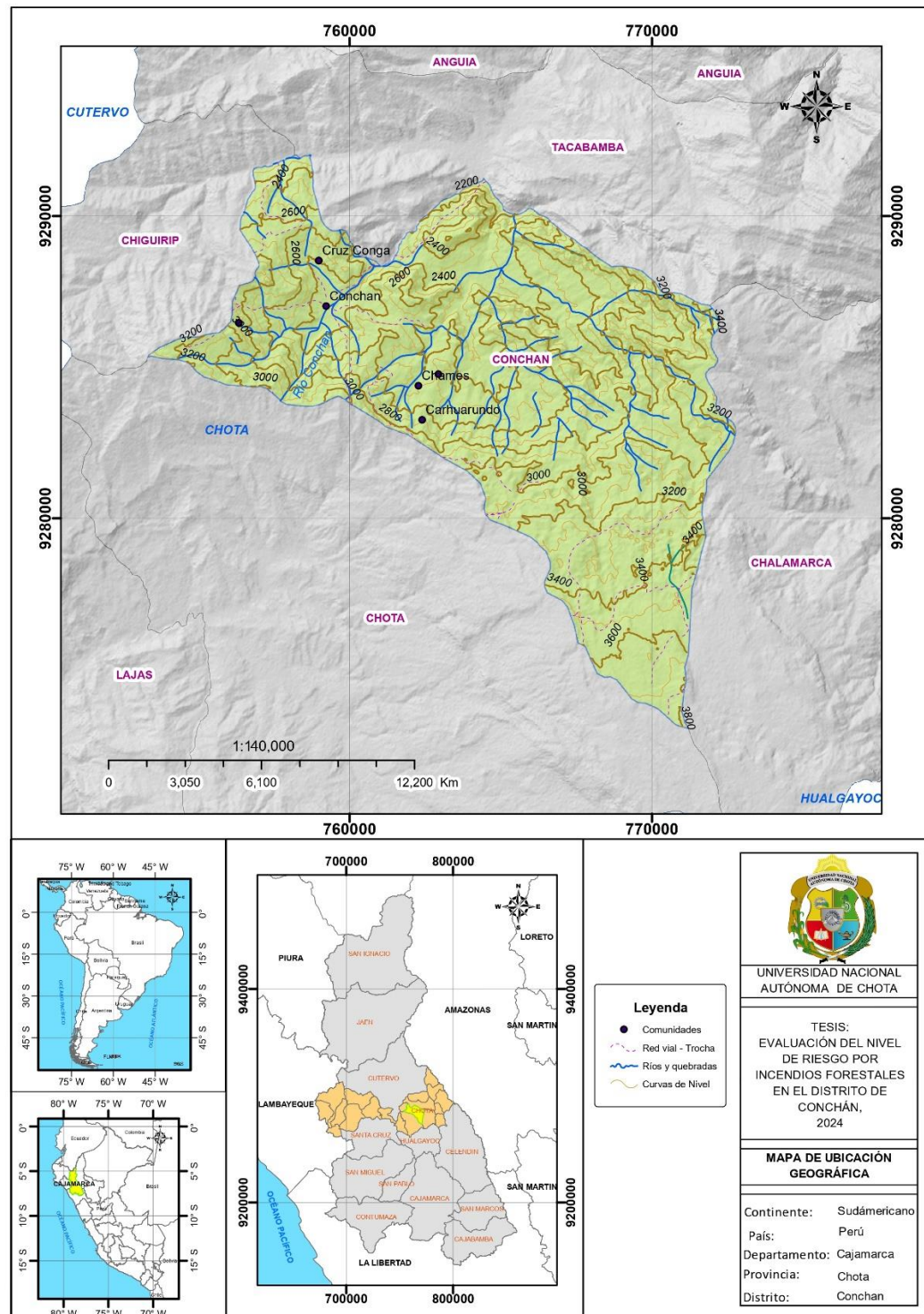
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

El distrito de Conchán es uno de los 19 distritos de la provincia de Chota en el departamento de Cajamarca, se encuentra ubicado en las coordenadas 78°39'01 W y 6°26'25 S, a una altitud aproximada de 2 300 m.s.n.m., lo que le otorga un clima típico de la sierra peruana con temperaturas frescas y relieves montañosos. Limita por el norte con el distrito de Tacabamba, por el noroeste con el distrito de Chiguirip, por el este con el distrito de Chalamarca y por el suroeste con el distrito de Chota, abarcando una extensión territorial de aproximadamente 15 301,53 hectáreas (Figura 1).

Figura 1

Ubicación geográfica de la investigación



Nota. Elaborado a partir de datos del INEI (2023), IGN (2023) y MTC (2024).

La población del distrito de Conchán, según el INEI (2017), comprende 5 643 habitantes. La actividad económica en Conchán está fuertemente ligada a la agricultura y la ganadería, con una producción diversificada que abarca desde cultivos tradicionales hasta productos menos comunes. Sin embargo, presenta retos socioeconómicos e infraestructuras deficientes que limitan el crecimiento y desarrollo del distrito. La actividad ganadera es extensiva y de manejo familiar. Un sector pequeño de la población se dedica a actividades como comercio local, artesanías, la silvicultura y uso de recursos forestales, el empleo informal y remesas. El clima de la zona se caracteriza por tener temperaturas que varían entre 4,5 y 21,5 °C, en promedio con precipitaciones pluviales que superan los 115,05 mm/mes, lo que influye en la producción agrícola y la biodiversidad.

El uso de suelo refleja una composición espacial variada y la limitada infraestructura vial influyen en la accesibilidad y vulnerabilidad a incendios forestales, determinando la variación del riesgo. Estos factores territoriales influyen en la modelación y evaluación del riesgo por incendios forestales del distrito.

3.2.2. Población

Estuvo constituida por el área geográfica del distrito de Conchán, a la cual se evaluará el nivel de riesgo por incendios forestales.

3.2.3. Muestra

La muestra fue igual a la población porque para la elaboración de los mapas temáticos mediante SIG se analizaron todas las zonas del distrito para determinar el nivel de riesgo de incendios forestales (factores condicionantes, factores desencadenantes y elementos expuestos).

3.2.4. Muestreo

Se basó en la segmentación espacial del distrito de Conchán en unidades territoriales homogéneas. Este tipo de muestreo espacial permite evaluar de manera detallada y

representativa los factores condicionantes y desencadenantes del riesgo por incendios forestales en cada sector del área de estudio. A diferencia del muestreo probabilístico tradicional, esta segmentación sistemática garantiza la cobertura total del territorio, facilitando análisis precisos y específicos por zona, lo que es esencial para estudios basados en SIG y análisis espacial.

Este método asegura que toda la extensión estudiada sea analizada y contribuye a realizar inferencias confiables sobre la distribución espacial del riesgo, optimizando la gestión y planificación en la prevención de incendios forestales.

3.2.5. Unidad de análisis

Corresponde a las unidades territoriales homogéneas delimitadas en el distrito de Conchán, las cuales son parcelas o cuadrantes en los que se segmenta el territorio para evaluar el riesgo de incendios forestales. Estas unidades se utilizan como base para analizar los factores condicionantes y desencadenantes mediante SIG.

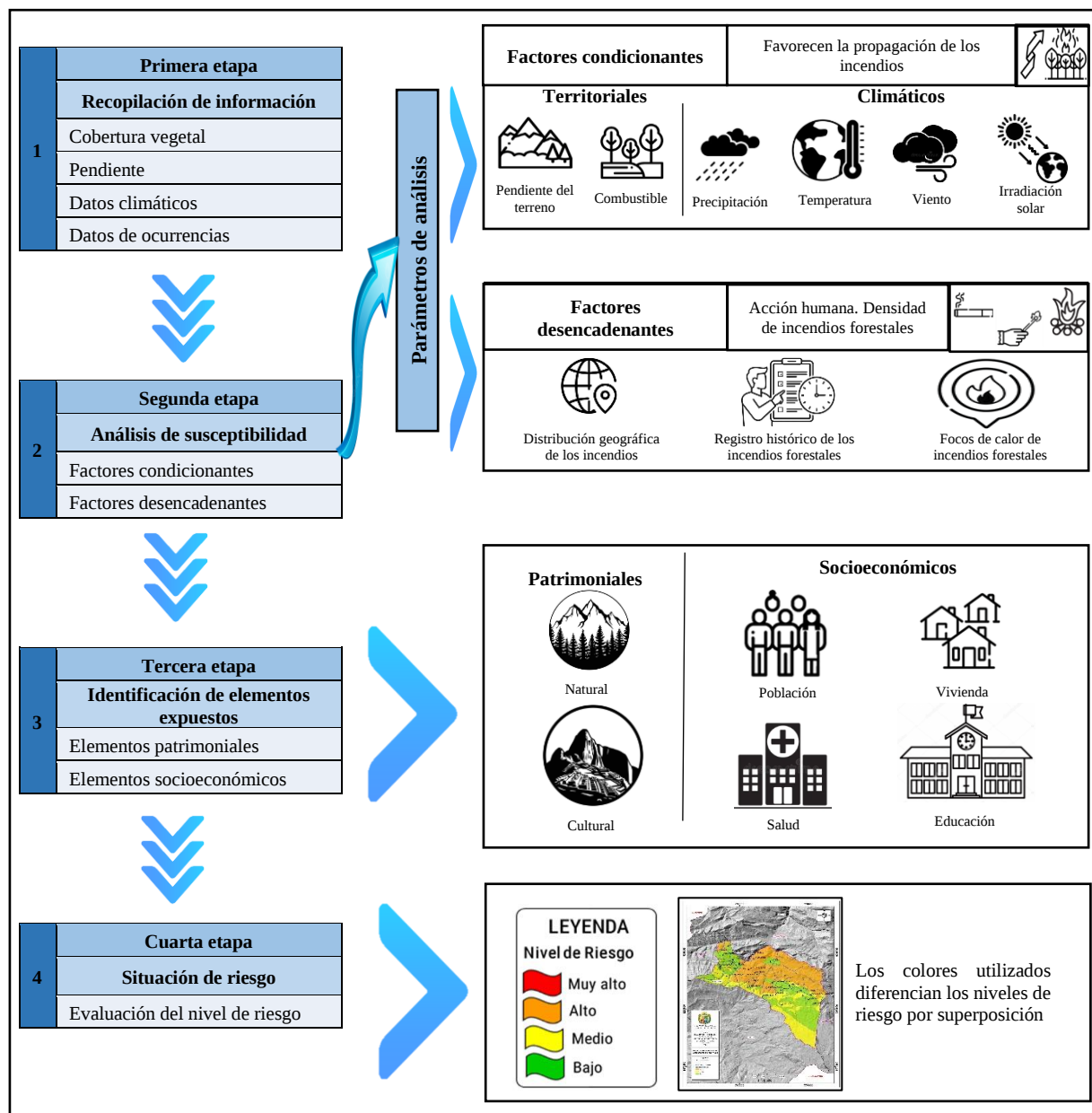
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

En síntesis, como técnica de recopilación de datos se empleó la propuesta metodológica del CENEPRED denominada “Modelo del escenario de riesgo por incendios forestales” (Figura 2), la cual está destinada a determinar y recolectar información de los indicadores influyentes ante incendios. Posteriormente, se generó el mapa de riesgo por incendios forestales mediante la superposición de capas de elementos condicionantes y desencadenantes.

Figura 2

Metodología del escenario de riesgo por incendios forestales



Nota. Elaborado a partir del “Escenario de riesgo por incendios forestales” (CENEPRED, 2020), adaptado al distrito de Conchán.

3.3.1.1. Primera etapa: Recopilación de información

En esta etapa se recopiló información acerca de los factores desencadenantes y condicionantes. En este último se consideró la cobertura vegetal, el relieve y el clima; mientras

que en los factores desencadenantes se tuvo en cuenta el registro histórico, focos de calor y áreas afectadas o cicatrices por sucesos de incendios forestales.

A continuación, se puntualiza la forma en que se realizó la recopilación de información de la primera etapa:

a) Cobertura vegetal:

A partir de los formatos vectoriales de la cobertura vegetal elaborado por el MINAM, se generó una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, en base a los combustibles dominantes, generándose para cada uno de ellos un valor de clasificación considerando la ponderación de los tipos de combustibles.

La ponderación asignada a los tipos de combustible vegetal se fundamenta en la evaluación de su inflamabilidad y la facilidad con que pueden propagar un incendio (Tabla 1), siguiendo los lineamientos técnicos del CENEPRED (2020). Estos valores reflejan las características físicas de la vegetación y su nivel de exposición al peligro, permitiendo diferenciar entre combustibles con mayor o menor riesgo de ignición. Este enfoque facilita así la ponderación ayuda a identificar áreas con mayor probabilidad de incendio, apoyando la planificación y prevención, lo cual se ha representado en un mapa temático.

Tabla 1

Ponderación de los tipos de combustibles

Combustible sobresaliente	Nivel de ignición	Peso establecido
Pajonal y pasto	Muy alto	5
Arbusto y hierbas	Alto	4
Árboles/arbusto	Medio	3
Árboles	Bajo	2
Área urbana y no combustibles	Muy bajo	1

Fuente: CENEPRED (2020).

b) Relieve:

Para elaborar el mapa de pendientes del distrito de Conchán se utilizó el modelo digital de elevación SRTM30, con una resolución espacial de 30 metros, lo que permite capturar con detalle las características topográficas del terreno. Los datos provienen de la plataforma Earth Explorer del Servicio Geológico de los Estados Unidos, garantizando una fuente confiable y adecuada para realizar análisis precisos de las pendientes (Figura 4). Estas pendientes son clave para evaluar procesos naturales como deslizamientos, erosión o la propagación de incendios, por lo que se aplicó una ponderación y asignación de pesos a distintos rangos de inclinación, atendiendo a su influencia en dichos fenómenos.

La asignación de estos pesos se justifica técnicamente debido a que la pendiente del terreno es uno de los factores más determinantes en la dinámica geomorfológica y en la generación de riesgos. Así, las áreas con pendientes más pronunciadas presentan una mayor susceptibilidad a estos procesos, mientras que las zonas con menor inclinación tienden a ser más estables y menos propensas a riesgos.

Además, esta ponderación se basa en metodologías reconocidas en la elaboración de mapas temáticos de pendientes y riesgo, las cuales permiten integrar de manera cuantitativa la influencia relativa de cada rango de pendiente (Tabla 2). Este enfoque facilita la aplicación de los SIG, contribuyendo a una adecuada planificación y gestión territorial que considera la variabilidad espacial del relieve y sus implicancias ambientales, garantizando así resultados coherentes y útiles para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de riesgos y ordenamiento territorial.

Tabla 2*Ponderación de pendientes*

Pendiente	Grados	Nivel de la pendiente	Peso establecido
Muy escarpada	> 45°	Muy alto	5
Muy fuerte	25° - 45°	Alto	4
Fuerte	15° - 25°	Medio	3
Moderada	5° - 15°	Bajo	2
Suave	1° - 5°	Muy bajo	1

Fuente: CENEPRED (2020).

c) Clima:

Se realizó un análisis conjunto de la temperatura eficiente, la precipitación efectiva y la distribución anual de la precipitación, siguiendo los requerimientos del modelo de precipitación y temperatura basado en el método de Thornthwaite. Adicionalmente, se incorporó la influencia del viento y la irradiación solar como variables complementarias en el estudio. La clasificación climática empleada corresponde al departamento de Cajamarca, elaborada por el SENAMHI (2021), basada en un registro meteorológico de 20 años (1963-2014). A partir de estos datos, se calcularon los índices climáticos de acuerdo con el método de Warren Thornthwaite, con el objetivo de identificar las temporadas de déficit hídrico y evaluar el riesgo de incendios forestales.

La ponderación asignada a las variables climáticas responde a su importancia relativa en la determinación del balance hídrico regional. La temperatura eficiente tiene un peso elevado, dado que determina la tasa de evapotranspiración potencial, un factor clave para estimar la demanda atmosférica de agua. La precipitación efectiva, por su parte, refleja la cantidad real de agua disponible, influyendo directamente en la humedad del suelo y la vegetación. La distribución estacional de la precipitación es fundamental para identificar

periodos críticos de sequía o humedad. Variables como el viento y la irradiación solar actúan como moduladores de la evapotranspiración real y del secado de la biomasa.

Esta estructura de ponderaciones está fundamentada en la necesidad de reflejar con precisión las condiciones climáticas que afectan el déficit hídrico y, por ende, la susceptibilidad a incendios. El método de Thornthwaite, reconocido mundialmente, establece estas variables como determinantes para clasificar climas y evaluar la disponibilidad de humedad a partir de índices climáticos (Tabla 3).

Tabla 3

Ponderación de variables climáticas (Warren Thornthwaite)

Clasificación	Precipitación	Distribución de la precipitación anual	Temperatura	Condición climática	Peso establecido
B (r) C'	Lluvioso	Humedad abundante durante todo el año	Frío	Muy alto	5
B (o,i) C'	Lluvioso	Invierno y otoño seco	Frío	Muy alto	5
A (r) C'	Muy lluvioso	Humedad abundante durante todo el año	Frío	Muy alto	5
B (r) B'	Lluvioso	Humedad abundante durante todo el año	Templado	Alto	4
B(o,i) B'	Lluvioso	Invierno y otoño seco	Templado	Alto	4
C (r) B'	Semiseco	Invierno seco	Templado	Medio	3
C (o,i) B'	Semiseco	Humedad abundante durante todo el año	Templado	Medio	3
C (i) B'	Semiseco	Primavera e invierno seco	Templado	Medio	3
A (r) B'	Muy lluvioso	Invierno seco	Templado	Medio	3
D (i,p) A'	Semiárido	Primavera e invierno seco	Cálido	Bajo	2
D (i) B'	Semiárido	Invierno seco	Templado	Bajo	2
C (r) A'	Semiseco	Humedad abundante durante todo el año	Cálido	Bajo	2
B (r) A'	Lluvioso	Humedad abundante durante todo el año	Cálido	Bajo	2
B (i) B'	Lluvioso	Invierno seco	Templado	Bajo	2
E (d) B'	Árido	Deficiencia de humedad durante todo el año	Templado	Muy bajo	1

Fuente: CENEPRED (2022).

- **El viento**

Para desarrollar este parámetro se empleó el mapa de velocidad media del viento obtenido del Global Wind Atlas. Para el análisis se utilizaron datos a 10 metros sobre la superficie, considerando la escala Francis Beaufort para clasificar la velocidad del viento y sus efectos visibles en el entorno.

La ponderación de los diferentes rangos de velocidad se fundamenta en una relación técnica entre la intensidad del viento y su impacto en el entorno y las infraestructuras (Tabla 4). La escala Beaufort es un estándar ampliamente reconocido que no solo cuantifica velocidades, sino que también describe efectos observables, lo que permite establecer una relación directa entre la magnitud del viento y su influencia en el contexto del estudio.

Las velocidades más bajas, asociadas con condiciones de calma o ventolina, tienen efectos mínimos o nulos sobre elementos físicos y ambientales, por lo que su relevancia en el análisis es limitada. A medida que la velocidad del viento aumenta, el potencial para generar daños o influir en procesos como la erosión, el transporte de partículas o el estrés en estructuras se incrementa considerablemente. Esta relación justifica una diferenciación clara entre las categorías de viento, reflejando la verdadera influencia que cada rango tiene en el entorno.

Tabla 4

Ponderación de fuerza del viento y efectos terrestres según Beaufort

Grado Beaufort	Velocidad (m/s)	Descripción	Peso establecido
>5	>7,9	Fuerte o molesto	5
4	5,4 – 7,9	Moderado	4
3	3,4 – 5,4	Flojo	3
2	1,5 – 3,4	Leve	2
0 - 1	0 – 1,5	Ventolina o calmada	1

Fuente: CENEPRED (2020).

- **La irradiación solar**

Se elaboró un mapa de irradiación de la energía solar incidente con información obtenida de la plataforma Global Solar Atlas para conocer las zonas con mayor o menor nivel de energía solar durante el año. La unidad de medida empleada es en kilovatios hora por metro cuadrado (Kw h/m²).

La ponderación de los valores promedio anuales de irradiación solar se fundamenta en el reconocimiento técnico del recurso solar como un factor decisivo para establecer su potencial energético en diferentes áreas geográficas (Tabla 5). Rangos más altos de irradiación representan una mayor cantidad de energía disponible, lo cual implica mayor eficiencia y viabilidad para la generación de incendios. Los rangos inferiores de irradiación indican áreas con menor aporte energético, con impactos limitados.

Tabla 5

Ponderación del promedio anual de energía solar

Rango kW h/m²	Nivel de energía solar	Peso establecido
6,5 – 7,0	Muy alto	5
6,0 – 6,5		
5,5 – 6,0	Alto	4
5,0 – 5,5	Medio	3
4,5 – 5,0	Bajo	2
4,0 – 4,5		
0,0 – 4,0	Muy bajo	1

Fuente: CENEPRED (2020).

3.3.1.2. Segunda etapa: Análisis de susceptibilidad

A partir de los datos recolectados en la primera etapa se realizó el análisis del riesgo donde se considerará los factores condicionantes y factores desencadenantes.

a) Factores condicionantes:

Se consideró los factores tanto territoriales como climáticos, teniendo en cuenta los datos obtenidos de la primera etapa para la elaboración del mapa mediante superposición ponderada (Tabla 6) asumiendo los parámetros de evaluación recomendado por el CENEPRED (2020).

Tabla 6

Matriz de factores condicionantes

Parámetros de análisis		Peso establecido
Factores condicionantes territoriales	Pendiente	0,26
	Combustible	0,46
Factores condicionantes climáticos	Climas (Thornthwaite)	0,16
	Vientos	0,06
	Irradiación solar	0,06

Fuente: CENEPRED (2019).

Los pesos asignados a los factores condicionantes se justifican detalladamente en el apéndice 2 mediante la aplicación del método AHP (Proceso Analítico Jerárquico) de Thomas Saaty, validado con índice de consistencia y con consideraciones que menciona el CENEPRED (2019). Para su elaboración, se reclasificaron los rásteres de entrada en una escala común de evaluación; posteriormente, se multiplicaron los valores de celda de cada ráster según su peso relativo de importancia, y finalmente se sumaron los valores resultantes por celda para generar la simulación integrada de factores condicionantes al riesgo de incendios forestales.

b) Factores desencadenantes:

En este apartado se centró en conocer el registro histórico de sucesos en el distrito, así como los focos de calor y áreas afectadas, conocidas como cicatrices. A partir del análisis, se llevó a cabo el modelado del factor desencadenante para identificar las áreas con riesgo de expansión de los incendios forestales. Para el modelado de factor desencadenante se realizó

mediante la densificación de puntos teniendo en cuenta los acontecimientos de los incendios, las cuales ofrecen una aproximación a la distribución espacial en el distrito de Conchán, y posteriormente se incluyó las áreas afectadas, lo cual se muestra a continuación:

- **Registro histórico:** Se recopiló información desde el año 2000 al 2024 donde se registraron incendios forestales de considerada magnitud para analizar su evolución a partir de datos obtenidos del MINAM. Se consideró el periodo anual y mensual donde han ocurrido los incendios forestales. Con todos los datos mencionados se elaboró el mapa de registro histórico de acontecimientos de los incendios.
- **Focos de calor:** Se obtuvo a partir del proyecto FIRMS, el cual es administrado por la NASA, donde consolida, muestra y pone a descarga focos de calor captados por los sensores orbitales MODIS, que lleva consigo los sensores Aqua y Terra teniendo una resolución de 1 km de pixel y del sensor infrarrojo VIIRS que se encuentra a bordo de los satélites Suomi-NPP, NOAA-20 Y NOAA-21, ya que identifica focos de calor con una resolución espacial de 375 metros, ofreciendo una mayor capacidad de respuesta en áreas relativamente pequeñas y capta la actividad nocturna, lo que la convierte en un recurso valioso para la gestión de incendios y mejora la precisión en el mapeo.
- **Áreas afectadas:** Para considerar las cicatrices en el presente estudio se obtuvo a partir de la información proporcionada por el SERFOR para conocer la ubicación y magnitud espacial del territorio afectado en el distrito de Conchán.

3.3.1.3.Tercera etapa: Identificación de elementos expuestos

Se identificaron los elementos expuestos al riesgo de incendios forestales en el distrito de Conchán, clasificados de acuerdo con lo que indica la metodología empleada en elementos patrimoniales naturales y culturales, y elementos socioeconómicos (vivienda, educación y salud).

3.3.1.4. Cuarta etapa: Escenario de riesgo

Para llevar a cabo la evaluación del escenario de riesgo se tuvo en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes para una visualización completa y detallada de las interrelaciones entre los diversos elementos que influyen en el acontecimiento de los incendios forestales en el distrito de Conchán. Para la elaboración del mapa se consideró los diferentes colores que representan los niveles de riesgo, así como la determinación de áreas específicas y el porcentaje que cada uno representa (Tabla 7).

Tabla 7

Establecimiento de rangos de los niveles de susceptibilidad

Rangos de riesgo	Valores de riesgo	Niveles de riesgo
$n_4 < R \leq n_5$	4,01 – 5,00	Muy alto
$n_3 < R \leq n_4$	3,01 – 4,00	Alto
$n_2 < R \leq n_3$	2,01 – 3,00	Medio
$N_1 < R \leq n_2$	1 – 2,00	Bajo

Fuente: CENEPRED (2019).

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se apoyó en bases de información geográfica, que proveyeron mapas base para su procesamiento mediante SIG, facilitando la generación de datos temáticos relevantes para la evaluación del riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán.

Las técnicas utilizadas incluyeron:

- Revisión y descarga de datos geospaciales disponibles en fuentes oficiales y satelitales
- Procesamiento y análisis espacial mediante software SIG, para la generación y manipulación de formatos vectoriales y ráster.
- Análisis de variables ambientales y socioeconómicas mediante técnicas de integración de datos temáticos en SIG.

Para el procesamiento de la información se incluyó de lo siguiente:

- Laptop para el procesamiento SIG.
- Software ArcGIS para el manejo de la información geográfica.
- Software Excel para organización y manejo de datos no espaciales.
- Formatos vectoriales (Archivos shapefile) para presentar la información geográfica
- Acceso a servicio de internet para la obtención de datos actualizados y recursos en línea.

3.4. Hipótesis

- **Hipótesis nula (H_0):** En el distrito de Conchán existen áreas con un riesgo significativo por incendios forestales.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** En el distrito de Conchán no existen áreas en riesgo significativo por incendios forestales.

3.5. Operacionalización de variables

Tabla 8

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento
Variable independiente : Incendios forestales	Nivel de riesgo (Muy alto, alto, medio o bajo)	Áreas en peligro (Superposición ponderada de capas)	Modelamiento de escenarios de riesgo	
Variable dependiente: Nivel de riesgo	Factores condicionantes	Cobertura vegetal	Cartografía, bases de datos en un SIG, recopilación de información de diferentes fuentes	Software ArcGIS, Excel
		Relieve		
		Clima		
	Factores desencadenantes	Registro histórico	SIG, recopilación de información de diferentes fuentes	
		Focos de calor		
		Áreas afectadas (Cicatrices)		
	Elementos expuestos	Elementos patrimoniales	Recopilación de información	Fuentes secundarias oficiales
		Elementos socioeconómicos		

3.6. Procedimientos de recolección de datos

De acuerdo con los objetivos del presente estudio, se basó en la metodología denominada Modelo del escenario de riesgo por incendios forestales elaborada por el CENEPRED para determinar el nivel de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán. Una vez obtenidos los criterios se aplicó el promedio ponderado, superponiendo los mapas ráster de cada elemento analítico considerando la escala de riesgo común con su respectivo peso asignado e importancia. El peso asignado a cada variable de análisis estuvo sujeto a la importancia y se consideró un valor del 1 al 100%.

3.7. Procedimientos de análisis de datos

El análisis estadístico de las variables consideró la media como valor promedio representativo, la mediana para una tendencia central robusta, la desviación estándar para medir la dispersión y los percentiles para clasificar el riesgo en niveles, garantizando así una evaluación fundamentada y útil para la gestión del riesgo por incendios forestales en el distrito de Conchán.

La ecuación estuvo dada por:

$$Rp = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Xi \cdot Pi)$$

Donde:

Rp: Riesgo ponderado

Xi: Variable analítica

Pi: Peso de la variable

n: Número de variables

Para cuantificar el nivel de riesgo la ecuación se desglosó considerando cada variable analítica (Xi) multiplicada por el peso de la variable asignado (Pi), integrando así el aporte

ponderado de todas las variables involucradas (n), para obtener todo el riesgo ponderado total (Rp) considerando lo siguiente:

$$Rp = (X_{\text{pendiente}} * 0,26) + (X_{\text{combustible}} * 0,46) + (X_{\text{climas}} * 0,16) + (X_{\text{vientos}} * 0,06) + (X_{\text{irradiación solar}} * 0,06)$$

3.8. Material y equipos

La recolección de datos se apoyó en lo siguiente:

- Revisión y descarga de datos geoespaciales disponibles en fuentes oficiales y satelitales
- Procesamiento y análisis espacial mediante software SIG, para la generación y manipulación de formatos vectoriales y ráster.
- Análisis de variables ambientales y socioeconómicas mediante técnicas de integración de datos temáticos en SIG.

Para el procesamiento de la información se incluyó de lo siguiente:

- Laptop para el procesamiento SIG.
- Software ArcGIS para el manejo de la información geográfica.
- Software Excel para organización y manejo de datos no espaciales.
- Formatos vectoriales (Archivos shapefile) para presentar la información geográfica
- Acceso a servicio de internet para la obtención de datos actualizados y recursos en línea.

3.9. Aspectos éticos

Se priorizó los principales valores morales de una investigación como el respeto, honestidad, responsabilidad, objetividad, imparcialidad, integridad y la apertura para el progreso de la investigación. Por lo tanto, se consideró la propiedad intelectual de los autores, el empleo de un diseño adecuado, la veracidad, la confidencialidad, se redactó un informe completo y se evitó las desviaciones de la investigación y las conductas no éticas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan y analizan los hallazgos obtenidos mediante la aplicación del Modelo del escenario de riesgo por incendios forestales diseñado por el CENEPRED para el distrito de Conchán. Se detallan los niveles de riesgo identificados, basados en variables ambientales, sociales, económicas y territoriales que fueron consideradas en el análisis. Los resultados permiten detectar las áreas con mayor grado de exposición y vulnerabilidad frente a incendios forestales, ofreciendo información fundamental para la planificación territorial. Además, se presenta una discusión crítica que contrasta estos resultados con estudios previos, evaluando su importancia para las estrategias de prevención y reducción del riesgo en la zona de estudio.

4.1. Descripción de resultados y/o resultados inferenciales

4.1.1. Análisis de los factores condicionantes territoriales

4.1.1.1. Cobertura vegetal o combustible

Tabla 9

Clases de cobertura vegetal

Tipo de cobertura vegetal	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Pajonal y pasto	6 544,68	42,77
Árboles, arbustos y hierbas	8 742,33	57,13
Área urbana / No combustible	12,12	0,08
Lagunas, lagos y cochas	2,40	0,02

En el mapa de cobertura vegetal (Figura 3) muestra una escala de colores para diferenciar entre pajonales y pastos (verde), representando el 42,77% de la superficie de la cobertura vegetal con 6 544,68 ha, los cuales tienen un nivel de combustibilidad muy alto

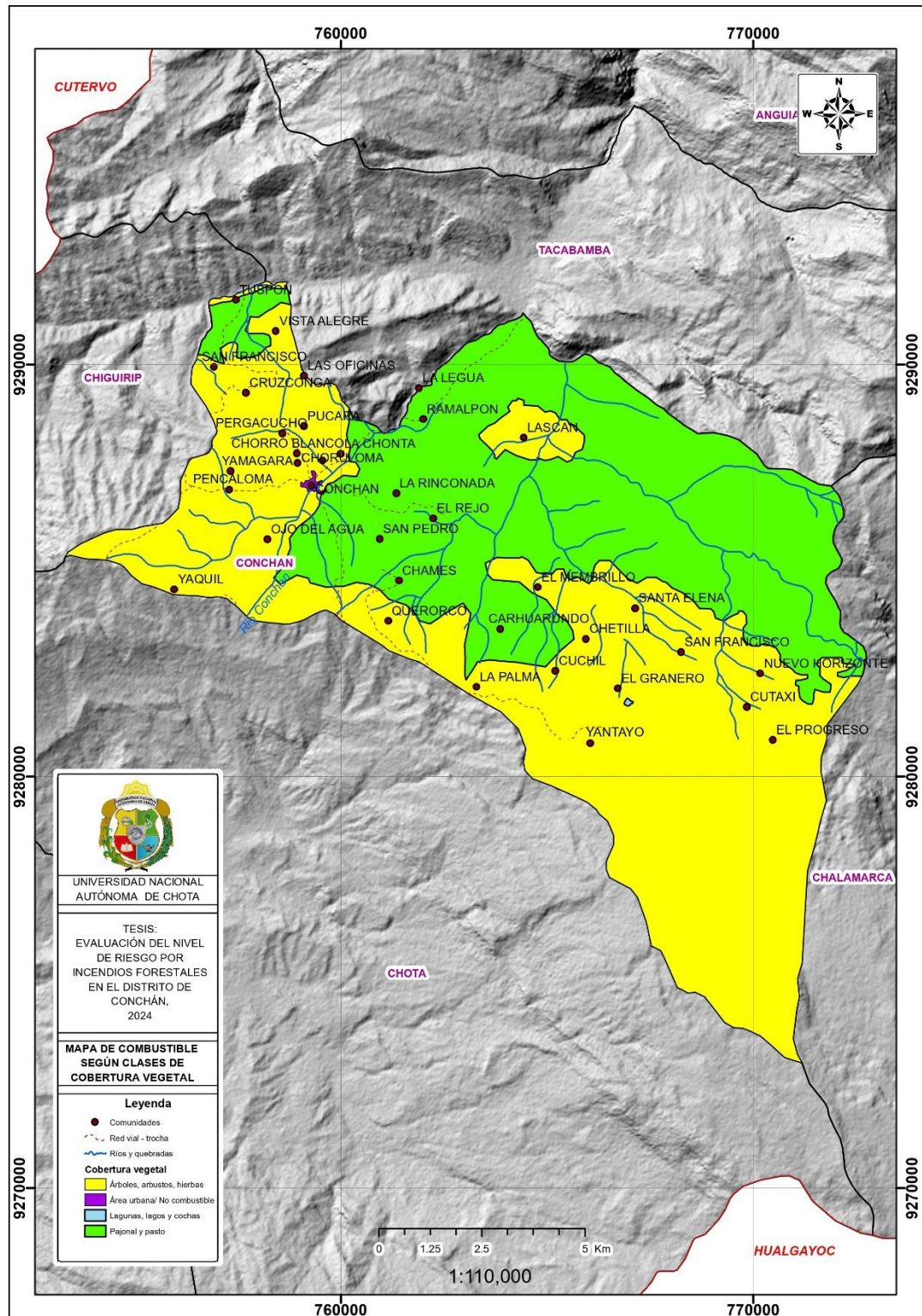
especialmente en estaciones secas y su estructura y densidad permite que el fuego se propague rápidamente.

Otro tipo de cobertura vegetal encontrado son los árboles, arbustos (amarillo) que abarcan una superficie de 8 742,33 ha representado el 57,13% del área; este tipo de cobertura vegetal tiene un nivel de combustibilidad medio y responde de manera diferente a los incendios de acuerdo con sus características físicas, su composición química y adaptaciones al fuego.

En cuanto a los no combustibles y/o área urbana (morado) abarcan un menor espacio con 12,12 ha de superficie representando un 0,08% del área total teniendo un nivel de ignición muy bajo. Además, se determinó la presencia de lagunas, lagos y cochas por su rol importante ante un incendio, ya que pueden cumplir distintas funciones por no ser inflamables y ayudan a mitigar o controlar los incendios (Tabla 9).

Figura 3

Mapa de combustible a partir de las clases de cobertura vegetal



Nota. Elaborado a partir de datos del MINAM (2015).

4.1.1.2. Pendiente

Tabla 10

Clasificación de pendientes

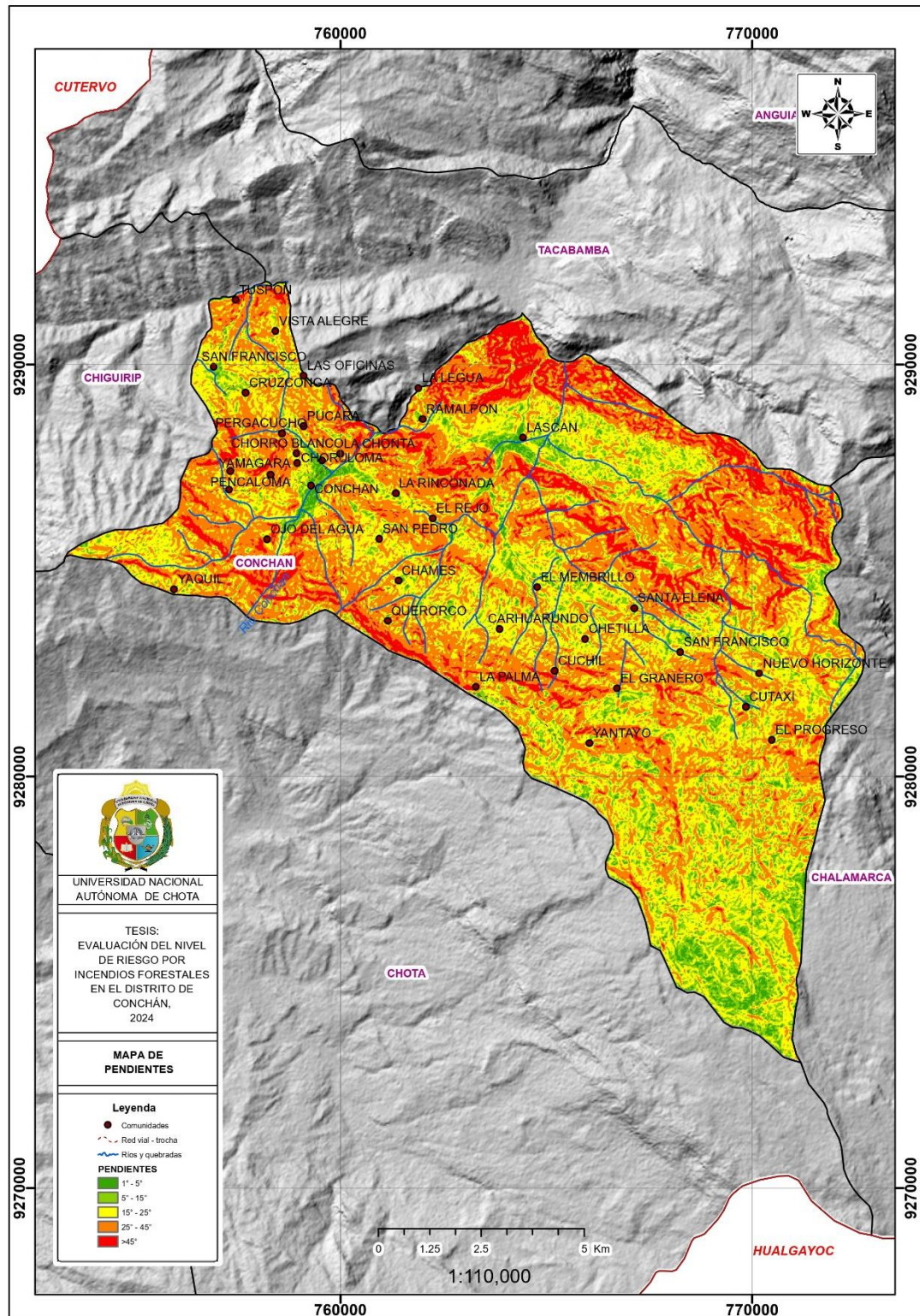
Pendiente	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
1° - 5°	479,84	3,14
5° - 15°	1 613,80	10,55
15° - 25°	5 500,42	35,94
25° - 45°	6 159,33	40,25
> 45°	1 548,09	10,12

Nota. La ponderación de las pendientes se llevó a cabo de acuerdo con los criterios establecidos en la tabla 3.

El mapa de factor pendiente (Figura 4) muestra gráficamente la inclinación del terreno del distrito de Conchán. Las zonas con mayor pendiente son más propensas a incendios pues facilita que el fuego este más cercano de la vegetación llegando a propagarse por contacto, convección o radiación. En la leyenda se explica el rango de inclinación asociado con cada color expresado en grados de pendiente. Las pendientes planas o suaves indican un nivel de riesgo muy bajo y bajo respectivamente; mientras que en las pendientes fuertes el nivel de riesgo es medio. En tanto que el color marrón y rojo simboliza las pendientes más pronunciadas con un nivel de riesgo alto y muy alto. El valor predominante es de 25° a 45° con el 40,25% del área total, esta zona tiene un nivel de riesgo medio. En segundo lugar, se encuentra la pendiente entre 25 a 45° de inclinación con el 35,94% del área total con un nivel de riesgo alto (Tabla 10). De suscitarse un incendio, este avanzará más rápido y con mayor intensidad en las pendientes más pronunciadas, no solo por la mayor eficacia en el desecado del combustible, sino por la interacción con la fuerza del viento en las laderas.

Figura 4

Mapa de pendientes



Nota. Elaborado a partir de datos de Earth Explorer (2024).

4.1.2. Análisis de los factores condicionantes Climáticos

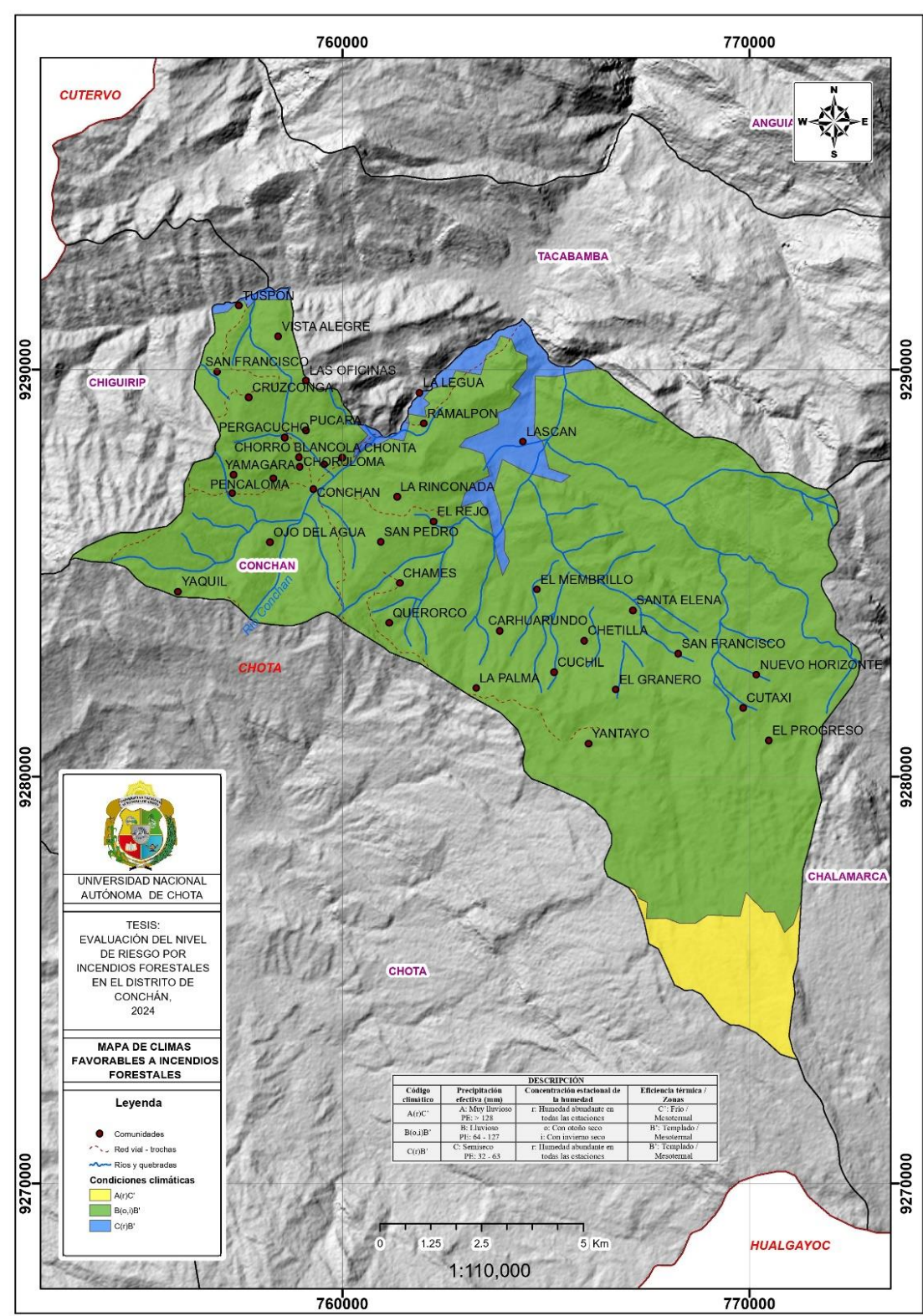
4.1.2.1. Clima

La evaluación de las condiciones climáticas del distrito de Conchán (Figura 5) refleja que las características atmosféricas que abarca el distrito determinan un nivel de riesgo medio, alto y muy alto ante incendios. La mayor parte del territorio lo ocupa el clima B(o,i)B' presenta un nivel de riesgo alto; este se describe por poseer una temperatura templada, lluvioso, con la distribución de la precipitación en invierno y otoños secos. La parte norte del territorio se encuentra abarcado por el clima C(r)B'; este se caracteriza por una precipitación efectiva semiseca, humedad abundante en todas las estaciones y una temperatura templada, estas características hacen de este territorio que se encuentre dentro de un nivel de riesgo medio. Por otro lado, la zona sur del distrito tiene el clima A(r)C', descrito por ser muy lluvioso, con una humedad abundante durante todo el año y una temperatura fría, poseyendo así un nivel de riesgo muy alto (Tabla 11). Es pertinente mencionar que, de acuerdo con estas características climáticas, los incendios ocurren principalmente cuando la época prolongada es estiaje.

La variación climática dentro del distrito genera diferentes niveles de riesgo, lo que dificulta la implementación de medidas preventivas uniformes y requiere estrategias específicas para cada microclima. En la zona con clima B(o,i)B', la acumulación de material seco en otoño favorece la rápida propagación del fuego, especialmente en áreas con pendientes. En la zona norte (C(r)B'), el riesgo podría estar subestimado si no se considera el efecto de los vientos que aceleran el secado de la vegetación. En la zona sur (A(r)C'), el alto riesgo no se debe a la sequedad constante, sino a largos períodos de estiaje que hacen que la vegetación, aunque densa y fría, pueda arder con gran intensidad.

Figura 5

Mapa de climas favorables a incendios forestales



Nota. Elaborado a partir de datos del SENAMHI (2024).

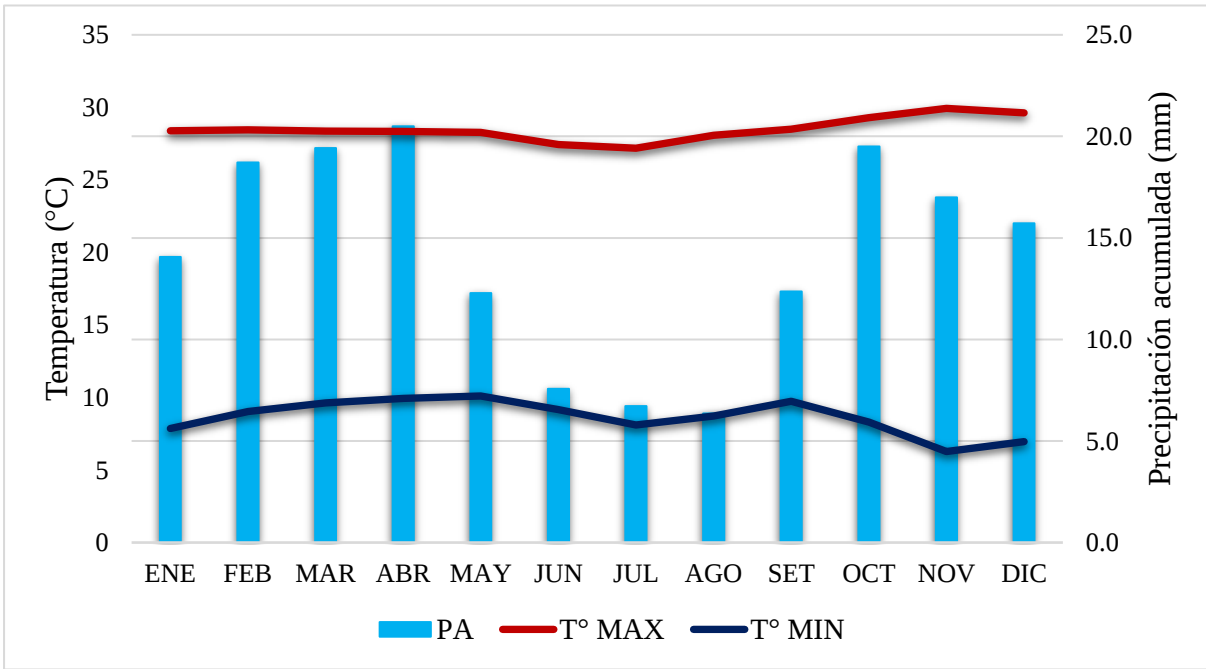
Tabla 11

Descripción climática del distrito de Conchán (Warren Thornthwaite)

Código climático	Área (ha)	Clima / Precipitación efectiva (mm)	Concentración estacional de la humedad	Eficiencia térmica/ Zonas	Nivel de riesgo
C(r)B'	622,99	C: Semiseco PE: 32 - 63	r: Humedad abundante en todas las estaciones	B': Templado/ Mesotermal	Medio
B(o,i)B'	13833,51	B: Lluvioso PE: 64 - 127	o: Con otoño seco i: Con invierno seco	B': Templado/ Mesotermal	Alto
A(r)C'	845,03	A: Muy lluvioso PE: >128	r: Humedad abundante en todas las estaciones del año	C': Frío/ Mesotermal	Muy alto

Figura 6

Climograma entre precipitación acumulada y temperatura (1963 – 2024)



Nota. Elaborado a partir de datos del SENAMHI (2024).

Según el registro histórico de la precipitación acumulada y la temperatura (Figura 6), se muestra un clima cálido con una estación marcada entre la temporada de lluvia y sequía. Las temperaturas máximas se mantienen altas durante todo el año, con valores entre 27 °C y 30 °C, permitiendo condiciones constantes para que el agua se evapore. En tanto que las temperaturas mínimas varían más, descendiendo hasta cerca de los 6 °C en los meses centrales y ascendiendo a unos 10 °C en las temporadas lluviosas. Esta diferencia de temperatura favorece al secado progresivo de la vegetación y el suelo.

En cuanto a la precipitación acumulada, existen dos momentos de mayor precipitación, uno entre febrero y abril y otro entre octubre y noviembre. Entre ambos periodos hay una temporada seca, aproximadamente entre junio y agosto, donde las lluvias apenas van de los 6-10 mm por mes. Esta reducción significativa de las precipitaciones coincide con temperaturas elevadas que facilita que las plantas y el suelo pierdan mayor humedad.

La interacción entre bajos índices de precipitación y temperaturas elevadas provoca un clima ideal para que ocurran los incendios forestales. Durante la temporada seca, la evaporación es mayor que las precipitaciones, lo que hace que la vegetación que creció en la temporada de lluvias se vuelva inflamable. Mientras que, en la temporada de lluvias, el riesgo de incendios se reduce, pero permite la acumulación del combustible que luego servirá de combustible en la estación seca.

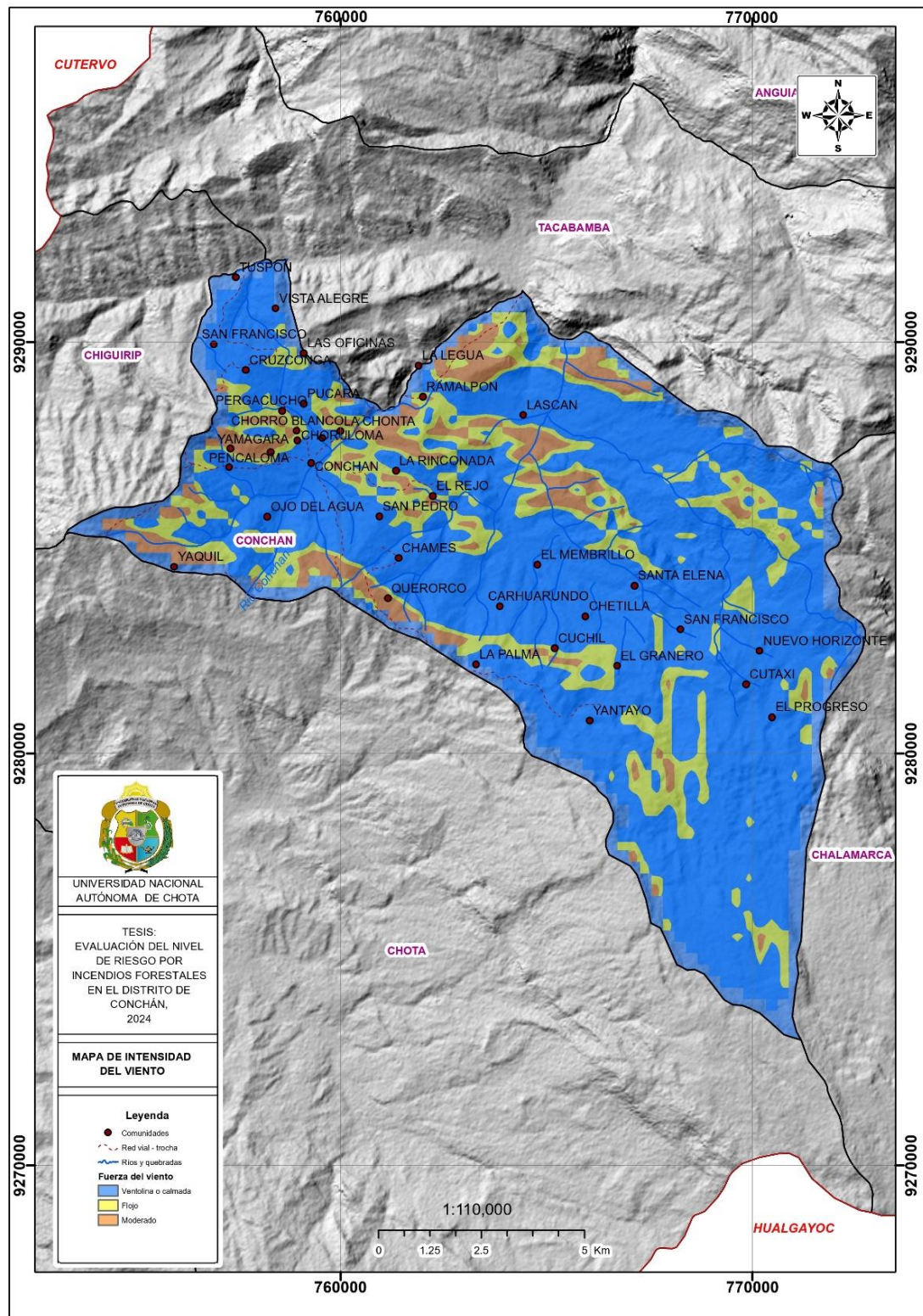
4.1.2.2. Vientos

El mapa de la fuerza de los vientos representa gráficamente a las zonas donde existe mayor concentración y velocidad media del viento del distrito de Conchán (Figura 7). Su clasificación tiene como base a la escala Beaufort considerando su velocidad y efectos en la tierra. Se encontró 3 categorías y de acuerdo con esta clasificación se observa que el color azul es predominante y describe que la fuerza del viento es calmada; su influencia es menor en la propagación del fuego. Mientras que, el color amarillo indica un viento flojo, es decir, genera una propagación no tan rápida del fuego, pero sí a una velocidad considerable. En tanto, el color naranja representa los vientos moderados, el cual contribuye de manera importante en los incendios.

En las zonas donde la fuerza del viento es mayor favorecerá a la acción del oxígeno para reemplazar al consumido durante la combustión y es aún mayor cuando está asociado con las pendientes más pronunciadas, ya que se originan vientos locales convectivos ascendentes, pudiendo avanzar los incendios con mayor rapidez al combustible que aún no se ha quemado ocasionando llamas de mayor longitud y serán más inclinadas acercándose a los combustibles al frente del fuego. Además, puede transportar pavesas lo que puede generar nuevos flancos de fuego y dificultar labores de extinción llegando a causar hasta la pérdida de vidas humanas. Mientras que, de no haber influencia del viento, el fuego avanzará de forma vertical transmitiéndose el calor solo por convección.

Figura 7

Mapa de intensidad del viento



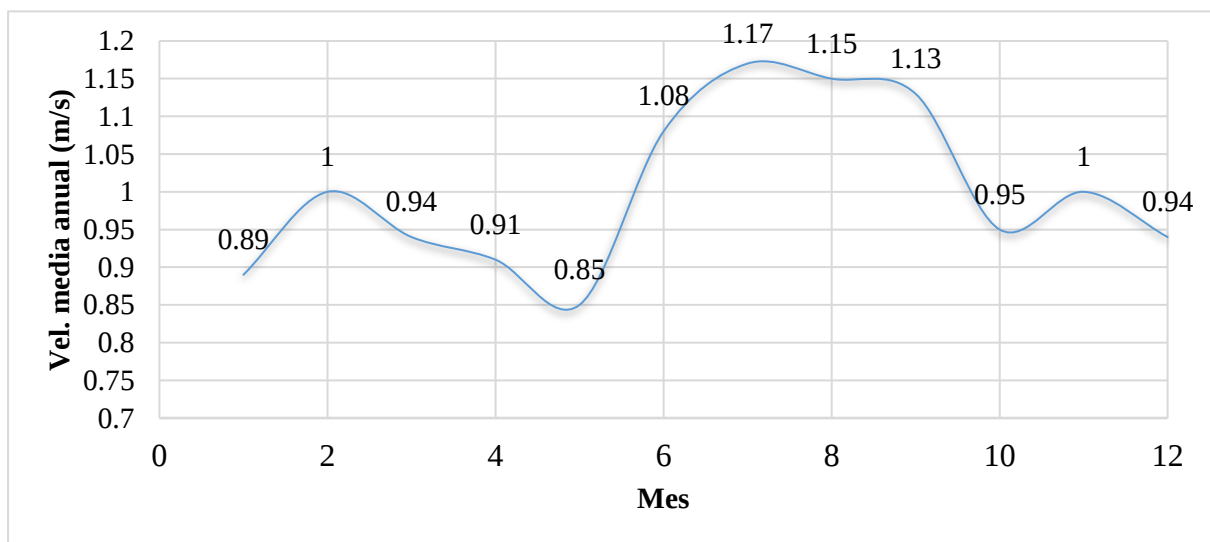
Nota. Elaborado a partir de datos de Global Wind Atlas (2024).

Los gráficos muestran variaciones mensuales y diarias en la velocidad del viento (Figura 8 y 9), con un incremento relativo entre junio y septiembre y un pico diario entre el mediodía y las 6 de la tarde. Sin embargo, aunque estos periodos registran las velocidades más altas, la magnitud de la velocidad promedio anual, que oscila entre 0,7 y 1,48 m/s, es relativamente baja.

De acuerdo con la tabla 4, estos valores corresponden a un viento de tipo ventolina o calmado, lo cual sugiere que, a pesar de la existencia de patrones cíclicos, la velocidad del viento es insuficiente para generar una influencia significativa en la propagación del fuego. En otras palabras, la velocidad del viento no alcanza niveles que faciliten una dispersión rápida o agresiva del incendio forestal, apuntando a que otros factores, como la topografía, la vegetación o la humedad, podrían tener un mayor papel en este riesgo.

Figura 8

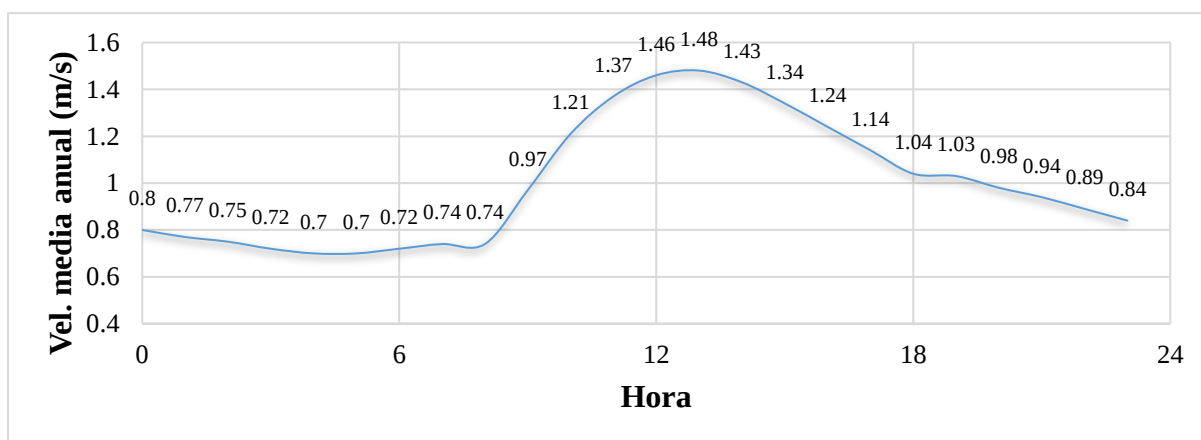
Análisis mensual de la variabilidad de la velocidad del viento



Nota. Recuperado de Global Wind Atlas (2024)

Figura 9

Análisis diario de la variabilidad de la velocidad del viento



Nota. Recuperado de Global Wind Atlas (2024).

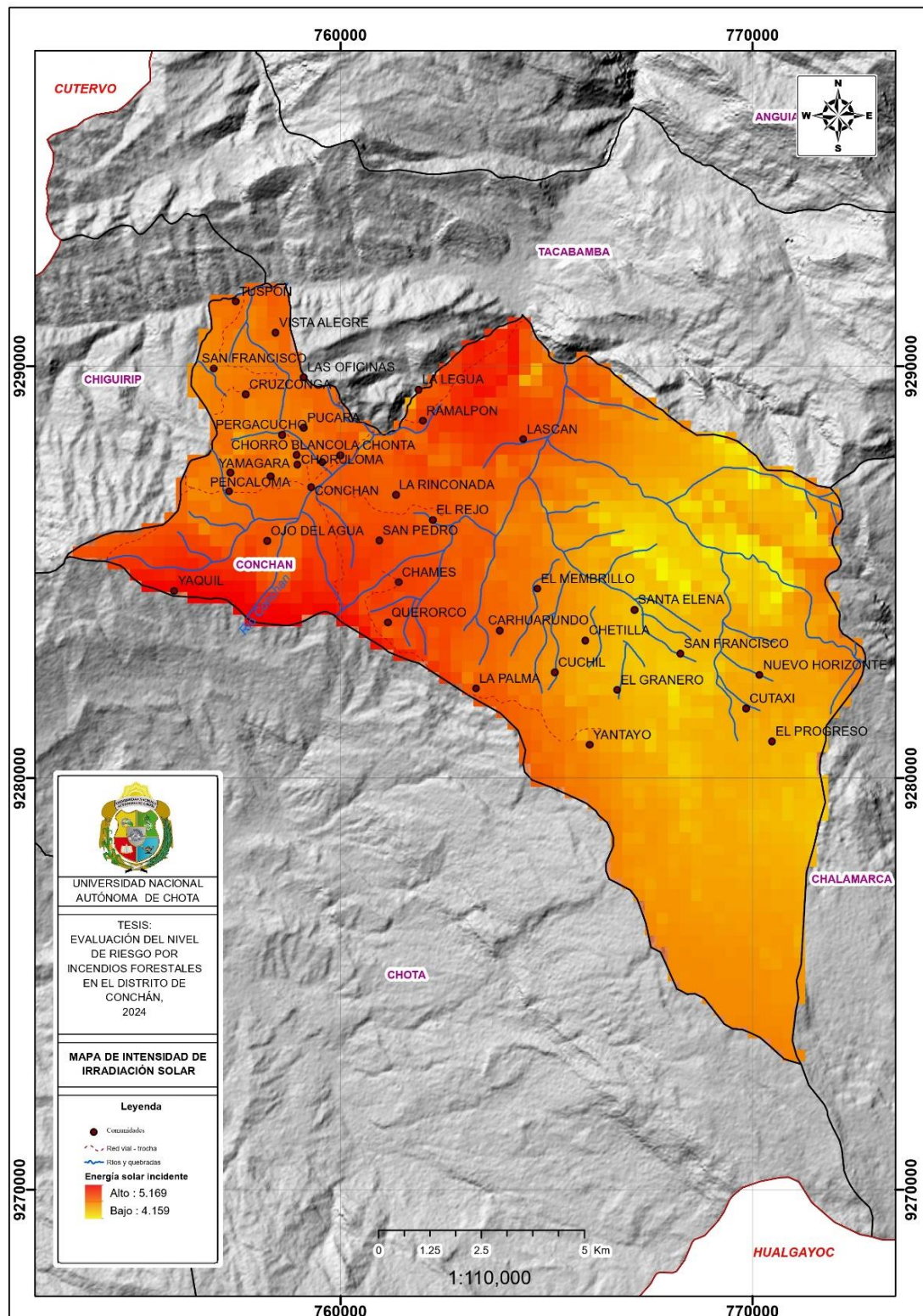
4.1.2.3. Irradiación solar

A nivel promedio anual, las zonas del distrito de Conchán están expuestas a un nivel de energía solar que varía entre bajo y medio, con valores que oscilan entre 4,150 a 5,169 kW h/m² (Figura 10). Las áreas con mayor irradiación tienen mayor riesgo, especialmente durante los meses secos, cuando la vegetación se encuentra más deshidratada aumentando su riesgo a incendios forestales.

La orientación de las laderas influye en la cantidad y tipo de combustible debido a la forma en que reciben la radiación solar. En el distrito, las laderas con exposición norte reciben luz solar directa, lo que las hace más secas, con menor vegetación y continuidad de esta. Por el contrario, las laderas con exposición sur miran hacia el sur y reciben la luz solar de manera oblicua o incluso no la reciben durante varias horas al día, lo que las hace más húmedas y con mayor cantidad de vegetación. Además, la radiación solar directa también afecta la temperatura. El combustible en laderas con mayor exposición al sol estará más caliente y tendrá una temperatura interna más alta que el combustible en laderas menos expuestas. Por otro lado, las laderas orientadas hacia el este y el oeste presentan condiciones intermedias, ya que su exposición al sol varía durante el día.

Figura 10

Mapa de intensidad de irradiación solar

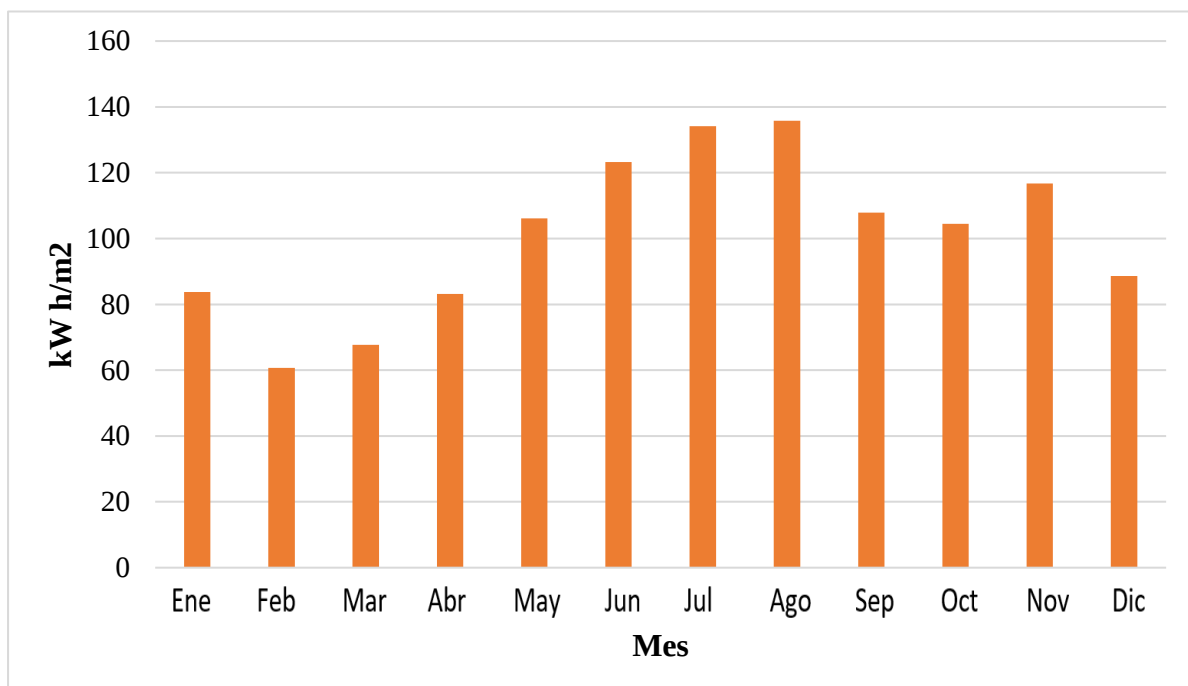


Nota. Elaborado a partir de datos de Global Solar Atlas (2024).

Los valores más altos de irradiación solar directa se dan entre los meses de julio y agosto, con una irradiación cercana a 140 kW h/m², mientras que los meses con menor irradiación solar directa se registran entre febrero y marzo (Figura 11). Esto nos indica que, en la época con mayor irradiación solar directa, la energía llega a la superficie terrestre con una intensidad notablemente superior y con menor dispersión. Este fenómeno deshidrata la vegetación, acumula calor y sequedad en el ambiente, favoreciendo al riesgo de incendios forestales debido a la combinación de factores climáticos y astronómicos como la ausencia de nubosidad y ángulo cenital solar. La irradiación normal directa en promedio por hora alcanza su punto máximo al mediodía, siendo los días más soleados aquellos de los meses julio y agosto (Figura 12).

Figura 11

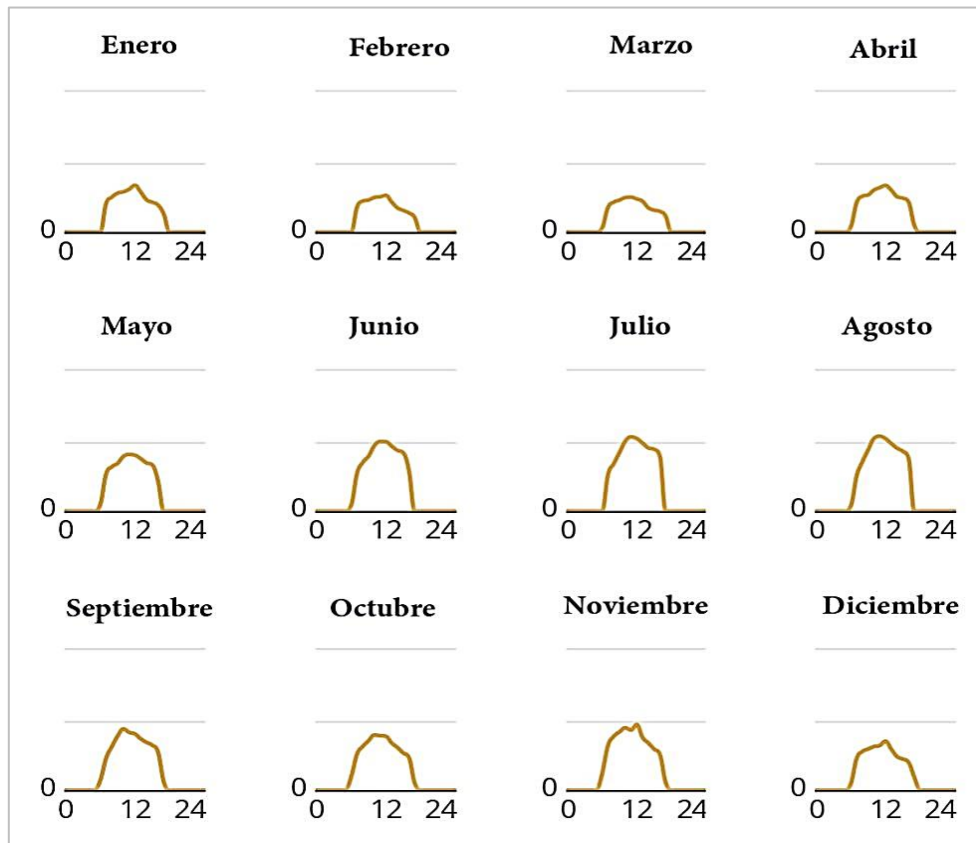
Irradiación solar directa mensual



Nota. Elaborado a partir de datos de Global Solar Atlas (2024).

Figura 12

Irradiación solar directa promedio por hora



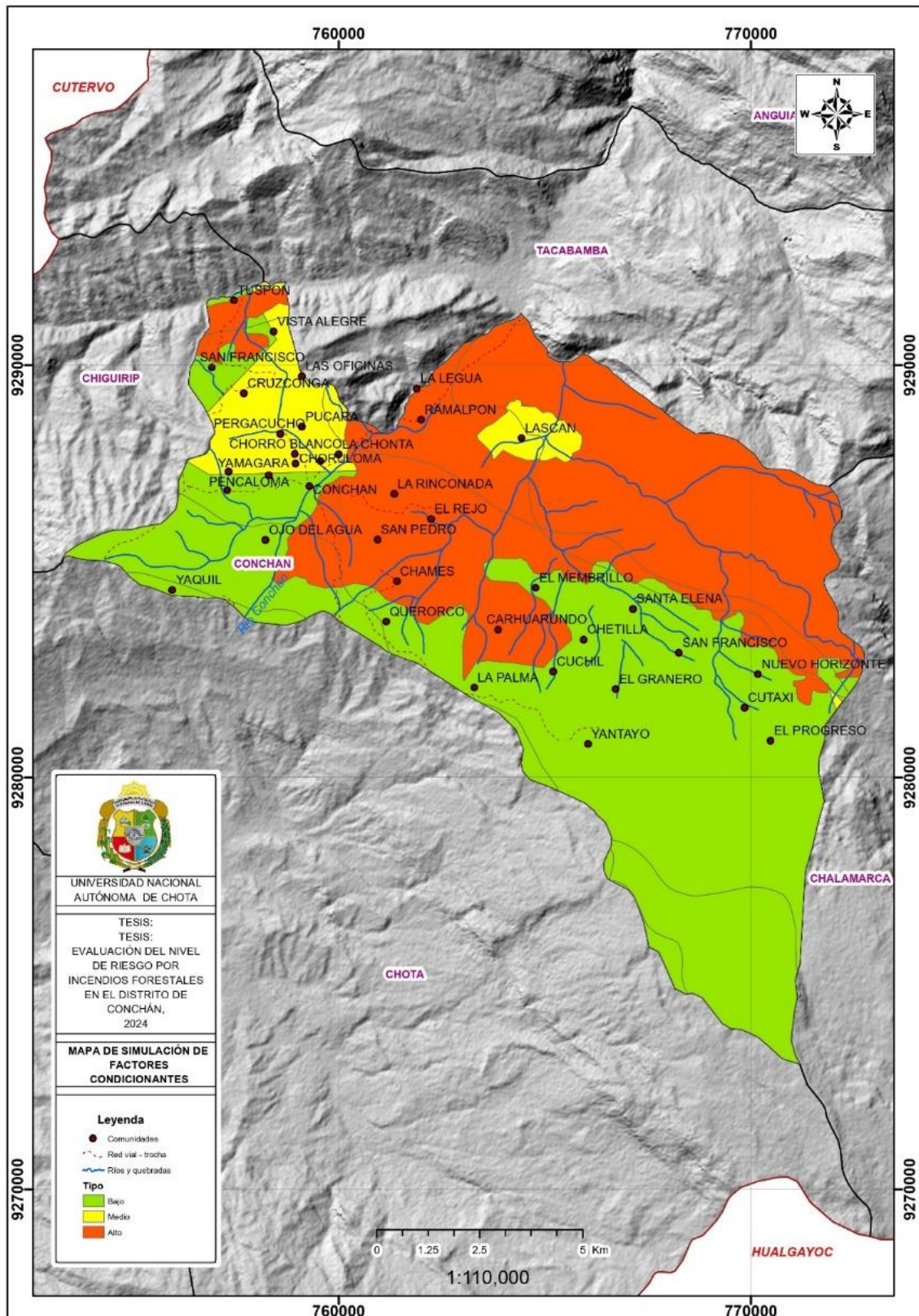
Nota. Recuperado de la plataforma Global Solar Atlas (2024).

4.1.3. Simulación de los factores condicionantes

En el mapa se identifica el modelado de los factores condicionantes, conforme a los pesos asignados en la tabla 7, según la importancia asignada para cada criterio (Figura 13). Esta integración de capas permite visualizar como interactúan los factores territoriales y climáticos. Teniendo en cuenta la probabilidad de ignición y el potencial de intensidad y extensión del fuego, se encontró tres categorías prevaleciendo en área geográfica el nivel de riesgo medio en la parte sur del distrito, seguido del nivel de riesgo muy alto y alto en la parte norte del distrito lo cual indica mayor influencia de los parámetros evaluados.

Figura 13

Mapa de simulación de los factores condicionantes



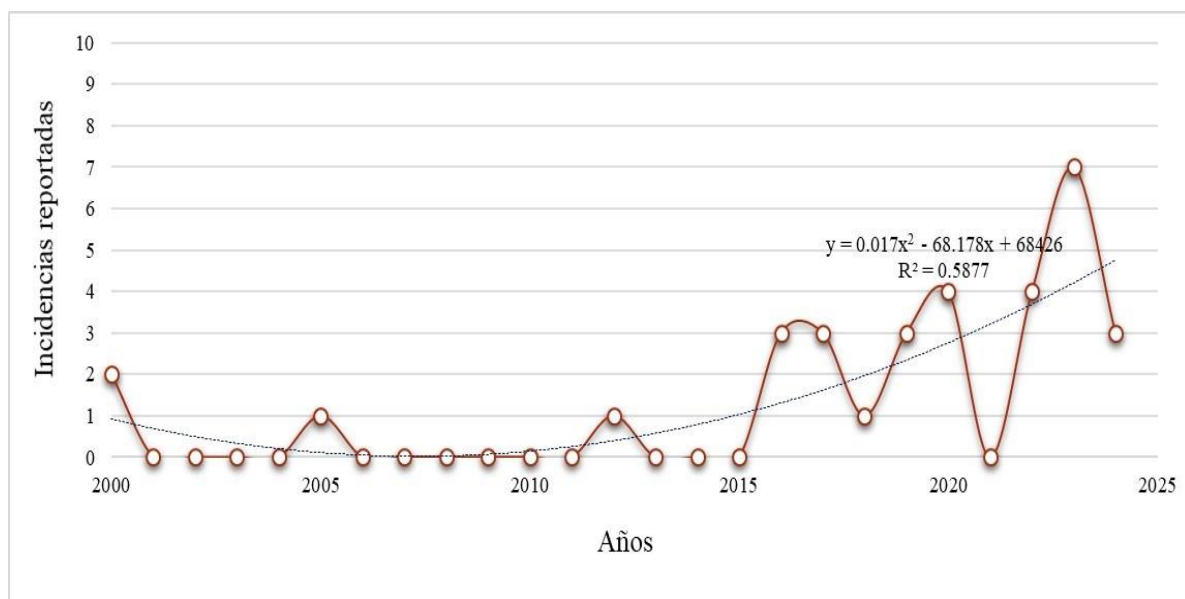
4.1.4. Análisis de los factores desencadenantes

4.1.4.1. Registro histórico

En el gráfico de registro histórico de incendios ocurridos en el distrito de Conchán en el periodo 2000 - 2024 (Figura 14). A lo largo del tiempo se ha incrementado el número de incendios, donde en el periodo 2000-2010 hubo un menor número de incidencias y a partir del año 2016 hay una mayor variabilidad de incendios alcanzando el pico más alto en el año 2024. El coeficiente de determinación indica que existe una relación moderada entre el tiempo y la cantidad de incendios con aproximadamente el 58,77% de la variabilidad de los datos.

Figura 14

Registro anual de incendios forestales (2000-2024)

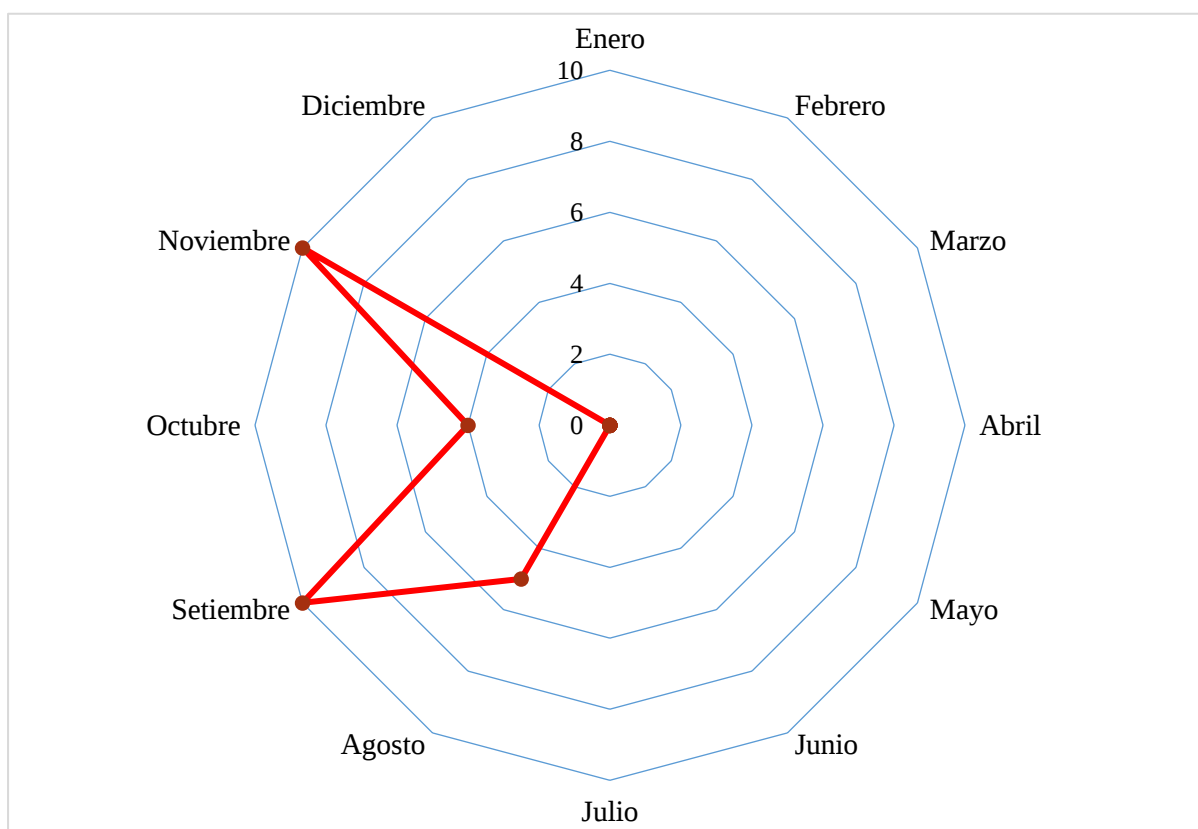


Nota. Elaborado a partir de datos del MINAM (2024) y SERFOR (2024).

En el gráfico de radar (Figura 15), el cual indica que la mayoría de incendios que se han registrado entre los meses de setiembre a noviembre. Teniendo en cuenta los datos climáticos, este periodo se caracteriza por ser seco llegando a favorecer el acontecimiento de los incendios.

Figura 15

Distribución mensual de incendios forestales en el distrito de Conchán



Nota. Elaborado a partir de datos del MINAM (2024) y SERFOR (2024).

En el mapa se puede apreciar la distribución de los incendios forestales ocurridos entre 2000 al 2024 en el distrito de Conchán (Figura 16). La mayor concentración de incendios se ha registrado en la parte norte del distrito, por lo que se refleja la mayor cantidad de puntos en ese sector. Según el registro histórico, los incendios se producen principalmente en dos tipos de ecosistemas: los matorrales andinos y en zonas agrícolas, siendo más frecuentes en los matorrales andinos. Este patrón indica una clara relación entre las características del ecosistema y el acontecimiento de los incendios.

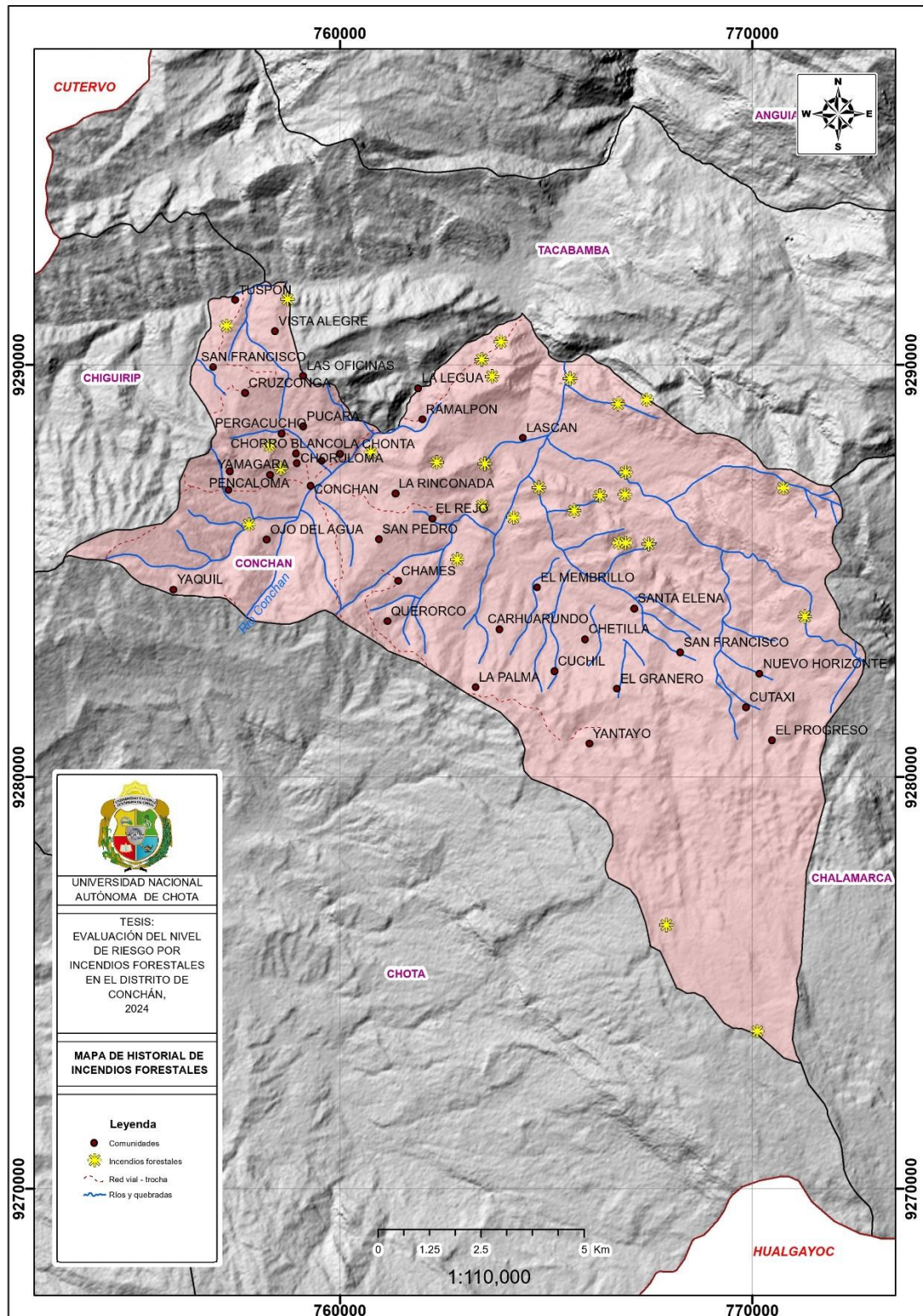
La mayor incidencia de incendios en el norte del distrito resulta de la interacción entre pajonales y pastos (42.77% de cobertura, Figura 2), con alta combustibilidad en época seca, y pendientes de 25°-45° (Figura 3; Tabla 10), que favorecen la propagación por convección y

radiación. Esta área presenta clima C(r)B' de riesgo medio (Figura 4; Tabla 11), con vientos flojos a moderados que aceleran el secado de la vegetación y transportan brasas, aumentando el riesgo de matorrales andinos respecto a zonas agrícolas.

En tanto que, los climas predominantes B(o,i)B' y sur A(r)C' registran menor frecuencia histórica, pese a arbustos y árboles (57.13%) y pendientes pronunciadas, debido a mayor humedad relativa que reduce el comienzo de los incendios, aunque períodos prolongados de estiaje podrían generar eventos de mayor intensidad en el futuro.

Figura 16

Mapa de historial de incendios forestales



Nota. Elaborado a partir de datos del MINAM (2024).

4.1.4.2. Focos de calor

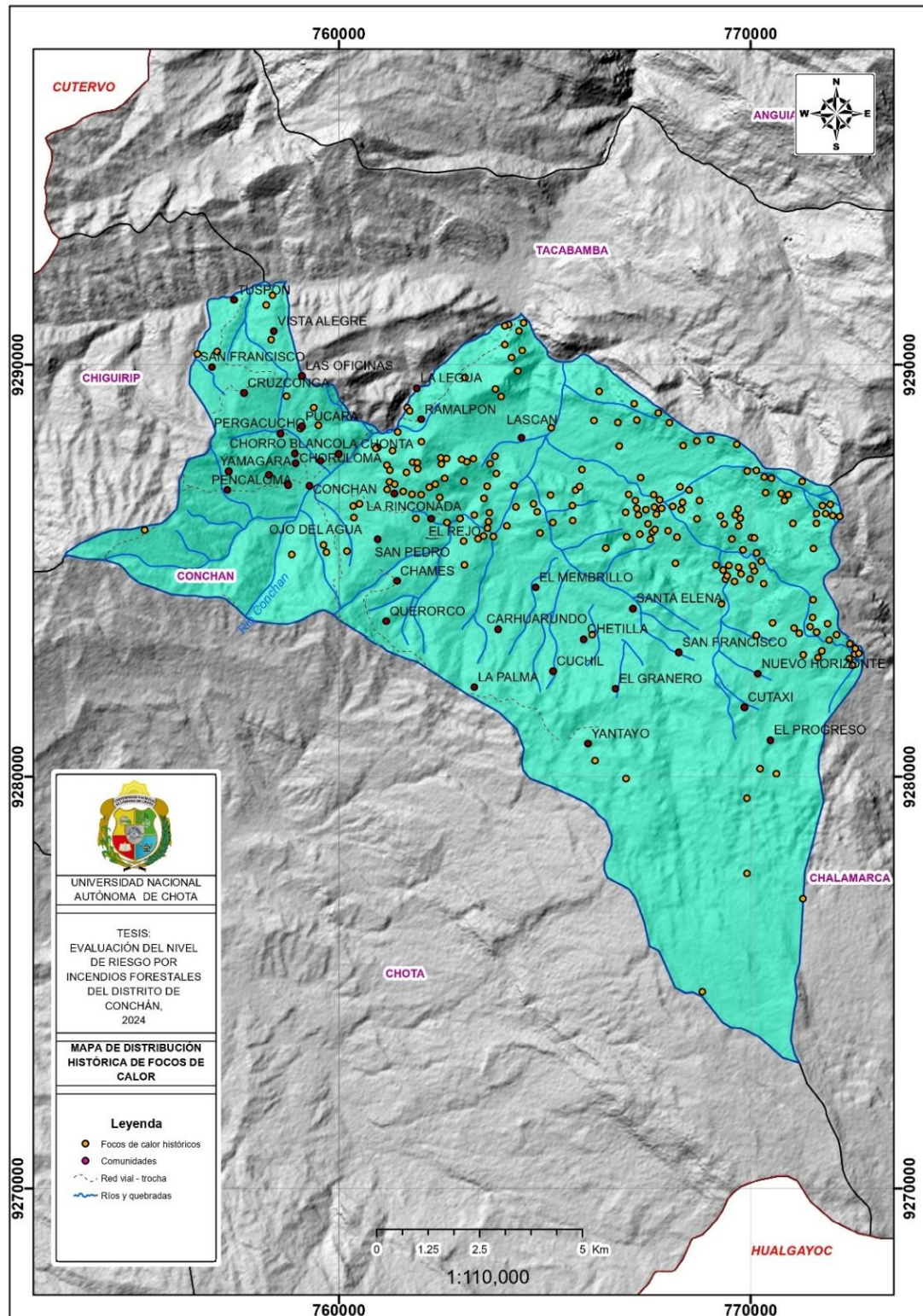
Se constata el registro histórico de los focos de calor del distrito de Conchán (Figura 17), el cual es necesario para la vigilancia y gestión de incendios. El sensor MODIS muestra datos de focos de calor del año 2000 al 2024, mientras que el sensor VIIRS muestra datos a partir del 2012 al 2024. Estos datos han sido previamente geoprocesados para evitar puntos repetidos. La mayor cantidad de anomalías térmicas se aprecia en la parte norte del distrito debido a la concentración de una vegetación densa.

Cada foco de calor detectado en las imágenes satelitales representa una señal que indica la presencia de fuego en una determinada área. Estas imágenes se obtienen con sensores cuya resolución espacial puede variar considerablemente, generalmente desde 1 kilómetro por 1 kilómetro (1 km²) hasta 4 kilómetros por 4 kilómetros (16 km²) por píxel. Debido a esta variabilidad, un solo píxel puede cubrir un área significativa, lo que implica que la identificación de focos de calor no siempre corresponde a incendios únicos ni necesariamente a áreas pequeñas. Por lo tanto, dentro de un solo píxel que puede abarcar hasta 16 km², podrían existir uno o múltiples incendios simultáneos. Sin embargo, la limitación en la resolución del sensor satelital hace que todos estos focos activos dentro de dicho píxel sean registrados como un único evento térmico. Esta característica del sistema provoca una posible subestimación del número real de incendios en la zona estudiada, ya que la detección satelital agrupa varias fuentes de calor próximas en un solo foco de calor.

Este aspecto es especialmente importante para interpretar correctamente los resultados obtenidos en este estudio, puesto que la cantidad de focos de calor reportados no siempre refleja con exactitud la cantidad efectiva de incendios activos. Por consiguiente, la interpretación de los datos satelitales debe considerar estas limitaciones, y cuando sea posible, complementarse con otras fuentes de información o métodos de mayor resolución para mejorar la precisión en la identificación y cuantificación de incendios.

Figura 17

Mapa de distribución histórica de focos de calor



Nota. Elaborado a partir de datos de FIRMS (2024).

4.1.4.3. Áreas afectadas o cicatrices

En el mapa se pueden identificar las áreas donde la vegetación han sido destruida o alterada por el fuego, siendo la zona norte del distrito la más afectada (Figura 18). Acorde del registro histórico, entre 2000 a 2024 se han sido afectadas 1 594,10 ha, lo que representa el 10,42% del territorio del distrito de Conchán, mientras que el 89,58% del territorio no ha sido perjudicada. Entre las cicatrices más extensas que se han registrado abarcan 434,91 ha, 241,12 ha, 147,61 ha y 147,02 ha, representando el 2,84%, 1,58%, 0,96% y 0,95% respectivamente, del territorio distrital. Entre las cicatrices más pequeñas que se han registrado abarcan 1,39 ha, 2,35 ha, 3,67 ha y 4,06 ha, las cuales no sobrepasan el 0,3% del territorio distrital.

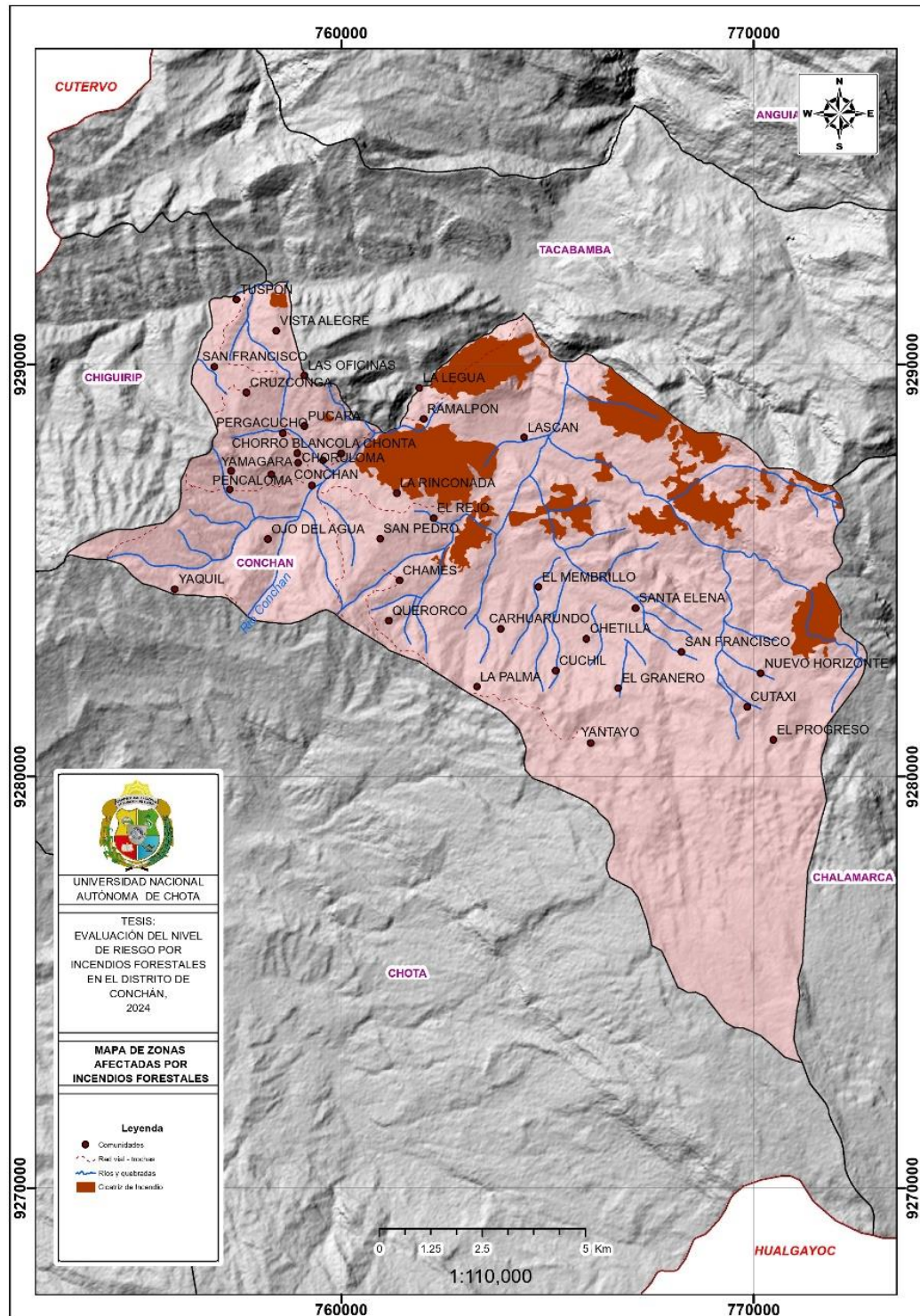
Las cicatrices de incendios concentradas en la zona norte del distrito coinciden el mayor riesgo de esta área como resultado de la interacción de factores territoriales y climáticos analizados previamente, pues destacan los pajonales y pastos, que cubren el 42.77% de la superficie (Figura 2) los cuales presentan alta combustibilidad en época seca. Asimismo, las pendientes entre 25° y 45°, predominantes en el 40.25% y 35.94% del área (Figura 3; Tabla 10), intensifican el riesgo del aumento del fuego.

Las cicatrices extensas muestran procesos de propagación lineal acelerada en laderas expuestas, mientras que las de menor tamaño evidencian el uso del fuego en zonas agrícolas y matorrales andinos, frecuentemente asociadas a prácticas antrópicas como la quema de rastrojos.

Cabe precisar que el 89.58% del territorio no afectado no equivale a ausencia de riesgo, sino a una menor frecuencia determinada por la mayor humedad relativa en los climas B(o,i)B' (Figura 4; Tabla 11). No obstante, la presencia de arbustos y árboles (57.13%) en pendientes pronunciadas podría generar eventos de alta intensidad durante estiajes prolongados. Este patrón histórico respalda la zonificación del riesgo y la necesidad de priorizar intervenciones de restauración ecológica en el norte del distrito.

Figura 18

Mapa de zonas impactadas por incendios forestales (cicatrices)



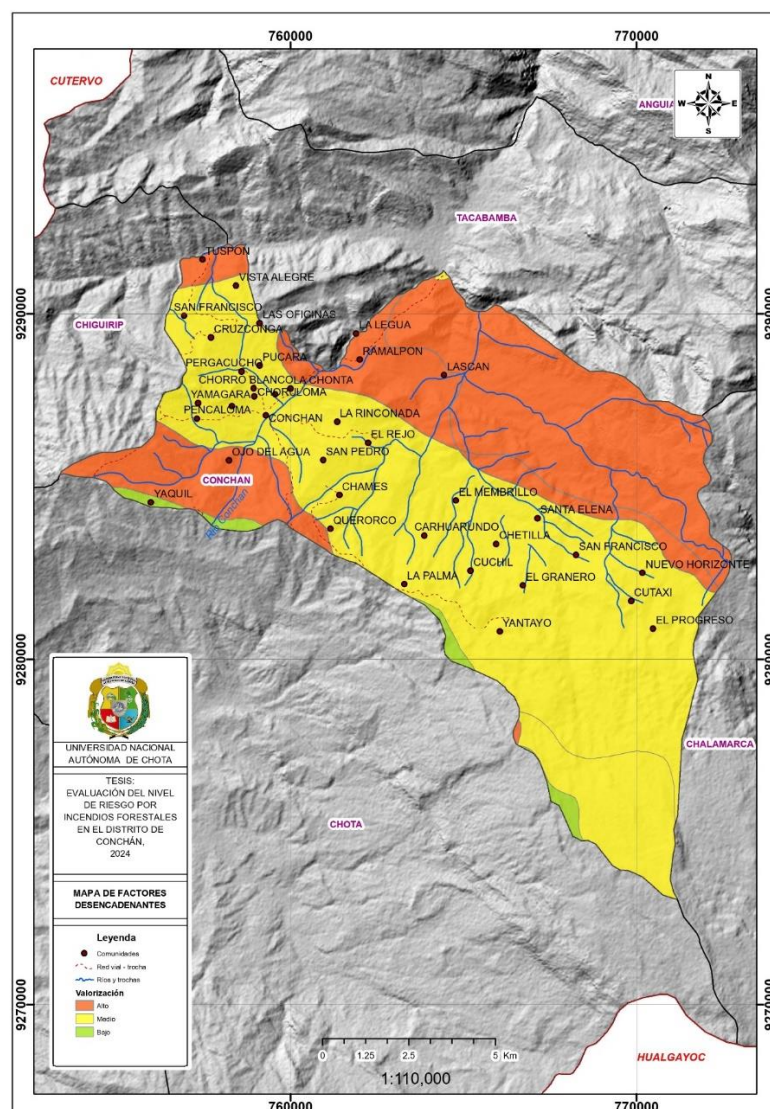
Nota. Elaborado a partir de datos del SERFOR (2023).

4.1.5. Simulación de factores desencadenantes

Considerando los factores desencadenantes de los incendios forestales, se observa un riesgo significativo en el distrito de Conchán, estimándose que el 60,42% del territorio, que abarca 9 245,29 ha, presenta un nivel de riesgo medio, seguido por el nivel de riesgo alto que representa el 38,12% del área del distrito de Conchán, abarcando 5 833,60 ha. Por otro lado, el nivel de riesgo bajo ocupa una proporción menor, alcanzando solo el 1,46% del espacio territorial (Figura 19).

Figura 19

Mapa de simulación de factores desencadenantes



4.1.6. Análisis de elementos expuestos

Se presenta un análisis del riesgo por los incendios forestales en el distrito de Conchán asociado a los elementos expuestos, clasificados dentro de los elementos patrimoniales y socioeconómicos.

4.1.6.1. Elementos patrimoniales

Para el análisis de riesgo por incendios forestales al que podría estar expuesto los elementos patrimoniales, se realizó una clasificación en patrimonio natural y patrimonio cultural.

a) Patrimonio natural

El patrimonio natural distrital se encuentra distribuido en diversas áreas con distintas condiciones que influye en el riesgo por incendios forestales debido a sus características específicas de cada lugar (Tabla 12).

El patrimonio natural del distrito de Conchán incluye áreas de bosques nativos ubicados en las zonas altas de Cutaxi, Chetilla, Yantayo, La Palma, Querorco y Yaquil. Estos ecosistemas se encuentran vulnerables ante el riesgo por incendios forestales, ya que podría ocasionar una pérdida significativa de flora y fauna con un daño irreparable para la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Además, zonas como el valle de la hacienda Lascán y espacios de vegetación natural están expuestos a graves deterioros, perdiendo tanto su valor paisajístico como su función ecológica esencial.

Los cuerpos de agua importantes, podrían verse afectados indirectamente mediante cambios en los microclimas y alteraciones en las cuencas hidrográficas que los alimentan debido a la pérdida de vegetación circundante. Asimismo, la Laguna El Granero y otras áreas húmedas enfrentan riesgos debido a la proximidad de incendios y los efectos ambientales que pueden impactar su calidad y biodiversidad.

Otro elemento vulnerable son las tierras de colores, cuya apariencia y conservación dependen directamente del estado de la capa superficial del suelo. El paso del fuego puede dañar esta capa, causando erosión y modificaciones en la composición mineralógica del terreno.

Tabla 12

Elementos naturales expuestos

Patrimonio natural	Lugar	Altitud (m.s.n.m.)	Tipo	Características	Zona de riesgo
Peña Blanca	Pencaloma	2860	Montaña	Mirador natural con potencial valor ecológico y cultural, cuenta escalinatas que llevan al santuario en su cima. La vegetación presente puede convertirse en material combustible, aumentando el riesgo por incendios forestales, especialmente en épocas secas.	Bajo
Bosque nativo de Querorco	La Palma	3000	Montaña	Bosque húmedo montano tropical y mirador paisajístico. Alberga una gran diversidad de flora y fauna, incluyendo especies endémicas. Este ecosistema estaría altamente afectado por el riesgo de incendios forestales, ya que la presencia de fuego puede destruir la biodiversidad única que alberga.	Medio
Valle de Lascán	Lascán	2400	Valle	Valle donde se encuentran restos de una antigua hacienda, alberga una población dedicada principalmente a la agricultura y ganadería activa, junto con una diversidad de especies silvestres y árboles frutales contribuyen a una baja acumulación de material combustible que limitan el inicio y propagación del fuego .	Bajo
Tierra de colores	La Rinconada	2343	Lugar pintoresco	Bosque caracterizado por tener en la parte más alta tierra de colores en forma de pequeños muros y una fuente de agua, presneto gran variedad de flora silvestre y plantaciones de pino. Estas características vegetativas son inflamables, la topografía facilitan la propagación del fuego y dificultan su control.	Alto
Catarata de San Francisco	San Francisco	2615	Caidas de agua	Presenta abundante agua y vegetación abundante a sus alrededores. La disponibilidad de agua y características ambientales de humedad elevada reducen la inflamabilidad del área. Su limitada accesibilidad disminuye la probabilidad de actividades humanas que puedan generar incendios.	Bajo

Patrimonio natural	Lugar	Altitud (m.s.n.m.)	Tipo	Características	Zona de riesgo
Gruta de San Franciso	San Francisco	2806	Gruta o caverna	En su interior presenta pasadizos con formaciones de estalactitas y estalagmitas, un pequeño arroyo surge desde su interir. En las zonas más inaccesibles hay grabados de animales. El cerro esta cubierto por vegetación y animeles diversos. La humedad del lugar y difícil acceso limitan la ignición.	Bajo
Laguna del Amor	Yantayo	2956	Cuerpo de agua	Laguna distinguida por tener forma de corazon y proximidad a otras dos lagunas continuas. Los alrededores presentan vegetación densa destacandose las especies de chonta. Ante el riesgo por incendios su composisión muestra características menos inflamables y retención de humedad.	Bajo
Laguna del Granero	Chetilla	3195	Cuerpo de agua	Ecosistema acuático que alberga diversas especies de animales y plantas acuáticas, su microambiente es húmedo y estable, sus alrededores presenta una topografía hoyada y con cumbres adaptada para actividades agricolas, ganadería y recreativa sinedo un lugar poco susceptible a incendios.	Bajo

Nota. Elaborado a partir de datos proporcionados por la Municipalidad distrital de Conchán (2024).

b) Patrimonio cultural

El patrimonio cultural distrital se encuentra en diferentes zonas cuya ubicación y características determinan distintos niveles de riesgo ante incendios forestales, lo que pone en peligro su conservación y valor histórico (Tabla 13).

En Conchán, los restos elementos culturales (Tabla 13), pueden estar expuestos a amenazas por incendios, ya que pueden provocar daños físicos importantes o incluso la destrucción total o parcial de estos bienes. Los incendios no solo causan daños directos al patrimonio material por el fuego y el calor intenso, sino que también eliminan la vegetación circundante que actúa como barrera protectora natural ante factores erosivos y climáticos, lo que incrementa la vulnerabilidad de estos sitios históricos. Además, al alterarse el entorno natural y cultural, se modifica el paisaje y los ecosistemas asociados. En la zona, se han

reportado incendios que han destruido la vegetación próxima a sitios naturales y culturales, con causas asociadas a técnicas agrícolas poco sostenibles, como quemas para estimular lluvias, junto con condiciones climáticas adversas como fuertes vientos y prolongadas sequías que facilitan la propagación del fuego.

Tabla 13

Elementos culturales expuestos

Patrimonio cultural	Lugar	Altitud (m.s.n.m.)	Tipo	Características	Zona de riesgo
Zona arqueológica de Yamagara	Pencaloma	2298	Sitio arqueológico	Posible ciudadela fortificada situada en la parte alta de la montaña de Yamagara, con un mirador natural desde donde se observa las zonas cercanas. Se observan bases de construcción de piedra y cerámica fragmentaria disperso en un radio de 1 km ² . Aunque las estructuras de piedra y cerámica reducen el riesgo de incendios, su ubicación en una zona montañosa con vegetación cercana acumula y pendiente pronunciada puede facilitar la propagación de estos.	Bajo/ Medio
Pinturas rupestres Los Toritos	Lascán	2400	Sitio arqueológico	Pinturas rupestres. Presenta una diversidad de flora silvestre y aves pequeñas. Estas condiciones indican un ecosistema estable, con baja probabilidad de incendios de estas pinturas es mínimo, sin embargo, el paisaje y valor escénico pueden verse comprometidos.	Bajo
Zona arqueológica de Chontabamba	Lascán	3070	Sitio arqueológico	Debido a la falta de mantenimiento y gestión ambiental los alrededores de las edificaciones se encuentran descuidados permitiendo que la vegetación crezca sobre y al alrededor de las edificaciones, que ante un incendio su valor arqueológico puede estar comprometido.	Bajo

Patrimonio cultural	Lugar	Altitud (m.s.n.m.)	Tipo	Características	Zona de riesgo
Zona arqueológica de Cuchilí	Las Torrecillas - Chetilla	2500	Sitio arqueológico	Presenta un complejo arqueológico con muros cíclopes de hasta 4m, y torres funerarias de 4 pisos, indicando probable control político, social y religioso. Formó parte de la cultura Chetilla. Por las características de la vegetación del lugar, la cercanía a las actividades humanas, y vías de comunicación puede favorecer el riesgo ante incendios. Se recomienda un monitoreo, alerta temprana y acciones preventivas.	Bajo/Medio
Torres de Cutaxi	Cutaxi	2990	Sitio arqueológico	Chulpas prehispánicas construidas con piedra caliza pertenecientes a la cultura Chetilla. Se encuentran abandonadas rodeadas de flora y fauna silvestre. La falta de mantenimiento ante un incendio puede facilitar el avance del fuego. La ausencia de planes de manejo y coordinación comunitaria limita la capacidad de prevención y respuesta ante incendios poniendo en peligro el patrimonio cultural y ecosistema circundante.	Bajo/Medio
Chulpa de Chetilla	Chetilla	2650	Sitio arqueológico	Chulpa funeraria de alrededor de 6m de alto, de 4 pisos elaborada a base de piedra tallada. Se encuentra en la parte central de una ladera. Su ubicación y vegetación circundante pone a este patrimonio cultural en riesgo por incendios forestales, ya que favorece a la propagación del fuego.	Bajo/Medio

Nota. Elaborado a partir de datos proporcionados por la Municipalidad Distrital de Conchán (2024).

4.1.6.2. Elementos socioeconómicos

Analizar los datos sobre la composición demográfica, las características de vivienda y la presencia de establecimientos de salud e instituciones educativas contribuye en la evaluación frente a los incendios forestales no solo para identificar la exposición al riesgo, sino también la capacidad de respuesta y adaptación a esta amenaza, esta información permitirá diseñar estrategias de gestión y mitigación.

a) Población

Se presentan los datos poblacionales del distrito de Conchán, en base al INEI (2017), distribuidos por sexo y grupo etario (Tabla 14 y 15).

El distrito de Conchán tiene una población de 5, 643 personas, con una mayoría de mujeres (51,98%) en comparación con los hombres (48,02%). En cuanto a la distribución etaria, el grupo más grande está formado por individuos de 1 a 14 años (28,14%), seguido por los de 30 a 44 años (20,66%) y los de 15 a 29 años (20,54%). Estos datos indican una población mayoritariamente juvenil, lo que facilita la planificación de acciones de evacuación y mitigación, fortaleciendo así la resiliencia comunitaria frente al riesgo de incendios forestales.

Tabla 14

Población total del distrito de Conchán

Sexo	Población	Porcentaje (%)
Hombres	2710	48,02
Mujeres	2933	51,98
Total	5643	100

Nota. Elaborado a partir de datos del INEI (2017).

Tabla 15*Población por grupo etario del distrito de Conchán*

Género	Edad						Total
	Menores de 1 año	1 a 14	15 a 29	30 a 44	45 a 64	De 65 a más	
Hombres	50	823	559	536	460	282	2 710
Mujeres	40	765	600	630	575	323	2 933
Total	90	1 588	1 159	1 166	1 035	605	5 643
Porcentaje	1,59%	28,14%	20,54%	20,66%	18,34%	10,72%	100,00%

Nota. Elaborado a partir de datos del INEI (2017).

b) Vivienda

Se presentan datos sobre los materiales predominantes en las paredes y techos de las viviendas en el distrito de Conchán (Tabla 16 y 17), para evaluar las condiciones de las viviendas que pueden influir en el riesgo de incendios forestales.

La mayoría de viviendas en Conchán cuentan con paredes construidas principalmente a base de tierra (84,21%) y cemento (15,07%), mientras que en el uso de materiales inflamables como madera o láminas asfálticas es nula. En cuanto a los techos, predominan materiales como calamina (70,87%) y tejas (27,53%), con una mínima presencia de concreto armado (0,98%) y materiales naturales como paja o estera casi nulos (Tabla 17).

Aunque no se han daños directos en viviendas o infraestructura en el distrito de Conchán según los últimos informes, lo que indica que el fuego abarcó principalmente áreas naturales y agrícolas, la relación entre las características actuales de las viviendas e infraestructuras del distrito y el riesgo de incendios forestales requiere atención y medidas preventivas.

Las viviendas con características físicas inapropiadas, como materiales combustibles o baja resistencia al fuego, junto con la alta concentración poblacional, pueden aumentar la

facilidad con que el fuego se propaga y dificultar una evacuación segura y ordenada de sus habitantes. Así mismo, la dispersión de las viviendas en zonas rurales limita la capacidad de respuesta rápida ante incendios, ya que no existen brigadas de bomberos locales.

Tabla 16

Material predominante en las paredes de las viviendas

Tipo de vivienda	Material de construcción predominante en las paredes de la vivienda						Total
	Madera/ Parquet	Láminas asfálticas	Losetas/ cerámicos	Madera	Cemento	Tierra	
Viviendas particulares	-	-	5	9	258	1 458	1 730
Ocupantes presentes	-	-	15	24	850	4 732	5 621
Total	0	0	20	33	1 108	6 190	7 351
Porcentaje	0	0	0,27	0,45	15,07	84,21	100,00

Nota. Elaborado a partir de datos del INEI (2017).

Tabla 17

Material predominante en los techos de las viviendas

Tipo de vivienda	Material de construcción predominante en los techos de la vivienda							Total
	Concreto armado	Madera	Tejas	Calamina	Estera y barro	Triplay/ estera/ carrizo	Paja, hoja de palmera	
Viviendas particulares	16	2	508	1 196	1	7	-	1 730
Ocupantes presentes	56	6	1 516	4 014	3	26	-	5 621
Total	72	8	2 024	5 210	4	33	0	7 351
Porcentaje	0,98	0,11	27,53	70,87	0,05	0,45	0,00	100,00

Nota. Elaborado a partir de datos del INEI (2017).

c) Salud

La disponibilidad y accesibilidad a los establecimientos de salud, así como la afiliación a sistemas de seguro son condicionantes ante la capacidad de respuesta y atención ante emergencias. A continuación, se presentan datos sobre los puestos de salud en el distrito de Conchán y la distribución de la población según su afiliación a seguros de salud (Tabla 18 y 19).

El distrito de Conchán cuenta con varios puestos de salud y centros médicos distribuidos en diferentes sectores, con categorías que varían desde I-1 hasta I-3, lo que refleja distintos niveles de atención disponibles. La proximidad y capacidad de estos establecimientos son cruciales para atender emergencias causadas por incendios forestales, como quemaduras o problemas respiratorios. En cuanto a la protección social, la mayoría de la población (89,42%) cuenta con Seguro Integral de Salud, lo que fortalece la protección social al brindar atención médica gratuita o auxiliar a las poblaciones vulnerables, facilitando el tratamiento oportuno en situaciones críticas. Un pequeño porcentaje está afiliado a ESSALUD (2,73%) y otros tipos de seguro; sin embargo, existe población que no cuentan con algún seguro (7,23%), lo que puede limitar el acceso oportuno a servicios médicos en situaciones críticas.

Tabla 18

Puestos de salud en el distrito de Conchán

Código Único	Nombre del establecimiento	Clasificación	Categoría	Coordenadas UTM	
				Norte	Este
00007087	Lascán	Puesto de salud	I-1	9288448	764173,10
00004762	La Palma	Puesto de salud	I-1	9281997	762829,06
00006813	Yantayo	Puesto de salud	I-1	9280877	766072,36
00004761	Cutaxi	Puesto de salud	I-2	9281800	769552,23
00004759	Conchán	Centro de salud	I-3	9287210	759261,74
00006956	Cruz Conga	Puesto de salud	I-1	9289530	757431,12
00004760	Chetilla	Puestos de salud	I-2	9284048	765823,30

Nota. Elaborado a partir de datos del RENIPRES (2025).

Tabla 19*Población según afiliación a seguro de salud en el distrito de Conchán*

Edad	Tipo de seguro de salud					Ninguno	Total
	Seguro Integral de Salud (SIS)	ESSALUD	Seguro de fuerzas armadas o policiales	Seguro privado de salud	Otro seguro		
Menores de 1 año	88	1	-	-	-	1	90
De 1 a 14 años	1 541	25	3	1	-	19	1 588
De 15 a 29 años	1 011	27	7	1	1	112	1 159
De 30 a 44 años	1 023	30	4	3	2	106	1 166
De 45 a 64 años	841	53	7	6	1	128	1 035
De 65 y más años	542	18	2	1	-	42	605
Total	5 046	154	23	12	4	408	5 643
Porcentaje (%)	89,42	2,73	0,41	0,21	0,07	7,23	100,00

Nota. Elaborado a partir de datos del INEI (2017).

d) Educación

La educación es un factor clave en la evaluación de riesgo por incendios forestales, ya que influye en la preparación y capacidad de respuesta de la comunidad ante emergencias. Conocer la distribución y niveles de las instituciones educativas permite identificar oportunidades para implementar programas de sensibilización, capacitación y prevención desde edades tempranas. A continuación, se presentan datos sobre la infraestructura educativa del distrito de Conchán, que aportan información relevante para entender el contexto social que rodea el riesgo de incendios (Tabla 20, 21 y 22).

El distrito de Conchán cuenta con un total de 36 instituciones educativas distribuidas en diferentes niveles: inicial (jardín y no escolarizado), primaria y secundaria, destacando una mayor cantidad en los niveles inicial y primaria. Estos centros, aunque diversos en tamaño, representan puntos estratégicos para la difusión de conocimientos sobre prevención de

incendios y manejo de emergencias, especialmente en una población con alta proporción de jóvenes y niños. La presencia de docentes y la cantidad de alumnos en cada institución indican la cobertura educativa y la posibilidad de alcanzar a gran parte de la comunidad a través de campañas educativas.

La distribución del nivel educativo alcanzado por la población del distrito de Conchán revela que casi la mitad (48,25%) ha completado la educación primaria, seguida por un 24,34% con nivel secundario, y un 17,34% que no cuenta con ningún nivel educativo formal. Estos datos indican que, aunque la mayoría tiene acceso a educación básica, existe un porcentaje significativo de personas con baja escolaridad, lo cual puede limitar la comprensión y adopción de medidas de prevención y respuesta ante incendios forestales.

Tabla 20

Número de instituciones por niveles de educación

Inicial - Jardín	Inicial no escolarizado	Primaria	Secundaria	CEBA	ISP	IST	CETPRO	Total
13	6	12	5	0	0	0	0	36

Nota. Elaborado a partir de ESCALE (2024).

Tabla 21

Instituciones educativas del distrito de Conchán

N°	Código modular	Nombre de IE	Nivel / Modalidad	Dirección	Alumnos	Docentes
1	1108588	360	Inicial	Cutaxi	16	1
2	1108547	359	Inicial	Cruz Conga	37	3
3	1108505	358	Inicial	Chetilla	23	2
4	1108463	357	Inicial	Carhuarundo	20	1
5	0344499	356	Inicial	Jr. Porvenir 198	32	3
6	0448167	10487	Primaria	Carretera Cruz Conga S/N	71	6
7	0448159	10486	Primaria	Carretera San Pedro S/N	40	2
8	0448142	10485	Primaria	Carhuarundo	40	4
9	0448134	10484	Primaria	Chetilla	81	7
10	0610832	José Carlos Mariátegui	Secundaria	Jr. Ernestina Rodríguez S/N	149	8
11	1110352	Aníbal Díaz Bazán	Secundaria	Chetilla	119	12
12	0580878	10950	Primaria	Yantayo	35	3

N°	Código modular	Nombre de IE	Nivel / Modalidad	Dirección	Alumnos	Docentes
13	0580845	10916	Primaria	San Francisco	38	3
14	0448175	10488	Primaria	Carretera Cutaxi S/N	76	7
15	1110196	101140	Primaria	Yaquil	27	3
16	0448126	10483	Primaria	Pencaloma	27	3
17	0448118	10482	Primaria	Chames	48	4
18	0448092	10480	Primaria	Lascan	25	3
19	0448084	10479	Primaria	Jr. Ernestina Rodríguez S/N	95	7
20	0759894	José Olaya	Secundaria	Cutaxi	78	8
21	1434851	Cruz Conga	Secundaria	Cruz Conga	78	8
22	1520790	548	Inicial - Jardín	San Francisco	15	2
23	1520832	552	Inicial - Jardín	Chames	14	1
24	1520808	549	Inicial - Jardín	San Pedro	18	2
25	3011811	Los Geranios	Inicial No Escolarizado	Carhuarundo	10	0
26	3002716	Los Pollitos	Inicial no escolarizado	El Membrillo	1	0
27	1628965	576	Inicial - Jardín	Pencaloma	14	2
28	1654615	612	Inicial - Jardín	Yantayo	4	1
29	1654623	613	Inicial - Jardín	Yaquil	9	1
30	1659259	632	Inicial - Jardín	Lascan	7	1
31	1665520	Haya De La Torre	Secundaria	Chames	61	7
32	3000434	Los Patitos	Inicial no escolarizado	San Alberto	5	0
33	3890925	Niño Jesús	Inicial no Escolarizado	Nuevo Horizonte	5	0
34	1740778	1516	Inicial - Jardín	Surumayo	9	1
35	3901799	Arco Iris	Inicial no escolarizado	Cruz Conga	10	0
36	3902526	Primeras Huellas	Inicial no escolarizado	Chetilla	7	0

Nota. Elaborado a partir de ESCALE (2024).

Tabla 22

Población según nivel educativo alcanzado

Nivel educativo alcanzado	Sin nivel	Inicial	Primaria	Secundaria	Básica especial	Sup. no univ. incompleta	Sup. no univ. completa	Sup. univ. incompleta	Sup. univ. completa	Maestría / Doctorado	Total
Cantidad	928	317	2 583	1 303	2	61	61	48	47	3	5 353
Porcentaje (%)	17,34	5,92	48,25	24,34	0,04	1,14	1,14	0,90	0,88	0,06	100,00

Nota. Elaborado a partir de datos del INEI (2017). Se consideró únicamente personas mayores de 3 años.

4.1.7. Situación de riesgo

En síntesis, se analizó la probabilidad de ocurrencia, tomando en cuenta factores como las condiciones climáticas, el tipo y estado de la vegetación que sirve como combustible, así como aspectos relacionados con la actividad humana, el uso del suelo y las fuentes de ignición. Además, la pendiente del terreno es un factor determinante en la propagación del fuego. La probabilidad tiende a aumentar durante periodos prolongados de sequía, con vientos fuertes y cuando hay abundante material vegetal seco.

Por otro lado, se consideran las consecuencias desde diferentes perspectivas: ecológicas (como la pérdida de flora, fauna y ecosistemas), socioeconómicas (impacto en agricultura, turismo y otras actividades productivas), humanas (riesgos para la salud, vida y necesidad de evacuaciones) y materiales (daños a infraestructura). La gravedad de estas consecuencias crece a medida que el incendio se extiende y se prolonga en el tiempo.

Finalmente, las consecuencias previsibles permiten estimar el nivel de respuesta y recursos necesarios, que pueden ir desde una vigilancia mínima y control local en niveles bajos, hasta evacuaciones y coordinación interinstitucional en niveles medios, y alcanzar la activación de planes de emergencia multisectoriales y esfuerzos de restauración a largo plazo en niveles muy altos.

Tabla 23

Nivel de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán

Nivel de riesgo	Superficie aproximada (ha)	Porcentaje (%)
Alto	6 516,56	42,59
Medio	3 757,47	24,56
Bajo	5 027,49	32,86
Total	15 301,52	100,00

Figura 20

Proporción de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán

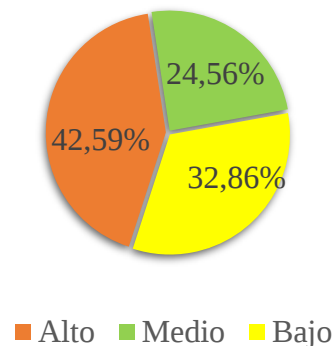


Tabla 24

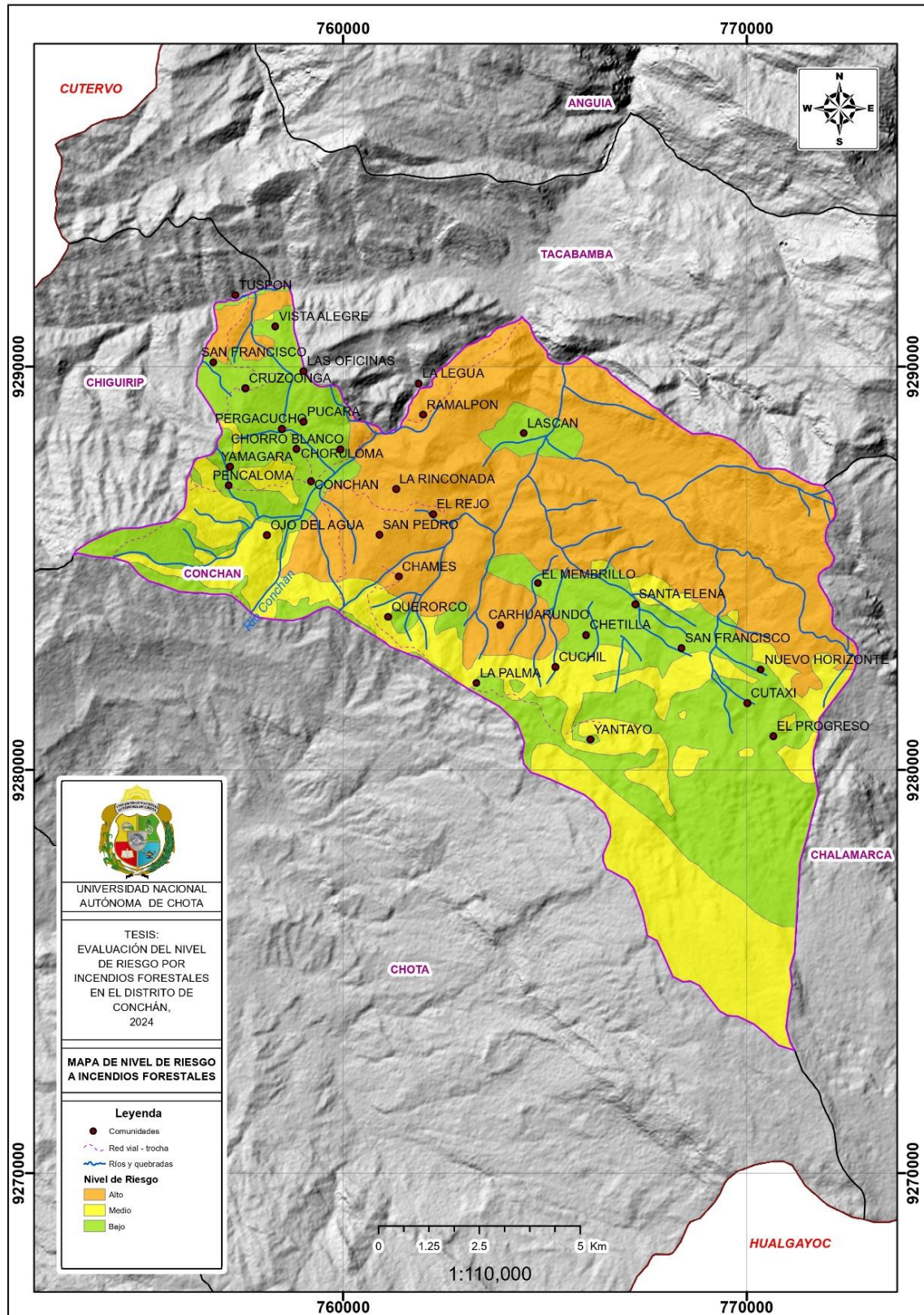
Clasificación del riesgo y análisis de las consecuencias

Nivel de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Consecuencia	Consecuencias Previsibles
Bajo	Rara: las condiciones ambientales no favorecen incendios; la humedad es alta, la vegetación verde y densa, las temperaturas bajas, con pocas fuentes de ignición y poca actividad humana.	Leve: Daño ambiental mínimo y localizado, con rápida recuperación natural, sin afectar a personas ni a la infraestructura.	Incendios localizados y controlables con recursos básicos y respuesta rápida, con un impacto ambiental y económico muy bajo.
Medio	Moderada: Temperaturas templadas, humedad variable y presencia ocasional de fuentes de ignición como fogatas y quemas controladas. La vegetación seca es intermitente y la actividad humana es moderada.	Moderado: Daño notable a vegetación y fauna, pérdida parcial de hábitats. Restricciones temporales en actividades agrícolas o recreativas. Evacuación parcial posible.	Aumento en incendios moderados que requieren coordinación interinstitucional. Son necesarias evacuaciones parciales y restricciones temporales. Hay pérdidas agrícolas y turísticas.
Alto	Alta: Sequías prolongadas, altas temperaturas, vientos frecuentes. Vegetación seca con abundante material combustible (hojarasca, pastizales, arbustos). Actividad humana intensa cercana.	Severo: Gran pérdida de biodiversidad y ecosistemas. Daño notable en infraestructuras locales, con evacuaciones obligadas. Impacto sanitario significativo por humo en población vulnerable.	Emergencias recurrentes: incendios de gran magnitud con elevada dificultad para su control. Graves daños a la biodiversidad, la economía regional y la calidad de vida. Altos costos asociados a la emergencia y la recuperación.
Muy Alto	Muy Alta: Sequía extrema, calor persistente y muy elevado, vientos fuertes con ráfagas intensas. Combustible extremadamente seco y abundante (bosques densos, matorrales, plantaciones). Numerosas fuentes de ignición humanas o naturales sin control efectivo.	Muy Severo: Daños catastróficos y generalizados. Destrucción irreversible de ecosistemas, pérdidas económicas, daños a infraestructuras, problemas de salud y crisis, desplazamientos masivos.	Crisis compleja y prolongada, con incendios devastadores que causan daños irreversibles. Requiere una respuesta multisectorial, planes de emergencia integrados, e inversión en mitigación y restauración ecológica.

Nota. La tabla elaborada se basa en una serie de criterios que permiten evaluar y clasificar el riesgo y el impacto de los incendios forestales.

Figura 21

Mapa del nivel de riesgo por incendios forestales



En el análisis del mapa de evaluación del nivel de riesgo (Figura 21), se observa la predominancia del nivel de riesgo alto, que abarca principalmente la parte norte del distrito de Conchán. Este espacio representa el 42,59% del área distrital, equivalente a aproximadamente 6 516,56 ha. Por otro lado, el nivel de riesgo medio representa el 32,86%, distribuido por todo el distrito y abarcando 5 027,49 ha. Por último, se identifica la presencia del nivel de riesgo bajo, que abarca cerca un aproximado de 3 757,47 ha, lo que representa un 24,56% del espacio total del territorio.

4.2. Contrastación de hipótesis

De acuerdo con el mapa elaborado del nivel de riesgo por incendios forestales, se acepta la hipótesis nula (H_0), que establece que en el distrito de Conchán existen áreas con un riesgo significativo por incendios forestales, predominando el nivel de riesgo alto. Este resultado se fundamenta en los parámetros evaluados en base a la tabla 6.

Tabla 25

Valores y cálculo del riesgo ponderado

Pendiente	Combustible	Clima	Vientos	Irradiación solar	Producto	Nivel de riesgo
1	1	1	1	1	$1 \times 0,26 + 1 \times 0,46 + 1 \times 0,16 + 1 \times 0,06 + 1 \times 0,06 = 1,00$	Bajo
2	3	3	2	2	$2 \times 0,26 + 3 \times 0,46 + 3 \times 0,16 + 2 \times 0,06 + 2 \times 0,06 = 2,54$	Medio
4	4	4	3	3	$4 \times 0,26 + 4 \times 0,46 + 4 \times 0,16 + 3 \times 0,06 + 3 \times 0,06 = 3,76$	Alto

4.3. Discusión

Los resultados referentes a la cobertura vegetal muestran un predominio significativo de pajonales y pastos, con un 42,77%, los cuales son coherentes con el análisis de Martelo & Vargas (2022) en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, quienes asociaron los niveles de riesgo alto con coberturas de similar naturaleza. Dicha coincidencia se explica por similitud de las características ecológicas entre los páramos colombianos y los ecosistemas andinos del norte peruano, pues comparten formaciones herbáceas y arbustivas que, debido a su estructura, facilitan una ignición rápida frente a estímulos externos (MINAM, 2019).

Además, los hallazgos corroboran lo expuesto por Ccanchi (2021), quien identificó en Cajamarca y Cusco que los matorrales andinos y los pajonales de la puna son las coberturas con mayor incidencia en la propagación de incendios. Al igual que en la investigación de Masao (2022) en la provincia de Cajamarca, se constató que la vegetación predominante en áreas altoandinas, caracterizada por una alta densidad de hierbas y escasa cobertura arbórea, constituye el combustible principal que condiciona el comportamiento del fuego (Muñoz et al., 2022).

No obstante, es importante reconocer que esta evaluación se basa en datos de cobertura vegetal obtenidos principalmente de fuentes cartográficas y satelitales, sin contar con un análisis de campo directo. Esta limitación implica que aspectos relevantes como la densidad, estructura específica de la vegetación y variaciones estacionales no se han podido considerar plenamente, lo que puede afectar la precisión en la estimación del riesgo real. Por tanto, aunque la cobertura vegetal es un buen indicador inicial, futuros estudios deberían incorporar muestreos de campo detallados para validar y complementar estos resultados, mejorando así la comprensión integral del riesgo a incendios en el distrito de Conchán.

En cuanto a las pendientes, los resultados coinciden con Masao (2022), al mostrar que en Cajamarca predominan pendientes empinadas a muy empinadas, asociadas a niveles de

riesgo bajo a medio para incendios. En particular, el 40,25% del área estudiada presenta pendientes entre 25° y 45°, asociadas a un riesgo medio, y un 35,94% entre 15° y 25°, con riesgo alto. Esta topografía favorece la rápida propagación del fuego al acercar los combustibles y potenciar la acción del viento ascendente.

Además, el análisis realizado concuerda y profundiza lo expuesto por Alcasena et al. (2019) sobre la interacción entre la inclinación del terreno y el viento. En las laderas pronunciadas se generan corrientes convectivas ascendentes que aceleran el avance del fuego, fenómeno que en Conchán incrementa significativamente el nivel de riesgo. Al incorporar este comportamiento dinámico, el presente estudio demuestra que, en Conchán, la pendiente del terreno actúa como un factor que favorece a la propagación del incendio, lo cual sustenta la necesidad de aplicar medidas de mitigación diferenciadas por grado de pendiente. De esta manera, se supera el enfoque general de investigaciones con menor detalle topográfico.

Sin embargo, existe una discrepancia metodológica con los resultados de Rojas et al. (2023), quienes mediante el algoritmo MaxEnt identifican probabilidades de riesgo alto en áreas de menor pendiente en Apurímac. Esto contrasta con los resultados del análisis realizado, donde se concluye que las pendientes más pronunciadas representan un mayor riesgo. Esta discrepancia se fundamenta en que esta investigación cuantifica la amenaza física directa del terreno, mientras que en los resultados de Rojas et al. (2023) se basa en la correlación estadística con incendios históricos. Por ello, el modelo de la presente investigación sobresale por ser predictivo, ya que identifica el potencial de riesgo físico del terreno aun cuando no existan registros previos de incendios en áreas específicas, lo que le otorga una ventaja técnica sobre los modelos basados únicamente en registro de focos de calor.

Aunque la pendiente es clave en la propagación del fuego, su impacto varía según la orientación, fragmentación y características locales del terreno. Las pendientes muy empinadas

pueden actuar como barreras naturales o cambiar la dinámica del fuego. Por ello, categorizar el riesgo solo por rangos amplios de pendiente puede simplificar la complejidad del terreno.

Respecto a las condiciones climáticas, la evaluación realizada por Ccanchi (2021), asoció la temperatura y precipitación con el aumento de incendios forestales para ecosistemas alto andinos, como Cusco y Cajamarca, determinando que los periodos de sequías prolongadas incrementan el riesgo ante incendios forestales; las épocas de sequía suelen variar, siendo en algunos años más extrema abarcando generalmente los meses desde mayo a setiembre. Esta investigación concuerda con el presente estudio, pues el periodo de estiaje abarca similares temporadas del año. Los incendios ocurren con mayor facilidad tras periodos de escasez. Para que ocurra los incendios, es necesario que exista un nivel adecuado de sequedad, lo que le permite al combustible acondicionarse para arder; los climas con estaciones marcadas permiten que suceda esto, ya que cuentan con una temporada húmeda en la que se desarrolla la vegetación y se acumula el combustible, seguida de una temporada seca en la que esa vegetación se seca y queda expuesto a los incendios (Santín & Madrigal, 2023).

Así mismo, los registros muestran que la temperatura máxima promedio alcanza 21,4 °C en noviembre, con un rango entre 5,0 y 21,4 °C, y un máximo histórico de 28 °C en el distrito de Conchán, estos resultados también coinciden con el estudio de Masao (2022), donde determinó que la temperatura de la provincia de Cajamarca abarca entre 7 a 21 °C con datos históricos entre 2007 a 2017 y menor índice de precipitación entre el periodo de mayo a setiembre. En tanto que difiere con el estudio determinado por Rotondo (2021), en el caserío Hipolito Unanue - Ucayali, difiere en el registro de temperatura, donde el valor promedio máximo mensual se da en el mes de agosto y alcanza un promedio anual de 30,34 °C. Esto se debe principalmente a factores geográficos y climáticos, como la latitud y altitud.

Respecto a la influencia del viento, los resultados de esta investigación indican que la velocidad predominante del viento en el distrito de Conchán es de tipo ventolina, lo que

coincide con los estudios de Alcasena et al. (2019) en el valle de Jussapeña, España.. En ambos casos, la baja magnitud del viento indica que este factor no actúa como un propulsor primario de incendios, a diferencia de lo que ocurre en áreas con régimen es de vientos intensos. Al presentarse vientos predominantemente calmados, se limita la dispersión de pavesas y disminuye la probabilidad de flancos secundarios, validando la teoría de que en Conchán la influencia del viento es menor en comparación con ecosistemas mediterráneos o zonas costeras abiertas. Cuando la velocidad del viento aumenta, la propagación del fuego se acelera debido a una mayor disponibilidad de oxígeno y al desplazamiento de pavesas (Santín & Madrigal, 2023).

No obstante, los resultados obtenidos sobre la influencia del viento difieren de lo sustentado por Yarupaita (2021) en Junín, quien identifica a esta variable como un factor de alta incidencia en la propagación. Esto se explica por las diferencias en la velocidad promedio del viento, ya que en el distrito de Conchán el viento presenta valores menores, lo que reduce su influencia directa sobre el comportamiento del fuego. En ese contexto, la propagación del incendio estaría condicionada en mayor medida por la estructura del combustible y la topografía, mientras que Yarupaita (2021) otorga al viento un papel más determinante.

Además, los resultados obtenidos no coinciden con Ponce & Zacarias (2024) en la provincia de Concepción, por el peso asignado al viento como factor de riesgo constante y elevado. En los datos encontrados para el distrito de Conchán demuestran que, debido a la baja velocidad del viento este factor carece de fuerza suficiente para desplazar pavesas o incrementar el frente del fuego. Esta diferencia se justifica que, ante condiciones de baja velocidad del viento, la topografía y el combustible vegetal son determinantes en el modelado del riesgo.

Concerniente a la irradiación solar, los resultados encontrados indican que las zonas de Conchán con mayor irradiación reciben entre 4,150 y 5,169 kW h/m² anuales con mayor

influencia entre julio y agosto. Estos resultados coinciden con lo señalado por Pallikarakis & Konstantopoulou (2024), quienes en Epirus, Grecia, determinaron que niveles de radiación solar superiores a $4,500 \text{ kW h/m}^2$ influyen en el desecado de la vegetación facilitando así el avance del fuego. Esto se debe a que a mayor irradiación solar incidente supera la capacidad de termorregulación de la vegetación, reduciendo la humedad de la vegetación por debajo del 15%, lo cual facilita que el fuego se genere de manera inmediata.

Asimismo, los resultados encontrados coinciden con el análisis de Ccanchi (2021), quien en los departamentos de Cusco y Cajamarca identificó que el aumento de la irradiación solar directa durante el estiaje, entre junio y setiembre, incrementa el riesgo de incendios debido a que disminuye la precipitación y aumenta la radiación, las áreas quemadas aumentaron en un 30% en los meses señalados. Dato que es similar al distrito de Conchán, donde la mayor radiación ocurre justamente en los meses de menor precipitación.

De igual manera, los resultados coinciden con el estudio llevado a cabo por Yarupaita (2021), donde se determinó valores entre $4,0$ a $6,0 \text{ kW h/m}^2$ al evaluar la radiación solar influyente al riesgo de incendios forestales del departamento de Junín, a las cuales las agrupó en cuatro categorías indicando que existe un nivel de riesgo bajo, medio y alto alcanzando una importancia significativa para el desarrollo de los incendios. Las regiones expuestas al sol suelen recibir una mayor cantidad de radiación solar, lo que conlleva a una disminución de la humedad y de la vegetación en comparación con las áreas más sombreadas. Este fenómeno provoca un aumento en las temperaturas, lo que a su vez seca el combustible disponible. Como resultado, las condiciones se vuelven más propicias para el inicio y la propagación de incendios, facilitando así su avance (Gil, 2020).

En lo que respecta al registro histórico, el resultado de este estudio muestra un incremento de incendios entre 2000 y 2024, con una relación moderada entre el tiempo y la frecuencia. Este hallazgo no coincide con los resultados reportados por Neger & Manzo (2021),

en México, quienes al evaluar áreas protegidas, observaron una disminución gracias a las políticas de manejo. La discrepancia se justifica porque en Conchán, al ser un territorio con elevada actividad antrópica, el incremento histórico responde a las actividades que se llevan a cabo.

De igual manera, los resultados coinciden con lo investigado por Arones et al. (2024) en la puna húmeda de los Andes en Ayacucho, y Masao (2022) en la provincia de Cajamarca, quienes identificaron que la mayoría de los incendios tienen un origen humano relacionado con el ciclo de quemados de pastos. Ésta coincidencia es que la actividad productiva en ecosistemas alto andinos, tanto en Ayacucho y Cajamarca como en Conchán. También se debe tener en cuenta que, aunque parte del incremento en la curva de incidencias se debe a una mejora tecnológica en los reportes ciudadanos, ya sea por las redes sociales u otro medio, el componente estructural de la tendencia es el uso extensivo del fuego como herramienta de gestión agrícola.

En cuanto al registro mensual, los resultados del presente estudio indican mayor concentración de incendios entre los meses de septiembre y noviembre, coinciden con la investigación de Ccanchi (2021) en Cusco y Cajamarca, y por Arones et al. (2024) en la puna húmeda de Ayacucho. En todos estos contextos alto andinos, se registra que los incendios aumentan significativamente en el periodo previo al inicio a la temporada de lluvias. Esto nos indica que la curva de incendios no es aleatoria, sino un patrón estacional de acuerdo a estos autores, derivado de la interacción entre el déficit hídrico y el calendario agrícola. Durante el estiaje prolongado, la vegetación presenta menor contenido de humedad, convirtiéndose en combustible con facilidad de incendiarse.

Por otra parte, el presente estudio difiere con lo indicado por Neger & Manzo (2021) en la Reserva de Las Tuxtlas, México, donde existe una distribución más dispersa a lo largo del año. Esto se debe a la diferencia de ecosistemas, mientras que en el ecosistema tropical

mexicano la humedad se mantiene relativamente alta, en Conchán el régimen de estacionalidad climática difiere debido a las temporadas de precipitación en los Andes.

Respecto a los focos de calor obtenidos en el distrito de Conchán, donde se identificó una mayor concentración de anomalías térmicas en la zona norte debido a la densidad de la cobertura vegetal, coinciden con los hallazgos de Arones et al. (2024) en Ayacucho y Ccanchi (2021) en Cusco y Cajamarca, quienes también localizaron los focos de calor en áreas de alta continuidad de biomasa arbustiva y herbácea. Esta coincidencia indica que la distribución de focos de calor no es aleatoria, sino que responde directamente a la mayor disponibilidad especial de cobertura vegetal en la zona.

Sin embargo, se difiere a los resultados con lo reportado por Rojas (2023) en Apurímac, ya que la magnitud del número de incendios reporta una cantidad menor de eventos en áreas similares; en el registro satelital de Conchán tiende a subestimar el número real de incendios al agrupar múltiples focos dentro de un solo píxel. Esta discrepancia demuestra que, en zonas de alta carga de combustible como parte norte del distrito, la cantidad de incendios es más severa de lo que el conteo unitario de píxeles sugiere, lo que conlleva a interpretar las cifras bajo una perspectiva de mayor densidad térmica, aportando así un mayor rigor técnico sobre la severidad real de los incendios.

Por su parte, la evaluación de cicatrices muestra que el fuego se ha propagación de los incendios se han concentrado en la zona norte del distrito debido a la interacción de pendientes pronunciadas y vegetación, como pajonales, de alta combustibilidad. Estos resultados coinciden con el estudio de Masao (2022) en Cajamarca, Arones et al. (2024) en la puna húmeda de Ayacucho y Ponce & Zacarías (2024) en la provincia de Concepción, quienes concluyeron que la extensión de las cicatrices es el resultado directo de la combinación entre la topografía pronunciada y la continuidad de la cobertura vegetal. Esto se debe a que las pendientes más pronunciadas actúan como vectores de propagación lineal, y al existir una base

de combustible continuo, el fuego no solo se desplaza más rápido, sino que aumenta su área de impacto, señalando así que el riesgo de incendios en Conchán es un proceso de propagación por la vegetación acumulada y condicionado por la topografía.

En lo que respecta al patrimonio natural en Conchán, la evaluación de los bosques nativos, miradores paisajísticos, cuerpos de agua y formaciones ecológicas, basada en la superposición espacial de las variables de evaluación del riesgo, es coherente con el análisis de Martelo & Vargas (2022) en el Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Colombia). En ambos casos, se verifica que los elementos patrimoniales no enfrentan un riesgo uniforme; por el contrario, su nivel de exposición está condicionado por la matriz territorial del combustible y pendiente predominante en sus alrededores. El riesgo del patrimonio natural es una prioridad emergente del paisaje, donde los elementos localizados en zonas con mayor continuidad de pajonales y pendientes abruptas, reflejan una mayor vulnerabilidad técnica frente a aquellos situados en microclimas húmedos o zonas con combustible menos susceptible al fuego.

Asimismo, este estudio coincide con Arones et al. (2024) en Ayacucho sobre la fragilidad de los ecosistemas de cabecera de cuenca. La pérdida de cobertura en áreas donde el análisis de pendientes y clima arroja valores elevados puede alterar los microclimas de los cuerpos de agua, como la Laguna del Amor o del Granero. Este estudio aporta un valor técnico diferencial al no analizar los elementos patrimoniales como entes aislados, sino como parte de un sistema territorial interconectado, donde la zonificación de un punto de acuerdo al mapa final, desencadena una pérdida en la función del ecosistema distrital. Esta visión sistemática, ausente en otros estudios, permite que el análisis presentado sea un insumo estratégico para la conservación, ya que prioriza la protección del patrimonio natural basándose en su ubicación dentro del escenario físico del territorio.

Respecto al patrimonio cultural, que incluye las zonas arqueológicas, pinturas rupestres, estructuras funerarias y restos prehispánicos, los resultados del estudio no coinciden

con lo señalado por Ponce y Zacarías (2024) en Concepción. Mientras dichos autores determinan la exposición patrimonial principalmente en función de la proximidad a centros poblados, esta investigación detalla el riesgo arqueológico a partir de las características climáticas, vegetativas y topográficas, priorizando las condiciones físicas del terreno. Esto debido a que, en territorios altoandinos, estos elementos se encuentran expuestos a riesgos asociados con la vegetación, la pendiente y su interacción con la actividad humana, lo que condiciona su vulnerabilidad.

No obstante, la exposición del patrimonio cultural coincide con lo sustentado por Masao (2022) en Cajamarca, quien indica que la expansión de la frontera agrícola y el abandono de la gestión ambiental de los alrededores de los sitios históricos facilitan el avance del fuego. Cuando la biomasa crece alrededor de las estructuras de piedra de manera descontrolada (como restos funerarios y chulpas) convierte al patrimonio en un conductor de calor, hecho que esta investigación ratifica al observar que la falta de barreras naturales o mantenimiento incrementa drásticamente la vulnerabilidad de estos sitios. Por esto, se debe tener en cuenta que la protección del patrimonio cultural del distrito requiere de una gestión activa del entorno, una propuesta que se alinea con la necesidad de la acción comunitaria sugerida por Arones et al. (2024), teniendo en cuenta un enfoque de mitigación.

En cuanto a los elementos socioeconómicos, el distrito de Conchán manifiesta un sistema caracterizado por una población mayormente joven y viviendas construidas principalmente de materiales tradicionales de adobe y tierra. Estos resultados coinciden con la investigación de Alegría (2020) y Rotondo (2021), quienes manifiestan que la capacidad de respuesta ante un incendio es proporcional a la resiliencia social y la resiliencia física de la infraestructura. En ese sentido, la composición etaria y los materiales de construcción influyen directamente en la rapidez de evacuación y en la vulnerabilidad de las viviendas ante el fuego.

Por otra parte, los resultados sobre la capacidad de respuesta institucional no coinciden con la robustez de los sistemas de atención reportados por Arones et al. (2024) en Ayacucho. Mientras que en sus datos destaca una coordinación comunitaria organizada, en Conchán la dispersión de las viviendas y la falta de brigadas locales de emergencia, sumado a ello que el 7,23% de la población carece de seguro de salud, limitan la capacidad de respuesta rápida ante eventos críticos. Esta discrepancia se fundamenta en que mientras otros autores sugieren que el capital social puede mitigar el impacto, este estudio identifica que las características geográficas y las brechas sociales son limitantes para una atención oportuna ante incendios.

Finalmente, este análisis coincide con el punto de vista de Masao (2022) respecto a que el nivel educativo influye en la adopción de medidas preventivas. En este punto, el distrito de Conchán tiene mayor ventaja técnica al contrastar el nivel educativo alcanzando con la presencia de 36 instituciones educativas distribuidas en el distrito. Mientras estudios regionales previos asumen que la educación formal es suficiente para la prevención. En Conchán, al existir un 17,34% de población sin nivel educativo formal, la estrategia debe ser más táctica y menos teórica, aprovechando los centros educativos como medio de sensibilización directa para las familias, asumiendo así el riesgo de manera integral.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El mapa de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán, elaborado con información hasta 2024, evidencia un riesgo significativo, ya que el 42,59% del territorio (6 516,60 ha) presenta riesgo alto, el 32,86% (5 027,49 ha) riesgo bajo y el 24,56% (3 757,47) riesgo bajo.

Los factores condicionantes influyen significativamente, ya que la cobertura vegetal, compuesta principalmente por pajonales, arbustos y hierbas, actúa como combustible fácilmente inflamable. Además, las pendientes pronunciadas favorecen la propagación del fuego, mientras que el clima templado, con periodos de lluvia sequía, junto con vientos calmados y baja irradiación solar, condiciona la humedad del combustible y limita la rápida expansión del incendio.

Por otro lado, el análisis de los factores desencadenantes, basado en registros históricos de incendios, focos de calor y cicatrices de incendios previos hasta el 2024, permitió identificar patrones espaciales de acontecimientos. Este resultado muestra que la zona norte del distrito de Conchán presenta mayor frecuencia y vulnerabilidad frente a los incendios forestales.

Los elementos patrimoniales (naturales y culturales), así como los socioeconómicos, presentan distintos niveles de riesgo frente a incendios forestales, debido a que las condiciones ambientales, sociales, poblacionales y de vivienda influyen en la capacidad de respuesta y resiliencia.

5.2. Recomendaciones

Basado en los resultados de la investigación, se proponen las siguientes recomendaciones para optimizar la gestión del riesgo de incendios forestales en el distrito de Conchán:

- En zonas de riesgo bajo, mantener limpias las áreas y caminos de maleza y residuos inflamables, prohibir la quema en condiciones inadecuadas, y realizar campañas básicas de prevención.
- En zonas de riesgo medio, además de lo anterior, aumentar la vigilancia en temporadas secas, podar la vegetación y despejar vías para facilitar el acceso de emergencias.
- En zonas de alto riesgo, intensificar la limpieza de vegetación, establecer franjas protectoras, prohibir el uso de fuego abierto, implementar sistemas de alerta temprana, capacitar a la comunidad y asegurar recursos para respuesta rápida.
- Incorporar estrategias de adaptación al cambio climático, actualizando mapas de riesgo, promoviendo manejo forestal sostenible y fortaleciendo la cooperación entre instituciones y comunidades.
- Fomentar la capacitación continua y la organización comunitaria mediante talleres y redes locales de vigilancia que trabajen con autoridades y cuerpos de emergencia.
- Promover campañas educativas locales y la participación activa en la elaboración de planes de protección para aumentar la resiliencia frente a incendios.
- Adoptar mecanismos de mejora continua y evaluación periódica del plan, ajustándolo según la experiencia y nuevos desafíos.
- Apoyar la investigación científica y tecnológica vinculada a la prevención y manejo de incendios forestales.
- Implementar prácticas sostenibles en el manejo del territorio para reducir la propagación de incendios, como cortafuegos naturales y diversificación de cultivos.

- Establecer incentivos para prácticas preventivas y sanciones efectivas para el uso irresponsable del fuego, conforme a la normativa vigente.
- Reforzar la vigilancia legal con multas y sanciones penales previstas en el DS-007-2021-MIDAGRI y el Código Penal, para desalentar daños al patrimonio forestal.
- Incluir en el plan estrategias de rehabilitación ambiental y apoyo a comunidades afectadas, con reforestación y recuperación del suelo.

CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcasena Urdíroz, F. J., Vega García, C., Ager, A. A., Salis, M., Nauslar, N. J., Mendizabal, F. J. & Castell, R. (2019). Metodología de evaluación del riesgo de incendios forestales y priorización de tratamientos multifuncionales en paisajes mediterráneos. *Cuadernos de información geográfica*, 45(2), 571 – 600. doi.org/10,18172/cig,3716
- Alegría Tardón, R. E. (2020). *Estudio y evaluación del riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de las comunas que componen el Área Metropolitana de Valparaíso. Periodo 2000-2017* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/178619/estudio-y-evaluacion-del-riesgo-de-incendios-forestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alfaro Bermúdez, M. L., Muñoz Jélvez, F., Romo Silva, R., Farías Salazar, D., & Chavarriga Guerrero, M. (2020). *Control de incendios forestales para bomberos*. Academia Nacional de Bomberos de Chile. https://www.bomberos.cl/images/mini_sitio_sno/forestal/Curso%20IIFB.pdf
- Alfonso Martínez, M. F. & Montealegre Ramírez, M. F. (2021). *Influencia de la topografía en la severidad de un incendio forestal de bosque seco tropical en la cuenca alta del río Magdalena* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26465>
- Andrades Rodríguez, M., Aransay Azofra, J. M., Diago Santamaría, M. P., Renault Monreal, N. S. L., Llorente Adán, J. A., Ruiz Flaño, P. & Sáenz de Cabezón Irigaray, E. (2020). *Enseñanza de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en estudios de grado y posgrado en la Universidad de La Rioja. Principios teóricos y ejercicios prácticos*. Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/745417.pdf>
- Aronés Cisneros, A., Badia Perpinyà, A., Nadal Tarsa, J., & Bonnesoeur, V. (2024). Incendios

- forestales en ecosistemas de la puna húmeda en los Andes de Ayacucho, Perú. *Investigaciones Regionales – Journal of Regional Research*, 59, 127-147. <https://doi.org/10,38191/iirr-jorr,24,014>
- Armenteras, D. & De la Barrera, F. (2023). Landscape management is urgently needed to address the rise of megafires in South America. *Communications earth & environment*. <https://doi.org/10,1038/s43247-023-00964-6>
- Aznar, P. & Aledo, A. (2020). *Sociología del riesgo y de los desastres socioambientales* [Archivo PowerPoint]. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/118151/1/Clase-Sociologia-del-Riesgo-y-de-los-Desastres.pdf>
- Caballero Cruz, P., Santiago Juárez, W., Martínez Santiago, D., Cruz Santiago, O. L., Pérez Silva, E. R. & Aguirre Calderón, O. A. (2018). Combustibles forestales y susceptibilidad a incendios de un bosque templado en La Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Foresta Veracruzana*, 20(1), 8–18. <https://www.redalyc.org/journal/497/49757295003/html/>
- Cárdenas Castillo, F. (2023). *Análisis de la influencia de variables meteorológicas y del paisaje en el tamaño de cicatrices de incendios forestales desarrollados en la zona Centro-Sur de Chile durante el periodo 2013-2015* [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/196127/analisis-de-la-influencia-de-variables-meteorologicas-y-del-paisaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castañeda Quinchia, D. E. (2021). *Como orientar la gestión del riesgo de desastres por incendios*. Fondo Acción. <https://www.MINAMbiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Como-orientar-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-por-incendios-forestales-a-nivel-municipal.pdf>
- Ccanchi Espinoza, Y. J. (2021). *Evaluación de sequías y del riesgo potencial a la ocurrencia de incendios forestales en ecosistemas alto andinos mediante uso de sensores remotos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2019). *Manual para la evaluación del riesgo originador por fenómenos naturales*. Dirección de Gestión de Procesos (DGP) y Subdirección de Normas y Lineamientos. [https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/guia_manuales/Borrador EVAR V3/MANUAL_EVARv3-PRE.pdf](https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/guia_manuales/Borrador_EVAR_V3/MANUAL_EVARv3-PRE.pdf)

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2020). *Escenario de riesgo por incendios forestales*. Dirección de Gestión de Procesos (DGP) y Subdirección de Normas y Lineamientos. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10472>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2022). *Escenario de riesgo por incendios forestales de la región Cajamarca*. Dirección de Gestión de Procesos (DGP) y Subdirección de Normas y Lineamientos. https://sigrid.CENEPRED.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14476_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales-de-la-region-cajamarca.pdf

Centro de Operaciones de Emergencia Nacional. (2019). *Incendio forestal en el distrito de Conchán-Cajamarca*. INDECI. <https://www.indecigob.pe/wp-content/uploads/2020/10/REPORTE-PRELIMINAR-Nº-1493-11OCT2020-INCENDIO-FORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-PICHIRHUA-APURÍMAC.pdf>

Centro de Operaciones de Emergencia Nacional. (2020). *Módulo de monitoreo y análisis*. INDECI. https://www.indecigob.pe/wp-content/uploads/2020/10/BOLETIN-INFORMATIVO-DE-FOCOS-DE-CALOR_18-10-2020.pdf

Cibrian Tovar, J., Martínez Domínguez, R., & Raygoza Martínez, A. (2021). *Incendios forestales*. CONAFOR. <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/159->

FASCCULOINCENDIOSFORESTALES.PDF

- Crisólogo, M. (2021). *Mapa de pendientes, Ordenamiento territorial de la región Cajamarca zonificación ecológica y económica* [Mapa]. Recuperado en setiembre del 2012. <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/M9%20Pendientes.pdf>
- Córdoba Hernández, R. (2022). Resiliencia territorial desde la perspectiva de la vulnerabilidad ecosistémica. Aplicación metodológica al planeamiento urbanístico de la Comunidad de Madrid. *Ciudades*, 25, 181-200. DOI: <https://doi.org/10,24197/ciudades,25,2022,181-200>
- Costa Alcubierre, P. (2019). *Guía docente de educación ambiental entorno a los incendios forestales*. Fundación FECYT. https://paucofoundation.org/wp-content/uploads/2021/12/guia_docente_2020_castellano.pdf
- Decreto Supremo N°038-2021-PCM. (2021, 1 de marzo). *La política nacional de gestión del riesgo de desastres al 2050*. Presidencia del Consejo de Ministros. https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/DS_038_2021_PCM_POLITICA_NACIONAL_DEL_RIESGO_DESASTRES_AL_2050.pdf
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2017). *El libro de la vulnerabilidad: Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad*. https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/giz_sbv_ES_SOURCEBOOK_screen_v171019.pdf
- Duce Aragües, J. L., Linari Melfi, F. & Fernandez Vicente, C. (2018). *Incendios de Interfaz: Manual de Actuación*. AIFEMA. https://www.researchgate.net/publication/325695034_Incendios_de_Interfaz_Manual_de_actuacion/link/5b2233a8a6fdcc69745e6b44/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Ershad Ali, M. (2020). Geographic Information System (GIS): Definition , Development ,

Applications & Components. *Department of Geography, Ananda Chandra College, March.*

https://www.researchgate.net/publication/340182760_Geographic_Information_System_GIS_Definition_Development_Applications_Components/link/5e7ca93992851caef49e0835/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

Estadística de Calidad Educativa (ESCALE). (2024). *Servicios educativos.*
<https://escale.minedu.gob.pe/padron-de-ieee>

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2019). *Desastres y emergencias naturales naturales: cómo prepararse, responder y recuperarse.* Oficina Regional para América Latina y el Caribe. <https://www.unicef.org/chile/media/3081/file/lacro-desastres.pdf>

Freixa, E. M. y Benito, J. L. (2019). *Prevenir los incendios forestales.* Consejería del Medio Rural y Pesca, El monte asturiano.
[https://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricultura/Politica Forestal/prevenir_incendios_forestales.pdf](https://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricultura/Politica_Forestal/prevenir_incendios_forestales.pdf)

Gil Mora, J. E. (2020). Incendios forestales: causas e impactos. *El Antoniano*, 68 - 113.
<https://doi.org/10,51343/anto.v135i1,866>

Global Solar Atlas. (2024). Global Solar Atlas Map. <https://globalsolaratlas.info/map>

Global Wind Atlas. (2024). Global Wind Atlas. <https://globalwindatlas.info/en/>

González Ulibarry, P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. *Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile.*
<https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=39186>

Gutierrez Martínez, G., Orozco Hernández, M. E., Ordoñez Díaz, J. A. B. & Camacho

- Sanabria, J. M. (2018). Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000 a 2011). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 92–107. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i29.219>
- Hardy Casado, V., Vega de la Cruz, L. O., Velázquez Zaldívar, R., Vilariño Corella, C. M., & Nieves Julbe, A. F. (2021). Procedimiento de gestión del riesgo por incendios forestales con enfoque de resiliencia. *Revista Ingeniería Industrial*, 42(2), 205-222. <http://scielo.sld.cu/pdf/rii/v42n2/1815-5936-rii-42-02-205.pdf>
- Helbingen Júnior, C., Ribeiro Lopes, S., Cândino de Oliveira, C., Gomes Rodrigues, H., Pinto de Figueiredo, J., Carlos Moura, A., Abdala de Moraes, T., Pereira Batista, D. F., Alves de Oliveira, H. S. C. & Dos Santos, R. (2017). *Manual operacional de bombeiros Prevenção e combate a incêndios florestais*. Bombeiros GOIAS. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-FLORESTAL.pdf&ved=2ahUKEwi294_q6K-CAxXSqJUCHQsjDc8QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw1sbBQ6oHupBiMXax5n-1O1
- Hernández, L. (2020). *El planeta en llamas: propuesta ibérica de WWF para la prevención de incendios*. WWF. https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf_informe_incendios_2020_el_planeta_en_llamas_ok.pdf
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. The McGraw-Hill. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Holanda da Nobrêga, A. V., Cassiano Lima, D., Queiroz Lemos, D. R., Camello Cid, D. M.,

- Teixera Gomes, D., Coelho de Souza, D., Carvalho Freitas, M., Cisne Souza, T., Dos Santos, J. A., Matos Serejo, G. M., Masulla Vieira, L. S., Nogueira da Silva, E., Francois Bastos, K., Jamilles Guerra, P., Bezerra Gomes, D., Wellington Machado, J., Costa de Cruz, L., Benício Sampaio, F. I., Cordeiro Neto, F., ... Sousa Caminha, Ú. (2022). Orientações técnicas sobre queimadas e incêndios florestais. *Gobierno Do Estado Do Ceará*, 1, 1–35.
- Holanda, D., Daniele, Q., Teixeira, D., Coelho, D., Carvalho, M., Cisne, T., Santos, J., Matos, G., Masullo, L., Silva, E., Bastos, K., Guerra, P., Gómes, D., Machado, J., Cruz, L., Cordeiro, F., Carvalho, E., Torres, F., ... Sousa, Ú. (2022). *Orientações técnicas sobre queimadas e incêndios florestais*. Gobierno Do Estado Do Ceará. <https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/Nota-Tecnica-Orientacoes-Tecnicas-sobre-Queimada-e-Incendios-Florestais-no1-11-11-2022-1.pdf>
- Instituto Geográfico Nacional (2024). *Información geoespacial fundamental*. <https://www.idep.gob.pe/geovisor/VisorDeMapas/>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2020). *Caminando hacia la resiliencia comunitaria frente a desastres: Guía práctica para autoridades y líderes comunitarios* (1ra Ed.). Biblioteca virtual del INDECI. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/GUIA-CAMINANDO-HACIA-LA-RESILIENCIA-COMUNITARIA-FRENTE-A-DESASTRES-VF.pdf>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2021). *Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050*. SINIA MINAM. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/politica-nacional-gestion-riesgo-desastres-2050>
- Instituto Nacional de Estadística e informática. (2017). *Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. <https://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-las-comunidades-nativas-y->

campesinas-2017/

- Isla Zevallos, A. (2018). La gestión del riesgo de desastres en el Perú. *Paideia XXI*, 6(7), 137–158. <https://doi.org/10,31381/paideia.v6i7,1605>
- Levy, S. (2022). The return of intentional forest fires. *BioScience*, 72(4), 324–330. <https://doi.org/10,1093/biosci/biac016>
- Martelo Jimenez, N. & Vargas Ríos, O. (2022). Evaluación del riesgo a incendios de la cobertura vegetal del Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá, Colombia). *Caldasia*, 44(2). <https://doi.org/https://doi.org/10,15446/caldasia.v44n2,91115>
- Martínez Villa, J. L., Rodríguez Trejo, D. A., Borja de la Rosa, D. A. M. & Rodríguez Yam, G. A. (2018). Propiedades físicas y dinámica de los combustibles forestales en un bosque de encino. *Madera y Bosques*, 24(2), 1–14. <https://doi.org/10,21829/myb,2018,2421467>
- Masao Nakada, B. (2022). *Modelo digital de vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Cajamarca - Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12996/5217/nakada-bedriñana-masao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* [Shapefile]. <https://geoservidor.MINAM.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva del Perú*. Lima – Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/433659/Memoria_MAPA_Ecosistemas_-OK.pdf?v=1575048910
- Ministerio del Ambiente. (2023). *Registros históricos de incendios sobre cobertura vegetal (CFOI)*. Geoservidor MINAM. <https://geoservidor.MINAM.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-cfoi/>
- Mota Pereira, D. C. (2018). *Efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nos solos, no*

- município de Fafe* [Tesis de postgrado, Universidade do Minho].
https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/55295/1/10_Dissertacao_corrigida_DianaPereira.pdf
- Muñoz, L., Ulloa, E., Muñoz, J., & Aguirre, Z. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 13 - 125. <https://doi.org/10,54753/blc.v12i2,1616>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (s. f.). *Descarga de datos espaciales*. <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html>
- National Aeronautics and Space Administration. (2023). *Fire Information for Resource Management System* [Base de datos en línea]. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>
- Nava Gómez, L. M. & Jardel Peláez, E. (2020). *Manual de prevencion fisica de incendios forestales*. AIRPROMADES.
https://prevenciondeincendios.jalisco.gob.mx/descarga/Manual_de_prevencion_fisica_de_incendios_forestales.pdf
- Oliveira de Lima, A., Da costa e Silva, C., Schubert Ferreira, E. S., Xavier Santana, M. & Batista Sarnaglia, L. (2022). Prevenção e combate a incêndios - Curso de Formação de Brigadistas Profissionais. *Corpo de Bombeiro Militar Do Espírito Santo*.
<https://cb.es.gov.br/Media/CBMES/PDF's/CEIB/GCE/Prevenção e Combate a Incêndios - Apostila CFBP 2022.pdf>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2023). Taming wildfires in the context of climate change. OECD Publishing. <https://doi.org/10,1787/dd00c367-en>.
- Pallikarakis, A., & Konstantopoulou, F. (2024). Multi-criteria wildfire risk hazard assessment in GIS environment: Projection for the future and impact on RES projects installation planning [PDF]. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 12, 242-265. <https://doi.org/10,4236/gep,2024,125014>

- Pausas, J. (2018). Incendios forestales, encrucijada natural y social. *Centro de investigaciones sobre desertificación, Academia de Ciencias Sociales y del Medio Ambiente de Andalucía*, 9–14. <https://raco.cat/index.php/Biblio3w/article/view/344019>
- Pereira Souza, F. T, Souza Lima, G., Sousa de Oliveira, E. R., Fernandez Lourenço, L., Ferreira Félix, F. R., Assunção Ribeiro, G. & Brandao Fronseca, E. M. (2020). *Manual de prevenção e combate de incêndios florestais*. Universidad Federal de Vicosa. <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/manual-prevencao-combate-incendios-florestais.pdf>
- Ponce Ramos, C. J., & Zacarias Arauco, N. D. (2024). Análisis de la vulnerabilidad por incendios forestales en la provincia de Concepción [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20,500,12394/16540/5/IV_FIN_107_TE_Zacarias_Ponce_2024.pdf
- Reyes Bueno, F. & Balcazar Gallegos, C. (2021). Factores que inciden en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 11(1), 50–60. <https://doi.org/10,29166/revfig.v11i1,2634>
- Ribas Mountaner, M., García Comendador, J., Fortesa, J., Company, J., Ruíz, M. & Estrany, J. (2023). Análisis de los incendios forestales causados por impactos de rayo en Mallorca. *AGE y Universidad de La Rioja*, 155–164. <https://doi.org/10,21138/cg/2023.lc>
- Rodríguez Beltrán, L. R. & Ríos Miranda, J. E. (2017). *Identificación de áreas quemadas por incendios forestales en el departamento del Meta y determinación de medidas de intervención para su reducción* [Tesis de postgrado, Universidad Católica de Manizales]. [https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/1861/1/Lina Roció Rodríguez Beltrán.pdf](https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/1861/1/Lina%20Roci%C3%B3%20Rodr%C3%ADguez%20Beltr%C3%A1n.pdf)
- Rojas Castillo, I. J. (2017). *Gestión de riesgo en incendios forestales, localidad sumapaz, Bogotá D.C. Análisis para la construcción de estrategias de participación - acción* [Tesis

- de Maestría, Universidad distrital Francisco José de Caldas].
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13165/RojasCastilloIvanJavier2017.pdf?sequence=1>
- Rojas Estrada, L. I., Romo Lozano, J. L., Rodríguez Trejo, D. A. & Villanueva Morales, A. (2022). Susceptibilidad a incendios en el Campo Forestal Experimental Las Cruces, Texcoco, México: una priorización basada en el enfoque multicriterio. *Sociedad y Ambiente*. <https://doi.org/10,31840/sya.vi25,2484>
- Rojas, N., Soto, C., Tuesta, S., Silva, J., & Sáenz, G. (2023). Probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en Apurímac. *Hatun Yachay Wasi*, 2 (2), 85–97. <https://doi.org/10,57107/hyw.v2i2,49>
- Rotondo Huapalla, P. (2021). *Evaluación del nivel de riesgo de los incendios forestales en el caserio Hipolito Unanue, distrito de Campoverde, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4069/000006TPSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sahu, J., & Sai, S. (2018). Forest fire in India. *Ministry of Home Affair*. [https://loksabhadocs.nic.in/Refinput/New_Reference_Notes/English/Vehicular pollution in India.pdf](https://loksabhadocs.nic.in/Refinput/New_Reference_Notes/English/Vehicular%20pollution%20in%20India.pdf)
- Santín, C., Madrigal, J., Cerdá, X. & Pausas, J. (2023). *Incendios Forestales*. Science4policy. https://digital.csic.es/bitstream/10261/329674/3/02_S4P_INCENDIOS_FORESTALES_DIGITAL.pdf
- Schumacher, M. V. & Dick, G. (2018). *Incêndios florestais*. Departamento de de Ciencias florestais, Universidade federal de Santa Maria. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/832/2020/12/CADERNO-DIDATICO_INCENDIOS-FLORESTAIS.pdf

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2018). *Fogo : prevenção e combate no meio rural*.

Servicio Nacional de Aprendizagem Rural.

<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/227-FOGO.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2021). *Mapa Climático del*

Perú. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1549>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2024). *Datos hidrometeorológicos a nivel*

nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). *Plan de prevención y reducción de*

riesgos de incendios forestales. Ministerio de Agricultura y Riego.

[https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-](https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf)

[reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf](https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf)

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2023). *GEOSERFOR: Visor de información*

geoespacial forestal [Plataforma en línea]. <https://geo.serfor.gob.pe/visor/>

Torres Becerra, C. E. (2019). *Incorporación de la gestión de riesgo de desastres en la revisión*

ordinaria y actualización del plan de ordenamiento territorial de Bogotá D.C. Instituto

Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Colombia.

<https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/POT/4->

[DOCUMENTO_TECNICO_DE_SOPORTE_14-06-](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/POT/4-)

[19/DT04_Anexo14_MapadeAmenaza_porIncendiosForestales.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/POT/4-)

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). Disasters are reversing global

development. Urgent action is needed to build resilience into every decision we

make. <https://www.undrr.org/gar/gar2023-special-report>

United States Geological Survey. (2024). *EarthExplorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Vargas Sanabria, D. & Campos Vargas, C. (2018). Modelo de vulnerabilidad ante incendios

forestales para el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *UNED Research*

Journal, 10(2), 435–446. <https://doi.org/https://doi.org/10,22458/urj.v10i2,2173>

- Yarupaita Echevarría, B. F. (2021). *Modelación espacial de la susceptibilidad a incendios forestales en la región Hunín utilizando el algoritmo Random Forest* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro de Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12894/7524/T010_72624196_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ynoue, R. Y., Reboita, M. S., Ambrizzi, T., & da Silva, G. A. M. (2017). *Meteorologia: noções básicas*. Oficina de Textos. http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Meteorologia-nocoas-basicas_DEG.pdf

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Tabla 26

Matriz de consistencia

Evaluación del nivel de riesgo por incendios forestales en el distrito de Conchán, 2024						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el nivel de riesgo por incendios forestales en el distrito de Conchán?	Objetivo general: Identificar el nivel de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán considerando información histórica y condiciones hasta el año 2024. Objetivos específicos: Elaborar el mapa de riesgo a incendios forestales del distrito de Conchán con datos recopilados hasta el 2024. · Determinar la influencia de los factores condicionantes y desencadenantes para el acontecimiento de incendios forestales en el distrito de Conchán a partir de la información disponible hasta 2024. · Identificar los elementos expuestos a incendios forestales en el distrito de Conchán con base a registros y observaciones hasta 2024.	Hipótesis nula (H₀): En el distrito de Conchán existen áreas con un riesgo significativo por incendios forestales. Hipótesis alternativa (H₁): En el distrito de Conchán no existen áreas en riesgo significativo por incendios forestales.	Variable independiente: Incendios forestales	Áreas en peligro (Superposición ponderada de capas)	Modelamiento de escenarios de riesgo	Tipo: Cuantitativo. Diseño: No experimental, transversal, descriptivo-analítico. Nivel: Aplicado.
			Variable dependiente: Nivel de riesgo	Cobertura vegetal	Porcentaje de área por tipo de vegetación, superficie y clasificación de nivel de riesgo combustibilidad	Enfoque: Cuantitativo. Ubicación: Distrito de Conchán, Cajamarca, Perú. Población: Área geográfica del distrito de Conchán. Muestra: Igual a la población, considerando todas las zonas para análisis espacial del nivel de riesgo. Muestreo: Segmentación espacial en unidades homogéneas. Unidad de análisis: Parcelas o cuadrantes territoriales homogéneos delimitados para análisis de riesgo con SIG.
				Relieve	Rango de pendientes, superficie y clasificación de riesgo	
				Clima	Clasificación climática (Warren Thornthwaite), superficie por tipo de clima, precipitación efectiva, humedad, temperatura media anual, clasificación de vientos (Escala Beaufort) y nivel promedio de irradiación, cada una de ellas vinculada a su correspondiente nivel de riesgo	
				Registro histórico	Registro de incendios, periodo de ocurrencia y distribución estacional,	
				Focos de calor	Focos de calor registrados y distribución espacial	
				Áreas afectadas (Cicatrices)	Superficies afectadas, proporción porcentual afectada y distribución espacial	
				Elementos expuestos	Características patrimoniales (natural y cultural) y socioeconómicas	

Figura 22

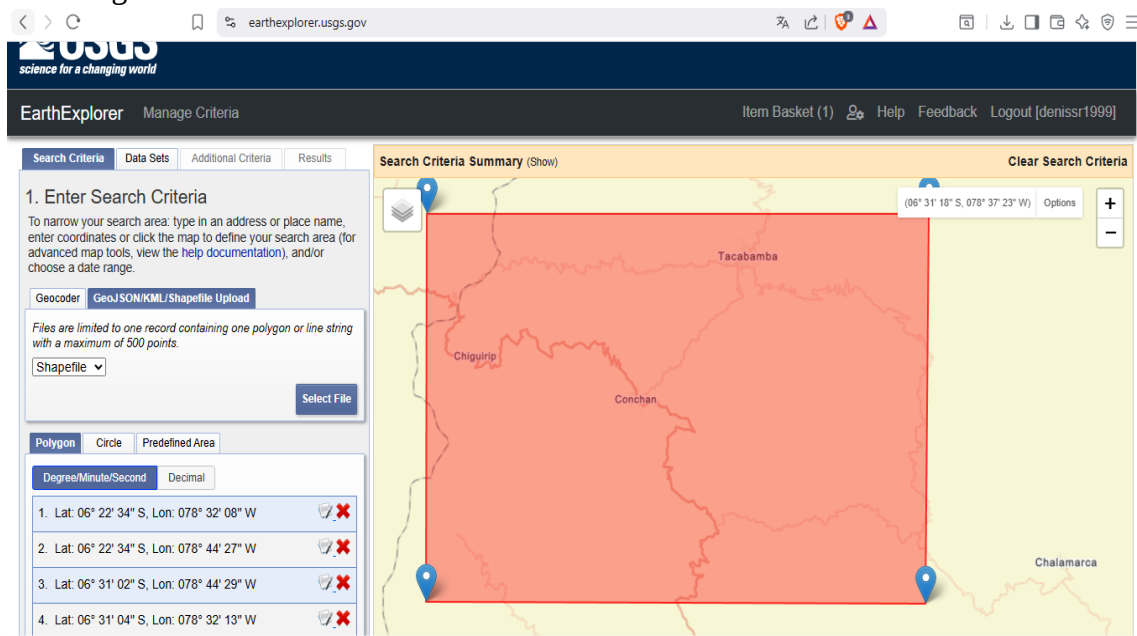
Consulta de información sobre la gestión de incendios forestales



Nota. Consulta realizada en la Subgerencia de Gestión de Riesgo de Desastres de la Municipalidad distrital de Conchán donde se solicitó información sobre la gestión del riesgo por incendios forestales.

Figura 23

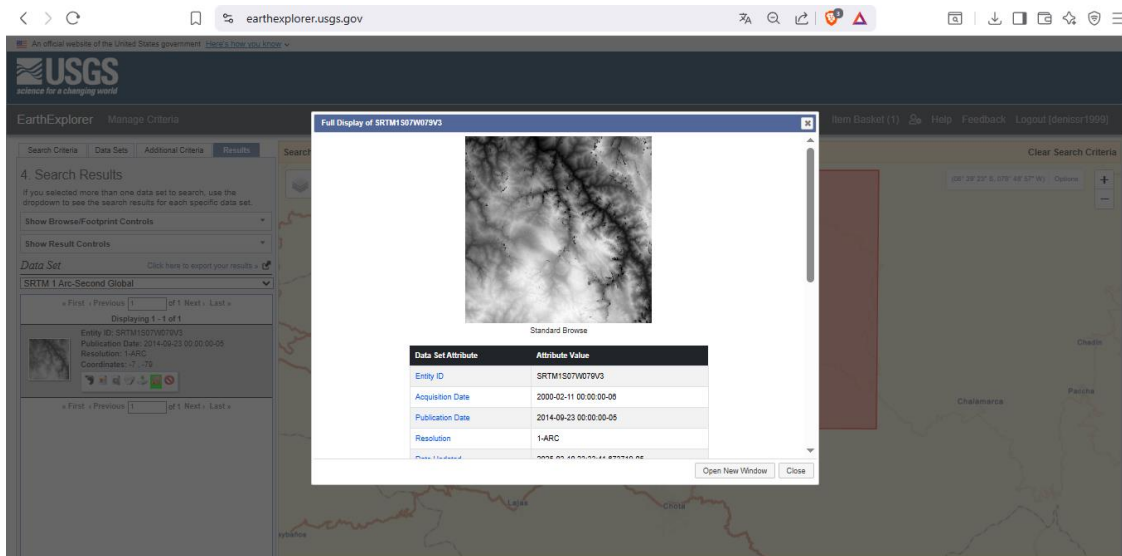
Polígono de recorte del MDE SRTM 30 de Conchán



Nota. Polígono vectorial personalizado del distrito de Conchán utilizado para extraer el MDE SRTM 30 m desde Earth Explorer – USGS, con fines de evaluación de la influencia de la pendiente en los incendios forestales.

Figura 24

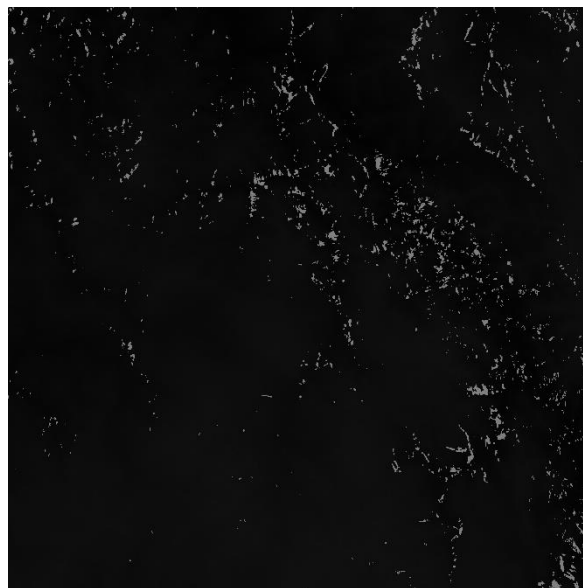
Descarga del MDE SRTM 30 m.



Nota. Proceso de descarga del MDE SRTM 30 m desde Earth Explorer - USGS para análisis topográfico de la pendiente como insumo en la evaluación de riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán.

Figura 25

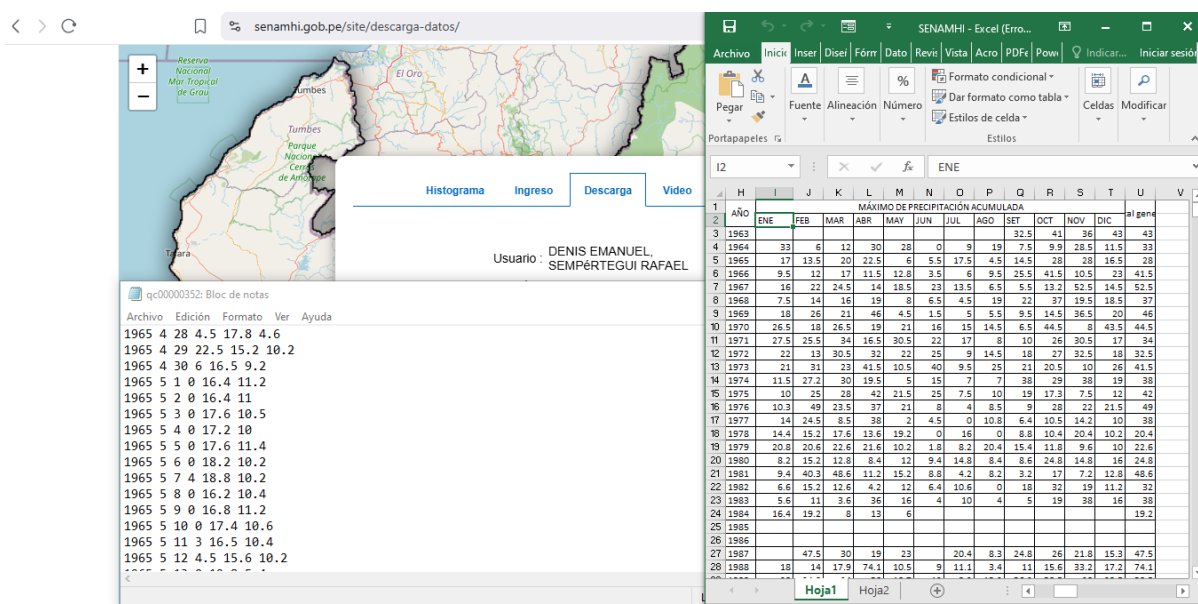
Modelo Digital de Terreno (SRTM 30 m) de Conchán



Nota. Imagen ráster de elevaciones topográficas del MDE SRTM 30 m empleada para el análisis de la pendiente en evaluación de riesgo de incendios forestales del distrito de Conchán.

Figura 26

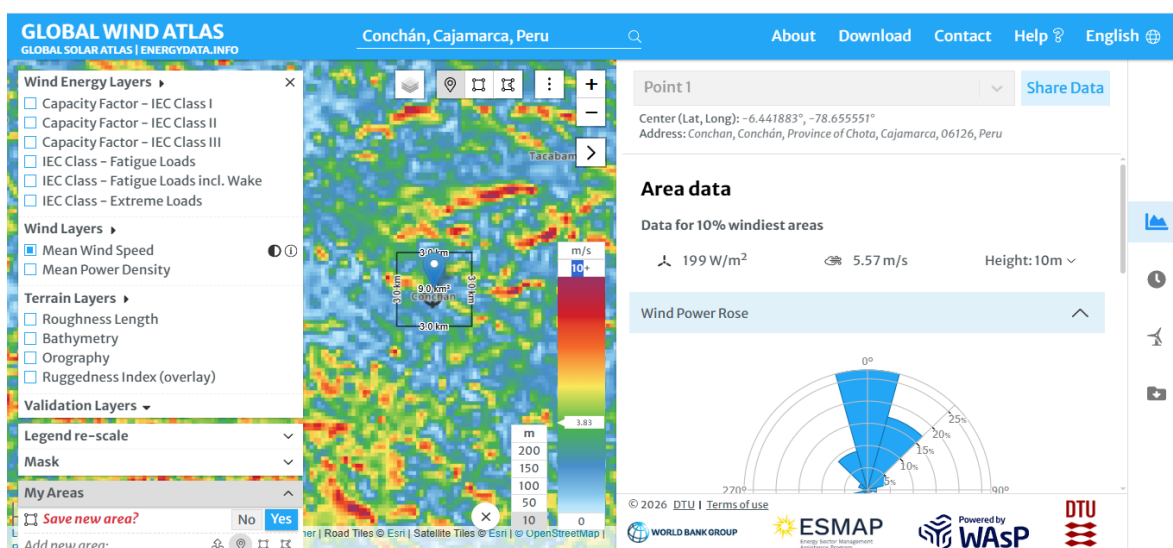
Descarga y procesamiento de datos climáticos del SENAMHI



Nota. Datos climáticos descargados del SENAMHI y procesados en hojas de cálculo de Microsoft Excel, para evaluación de la precipitación efectiva, concentración estacional de la humedad y temperatura del distrito de Conchán.

Figura 27

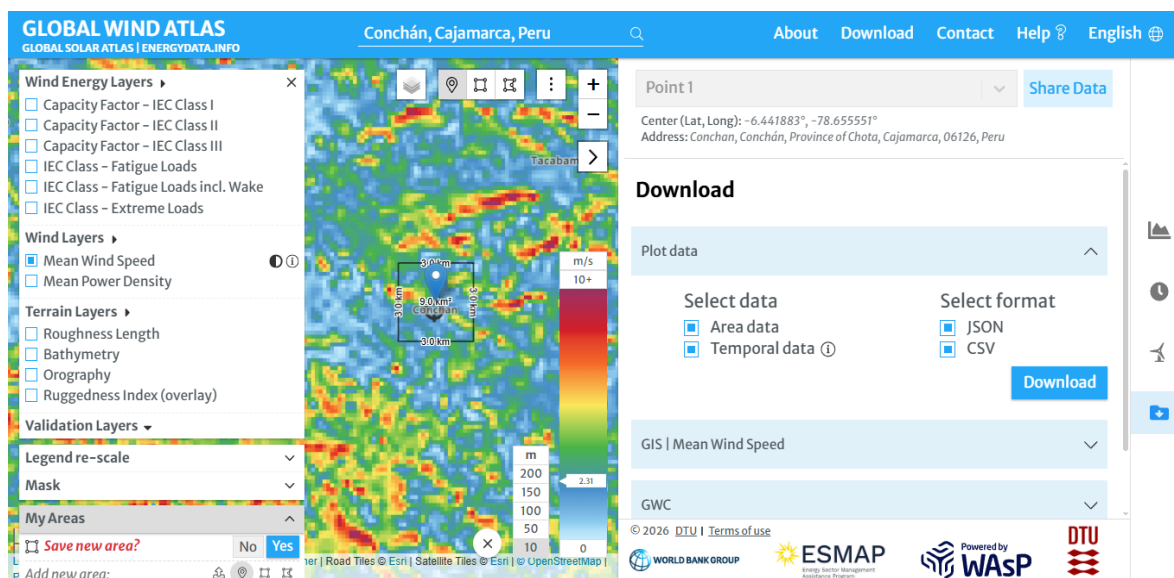
Selección de área en Global Wind Atlas - Conchán



Nota. Área seleccionada en la plataforma Global Wind Atlas mediante un polígono personalizado del distrito de Conchán con una configuración de velocidad del viento a 10 m altitud.

Figura 28

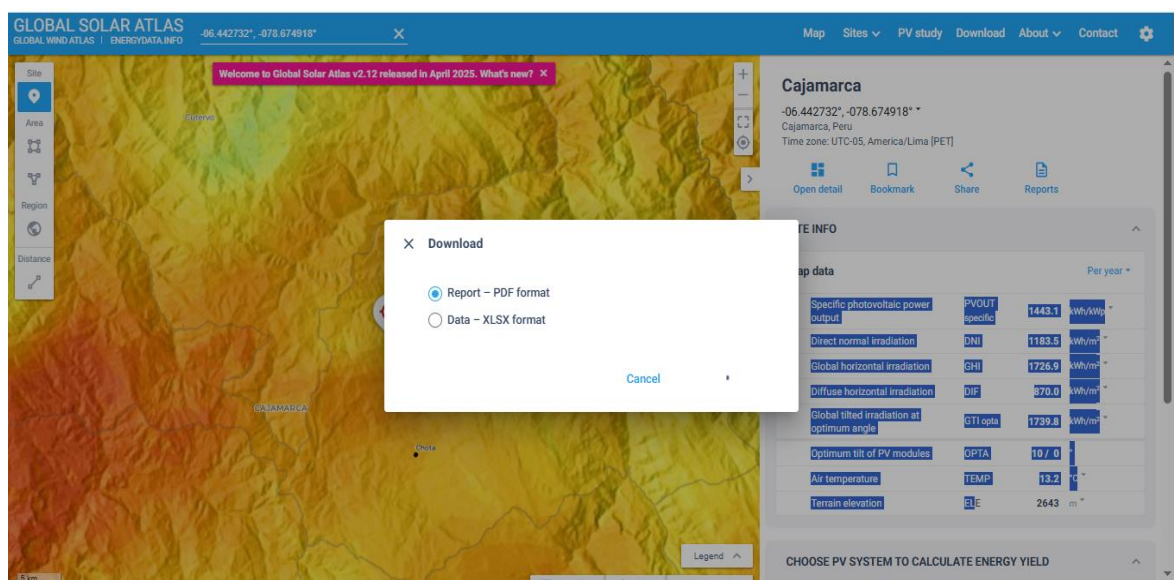
Descarga de datos de viento en Global Wind Atlas - Conchán



Nota. Descarga de datos de velocidad del viento a 10 metros de altura para el distrito de Conchán, obtenidos desde Global Wind Atlas, empleados para el análisis de la influencia del viento en la propagación de incendios forestales.

Figura 29

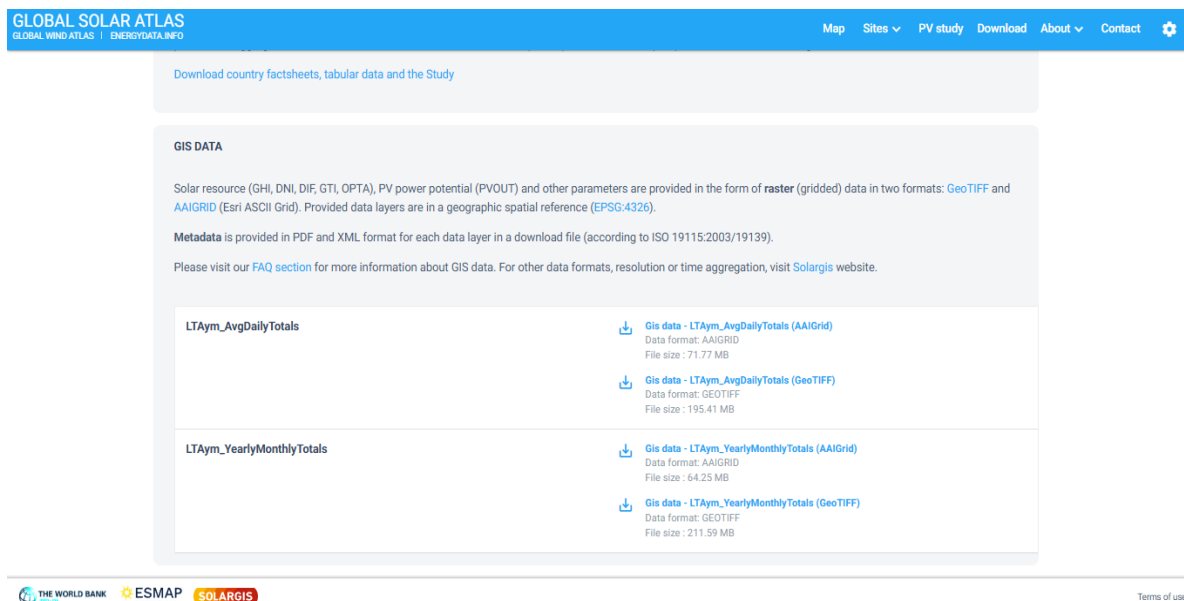
Descarga de informe de irradiación solar – Conchán



Nota. Informe de irradiación solar para el distrito de Conchán, generado y descargado desde Global Solar Atlas, compuesto por un archivo PDF y tabla en formato Excel con estadísticas de irradiación solar (GHI kWh/m²/día).

Figura 30

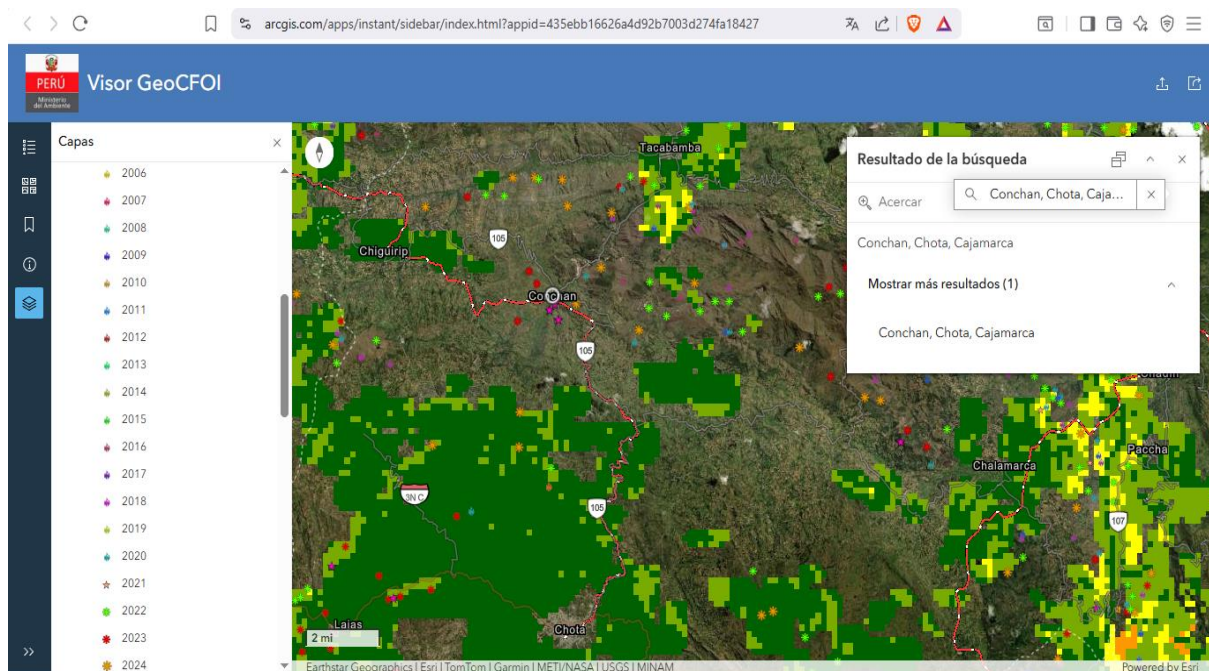
Descarga de datos de irradiación solar - Conchán



Nota. Descarga de datos de irradiación solar desde Global Solar Atlas, configurado para el distrito de Conchán y obtenidos en formato GeoTIFF.

Figura 31

Descarga de datos de registro histórico de incendios forestales



Nota. Datos de registro histórico de incendios forestales descargados desde el visor Geo CFOI del MINAM para el distrito de Conchán.

Figura 32

Descarga de datos de focos de calor - FIRMS (MODIS)

The screenshot shows the 'Download Request' form on the FIRMS (MODIS) interface. The form includes a 'Custom Region' dropdown menu, a 'Fire Source' section with checkboxes for MODIS (checked), VIIRS S-NPP, VIIRS NOAA-20, VIIRS NOAA-21, and LANDSAT (US CONUS only). The date range is set from '2000-11-01' to '2024-12-31'. Below the date range, the 'Data availability' section lists the following data sources and their respective time periods: MODIS Terra: November 01 2000 - present; MODIS Aqua: July 04 2002 - present; VIIRS S-NPP: January 20 2012 - present; VIIRS NOAA-20: April 01 2018 - present; VIIRS NOAA-21: January 17 2024 - present; and LANDSAT: June 20 2022 - present (US /Canada only). The output format is set to 'Shapefile (.shp)'.

Nota. Datos de focos de calor descargados desde la plataforma FIRMS de la NASA, correspondientes al sensor MODIS, abarcando el periodo 2000 – 2024.

Figura 33

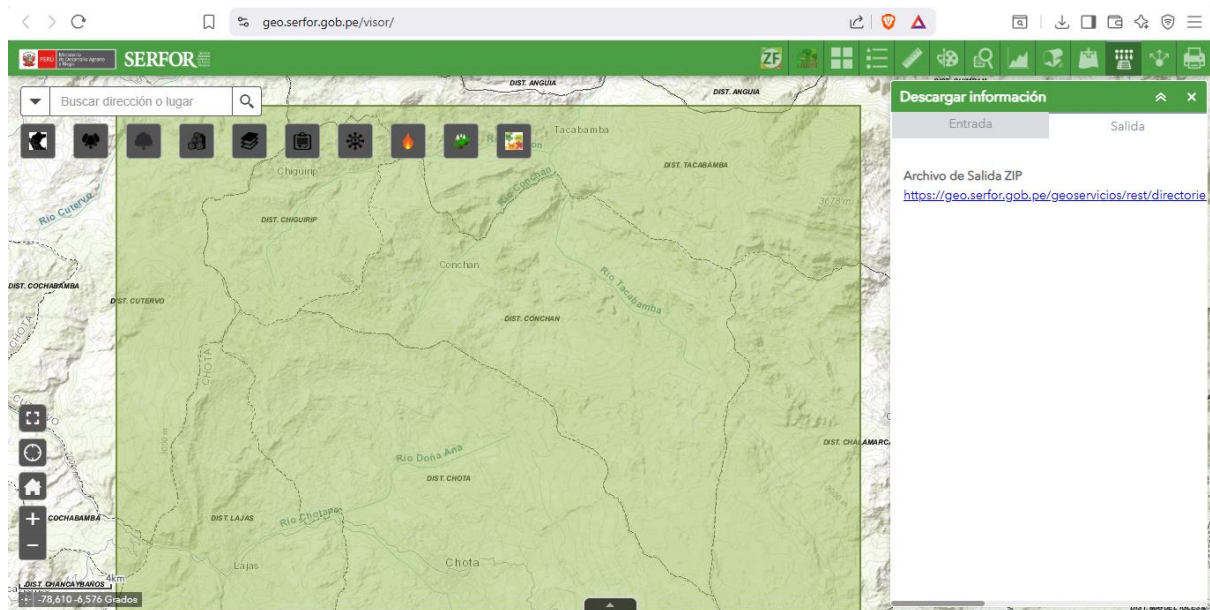
Descarga de datos de focos de calor – FIRMS (VIIRS)

The screenshot shows the 'Download Request' form on the FIRMS (VIIRS) interface. The form includes a 'Custom Region' dropdown menu, a 'Fire Source' section with checkboxes for MODIS, VIIRS S-NPP (checked), VIIRS NOAA-20 (checked), VIIRS NOAA-21 (checked), and LANDSAT (US CONUS only). The date range is set from '2012-01-20' to '2024-12-31'. Below the date range, the 'Data availability' section lists the following data sources and their respective time periods: MODIS Terra: November 01 2000 - present; MODIS Aqua: July 04 2002 - present; VIIRS S-NPP: January 20 2012 - present; VIIRS NOAA-20: April 01 2018 - present; VIIRS NOAA-21: January 17 2024 - present; and LANDSAT: June 20 2022 - present (US /Canada only). The output format is set to 'Shapefile (.shp)'.

Nota. Datos de focos de calor descargados desde la plataforma FIRMS de la NASA, correspondiente a los sensores VIIRS, abarcando el periodo 2012 – 2024.

Figura 34

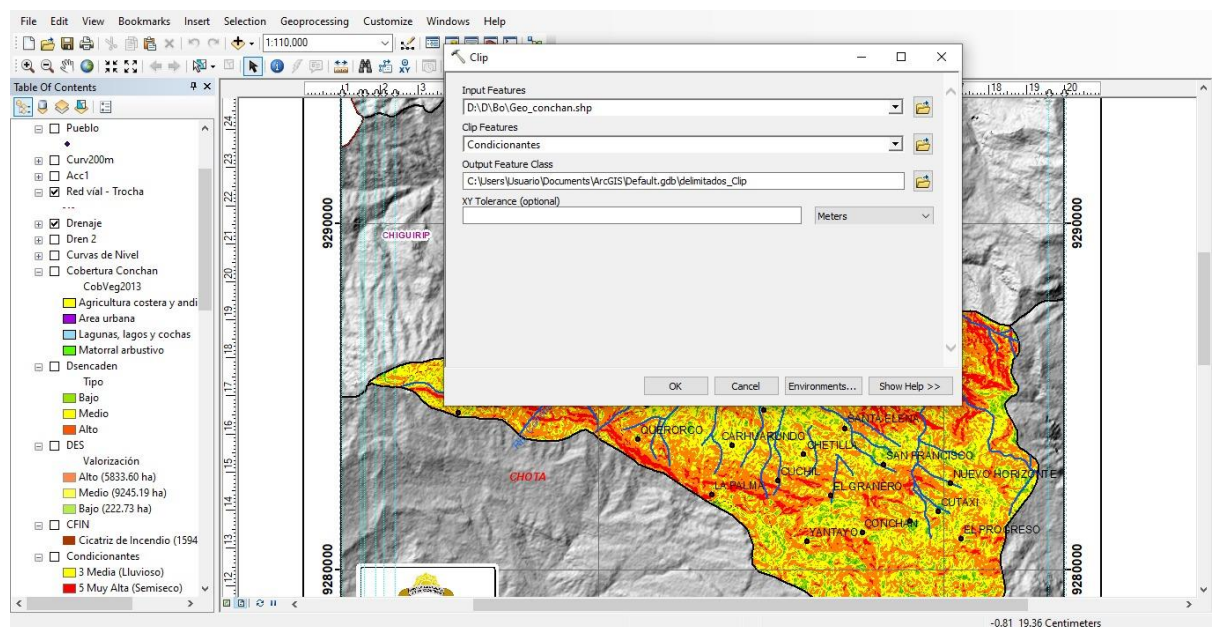
Descarga de datos del Geo SERFOR



Nota. Descarga de datos de incendios forestales desde la plataforma Geo SERFOR (MINAM).

Figura 35

Procesamiento de datos en el software ArcGIS



Nota. Procesamiento de información georreferenciada en ArcGIS, integrando capas descargadas y procesadas con el fin de generar mapas temáticos para la evaluación del riesgo por incendios forestales del distrito de Conchán.

CAPÍTULO VIII. APÉNDICES

Apéndice 1

Cálculo de pesos de factores condicionantes por AHP de Saaty

Se aplicó el método AHP de Thomas Saaty con cinco factores condicionantes en comparación pareada, considerando las directrices de priorización del CENEPRED (2019) para riesgos de incendios forestales. El método AHP de Saaty se aplica ampliamente en la evaluación de riesgos por incendios forestales para ponderar los factores influyentes mediante matrices de comparación por pares, generando pesos normalizados que se combinan en SIG. Los elementos se posicionaron como cabeceras idénticas en filas y columnas de la matriz 5x5, manteniendo el mismo orden durante la aplicación del método (Tabla 27).

Tabla 27

Matriz de comparación de factores de riesgo por AHP

	Pendiente	Combustible	Climas	Vientos	Irradiación solar
Pendiente	1	1/2	2	4	4
Combustible	2	1	3	7	7
Climas	1/2	1/3	1	3	3
Vientos	1/4	1/7	1/3	1	1
Irradiación solar	1/4	1/7	1/3	1	1

Nota. Elaborado aplicando el método AHP de Saaty y lineamientos de priorización de CENEPRED (2019).

Para asignar valores en la matriz AHP, se comparó cada elemento de fila contra cada uno de columna, aplicando la relación fila/columna en todas las permutaciones hasta completar la matriz 5x5 con reciprocidad, categorizados en base a la siguiente manera (Tabla 28):

Tabla 28*Escala de Saaty para AHP*

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente más importante	Uno domina totalmente al otro
7	Mucho más importante	Dominancia muy fuerte
5	Más importante	Dominancia clara
3	Ligeramente más importante	Preferencia moderada
1	Igual importancia	Sin diferencia
1/3	Ligeramente menos importante	Preferencia inversa moderada
1/5	Menos importante	Dominancia inversa clara
1/7	Mucho menos importante	Dominancia inversa fuerte
1/9	Absolutamente menos importante	Dominancia total inversa
2,4,6,8	Intermedios	Compromisos entre niveles adyacentes

Nota. Escala de Saaty para matriz AHP, validada con CENEPRED (2019).

Luego, se calculó el inverso de la suma total de cada columna de la matriz de comparación pareada, dividiendo 1 entre el valor acumulado de todos los elementos en esa columna específica (Tabla 29).

Tabla 29*Suma e inversa por columna*

	Pendiente	Combustible	Climas	Vientos	Irradiación solar
Sumatoria	4.00	2.12	6.67	16.00	16.00
1/Sumatoria	0.25	0.47	0.15	0.06	0.06

Nota. Valores obtenidos dividiendo 1 entre la suma total de cada columna (ejemplo: Pendiente suma 4.00, entonces $1/4.00 = 0.25$).

Para obtener la matriz normalizada, se multiplicó cada factor de normalización (inverso de la suma por columna) por todos los elementos de su respectiva columna (Tabla 30).

Tabla 30*Matriz normalizada*

	Pendiente	Combustible	Climas	Vientos	Irradiación solar
Pendiente	0.25	0.24	0.30	0.25	0.25
Combustible	0.50	0.47	0.45	0.44	0.44
Climas	0.13	0.16	0.15	0.19	0.19
Vientos	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06
Irradiación solar	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06

Nota. Cada columna suma exactamente 1.00 tras multiplicar los valores originales por su factor de normalización (ej. Pendiente: todos $\times 0.25$).

Tras obtener la matriz normalizada, se calculó el vector de priorización promediando los valores de cada fila. Estos promedios representan los pesos finales de cada factor en el orden analizado (Tabla 31).

Tabla 31*Vector priorización*

Pendiente	0.26
Combustible	0.46
Climas	0.16
Vientos	0.06
Irradiación solar	0.06

Nota. Pesos finales calculados como promedio de cada fila de la matriz normalizada

Para validar la aplicación correcta del método AHP, se calculó la relación de consistencia, que debe ser inferior a 0.1 (10%).

Tabla 32*Cálculo de la relación de consistencia*

	Matriz original					Vector priorización	Relación consistencia				
	Pendiente	Combustible	Climas	Vientos	Irradiación solar		Pendiente	Combustible	Climas	Vientos	Irradiación solar
Pendiente	1	1/2	2	4	4	0.26	0.26	0.23	0.32	0.24	0.24
Combustible	2	1	3	7	7	0.46	0.51	0.46	0.48	0.43	0.43
Climas	1/2	1/3	1	3	3	0.16	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18
Vientos	1/4	1/7	1/3	1	1	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06
Irradiación solar	1/4	1/7	1/3	1	1	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06

Nota. Se multiplicó el vector de priorización por la matriz original

Para obtener el índice de consistencia (Tabla 32), se calculó el promedio de los elementos que contiene el vector obtenido en el paso anterior, luego a este promedio se restó el número de elementos que contiene el vector ($n=5$) y se le dividió con el mismo número de elementos disminuido en 1 ($n-1$).

Tabla 33*Suma ponderada*

	Sumatoria	Vector priorización	Suma ponderada	Promedio suma ponderada
Pendiente	1.30	0.26	5.05	
Combustible	2.31	0.46	5.03	
Climas	0.81	0.16	5.01	5.02
Vientos	0.31	0.06	5.01	
Irradiación solar	0.31	0.06	5.01	

Nota. Cada valor se calculó dividiendo la sumatoria de la relación de consistencia de los factores entre el vector priorización de esa fila. El promedio de estos valores mide la consistencia de la matriz; cuanto más cerca de 5 es mejor (Tabla 33).

Para calcular el índice de consistencia, se promedió el vector del paso anterior, se restó n (número de elementos = 5) a ese promedio y se dividió por $(n-1) = 4$, considerando la siguiente relación de consistencia (Tabla 34).

Tabla 34*Relación de consistencia*

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Índice aleatorio	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Nota. Recuperado del CENEPRED (2019).

$$\text{índice de consistencia} = \frac{5.02 - 5}{5 - 1} = 0.006$$

$$\text{Relación de consistencia} = \frac{0.006}{1.115} = 0.005 \gg 0.005 < 0.10 \text{ (10\%)}$$

Finalmente, la relación de consistencia se calcula dividiendo el índice de consistencia con el índice aleatorio de la tabla 34, donde “ n ” es el número de elementos del vector de priorización. Los pesos establecidos en la matriz de comparación de pares cumplen con el criterio de consistencia, ya que la relación de consistencia obtenida es menor a 0.10.