



INCENDIOS FORESTALES



CENEPRED

Centro Nacional de Estimación, Prevención y
Reducción del Riesgo de Desastres

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DE LA REGIÓN SAN MARTÍN

Julio 2022



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DE LA REGIÓN SAN MARTÍN.

Elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).
Dirección de Gestión de Procesos (DGP). Subdirección de Gestión de la Información (SGI). CENEPRED, 2022.
Av. Del Parque Norte N° 313 - 319. San Isidro - Lima – Perú
Teléfono: 201-3550, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe
Página web: <https://www.gob.pe/cenepred>

Equipo Técnico del CENEPRED:

Contralmirante (r) Raúl Luis Esteban Vásquez Alvarado
Jefe del CENEPRED

Lic. Félix Eduardo Romaní Seminario
Director de la Dirección de Gestión de Procesos

Ing. Alfredo Zambrano Gonzáles
Subdirector de Gestión de la Información

Ing. José Luis Epiquién Rivera
Bach. Ing. Karina Obregón Acevedo
Especialistas de la Subdirección de Gestión de la Información

Econ. Carlos Enrique Guillena Díaz
Coordinador de Enlace Regional CENEPRED: San Martín, Amazonas, Cajamarca, Huánuco

Andrea Verónica Bravo Sánchez
Ingeniera Forestal
Consultora

Equipo Técnico del Gobierno Regional de San Martín:

Alonso Romero Bobadilla
Jefe de la Oficina Regional de Seguridad y Defensa Nacional

José Tito Villacis del Castillo
Especialista en Gestión de Riesgo de Desastre

Marco Antonio Díaz Sánchez
Especialista en Ordenamiento Territorial de la Autoridad Regional Ambiental

Maryaleni Sinion Mendoza
Evaluadora de riesgo

Sergio Fernando Luna Alvarado
Evaluador COER

Johng Frankling Diaz Arevalo
Especialista del Módulo de Operaciones

Luis Alberto Inga Tapayuri
Asistente SIG



TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVOS.....	6
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3	ASPECTOS GENERALES.....	6
3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	6
3.2	ASPECTOS BIOFÍSICOS.....	7
3.3	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	7
4	DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO.....	7
5	ETAPAS DEL ANÁLISIS METODOLÓGICO.....	9
6	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	10
7	ELABORACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO	11
7.1	ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD.....	11
7.1.1	Factores condicionantes territoriales.....	12
A)	Combustible (cobertura vegetal).....	12
B)	Pendiente.....	15
7.1.2	Factores condicionantes climáticos	17
A)	Clima	17
B)	Vientos.....	19
C)	Irradiación solar.....	21
7.1.3	Modelamiento de los factores condicionantes	23
7.2	FACTOR DESENCADENANTE.....	25
7.2.1	Densidad de incendios forestales.....	27
A)	Registros históricos de ocurrencia de incendios forestales.....	27
B)	Focos de calor	28
C)	Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)	29
7.2.2	Modelamiento del factor desencadenante	30
7.3	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES	32
8	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	33
8.1	PATRIMONIALES	34
8.1.1	Patrimonio cultural	34
8.1.2	Patrimonio natural	34
8.1.3	Priorización del elemento expuesto	35
8.2	SOCIECONÓMICO	42
9	ESCENARIO DE RIESGO	43
10	CONCLUSIONES.....	47
11	RECOMENDACIONES.....	48
12	BIBLIOGRAFÍA.....	49
13	ANEXO DE MAPAS	51



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población del departamento de San Martín.....	7
Tabla 2. Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal	13
Tabla 3. Ponderación de los tipos de combustibles.....	13
Tabla 4. Ponderación de las pendientes.....	15
Tabla 5. Ponderación de variables climáticas (Thornthwaite)	17
Tabla 6. Fuerza del viento y efectos en tierra según Beaufort	19
Tabla 7. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente.....	21
Tabla 8. Matriz de factores condicionantes	23
Tabla 9. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en la región San Martín.	33
Tabla 10. Priorización del elemento expuesto según el tipo de ecosistema	35
Tabla 11. Priorización del elemento expuesto según estrategia de conservación.....	37
Tabla 12. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en la región San Martín.....	43
Tabla 13. Elementos expuestos en el nivel de riesgo muy alto por incendios forestales	46
Tabla 14. Elementos expuestos en el nivel de riesgo alto por incendios forestales	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de San Martín	6
Figura 2. Triángulo del fuego para incendios forestales.....	8
Figura 3. Factores de propagación del fuego para incendios forestales	8
Figura 4. Tipología de los incendios forestales	9
Figura 5. Metodología del escenario de riesgo por incendios forestales.....	9
Figura 6. Modelo del Escenario de riesgo por incendios forestales	11
Figura 7. Modelamiento de los factores de susceptibilidad.....	12
Figura 8. Mapa de combustible a partir de la cobertura vegetal.....	14
Figura 9. Influencia de la pendiente en la propagación del fuego.....	15
Figura 10. Mapa de pendientes.....	16
Figura 11. Mapa de condiciones climáticas favorables.....	18
Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos.....	20
Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente	22
Figura 14. Mapa de factores condicionantes para incendios forestales.....	24
Figura 15. Incendios registrados por año en la región San Martín	25
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en la región San Martín	26
Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por provincia	26
Figura 18. Mapa de registros históricos de ocurrencia de incendios forestales.....	27
Figura 19. Mapa de focos de calor históricos de incendios forestales.....	29
Figura 20. Mapa de superficies afectadas por incendios forestales (cicatrices)	30
Figura 21. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2020)....	31
Figura 22. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales de la región San Martín.	32
Figura 23. Elementos expuestos a incendios forestales.....	33
Figura 24. Priorización del elemento expuesto según el criterio de tipo de ecosistema	36
Figura 25. Priorización del elemento expuesto según el criterio de estrategia de conservación	38
Figura 26. Área de influencia antrópica para la priorización del elemento expuesto	39
Figura 27. Diagrama de flujo para la asignación de pesos a partir del cruce de los tres criterios.	40
Figura 28. Mapa de priorización del elemento expuesto ante la ocurrencia de incendios forestales ..	41
Figura 29. Mapa de elementos socioeconómicos, como parte de los elementos expuestos	42
Figura 30. Superficie en riesgo muy alto, por provincias	44
Figura 31. Superficie en riesgo alto, por provincias	44
Figura 32. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales en la región San Martín.....	45



1 INTRODUCCIÓN

En la región de San Martín se han registrado una cantidad considerable de emergencias históricas registradas por ocurrencias de incendios forestales, la principal causa de los eventos está relacionada a las actividades de quemados con fines de cambio de uso de suelos (actividad ancestral relacionada a la agricultura) que traen como consecuencias la destrucción de la cobertura forestal, la pérdida de fauna silvestre, deterioro del patrimonio cultural, y contaminación de las aguas y del aire.

El 02 de diciembre de 2020, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y el Gobierno Regional de San Martín (GORESAM), suscribieron un convenio marco con el objetivo de incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en los instrumentos de planificación de dicha entidad y que facilite el lograr una gestión adecuada del territorio, de manera ordenada, sostenible y segura, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de sus ciudadanos y al desarrollo integral de la región San Martín.

El CENEPRED, en el marco de las funciones otorgadas por la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y su Reglamento, bajo las cláusulas establecidas en el convenio marco, ha elaborado el presente trabajo, cuyo objetivo principal es desarrollar el escenario de riesgo por incendios forestales de la Región San Martín.

El desarrollo de este estudio contó con la colaboración del Gobierno Regional de San Martín, quien hizo posible la coordinación con las entidades públicas vinculadas a la gestión del riesgo por incendios forestales en la región San Martín, quienes proporcionaron la información utilizada en las diferentes etapas del desarrollo metodológico del escenario de riesgo.

El presente documento detalla de manera clara y sencilla la construcción del escenario de riesgo por incendios forestales, en el ámbito de la región San Martín, con la finalidad de contar con una herramienta técnica de apoyo para la toma de decisión a nivel regional ante la ocurrencia de incendios forestales.

Finalmente, esta herramienta técnica servirá como un referente para la formulación de planes y documentos de gestión orientados a la prevención y reducción del riesgo de desastres, así como para la respuesta ante los probables daños y/o pérdidas originadas por los incendios forestales en la región.



2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el escenario de riesgo por incendios forestales de la región San Martín.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

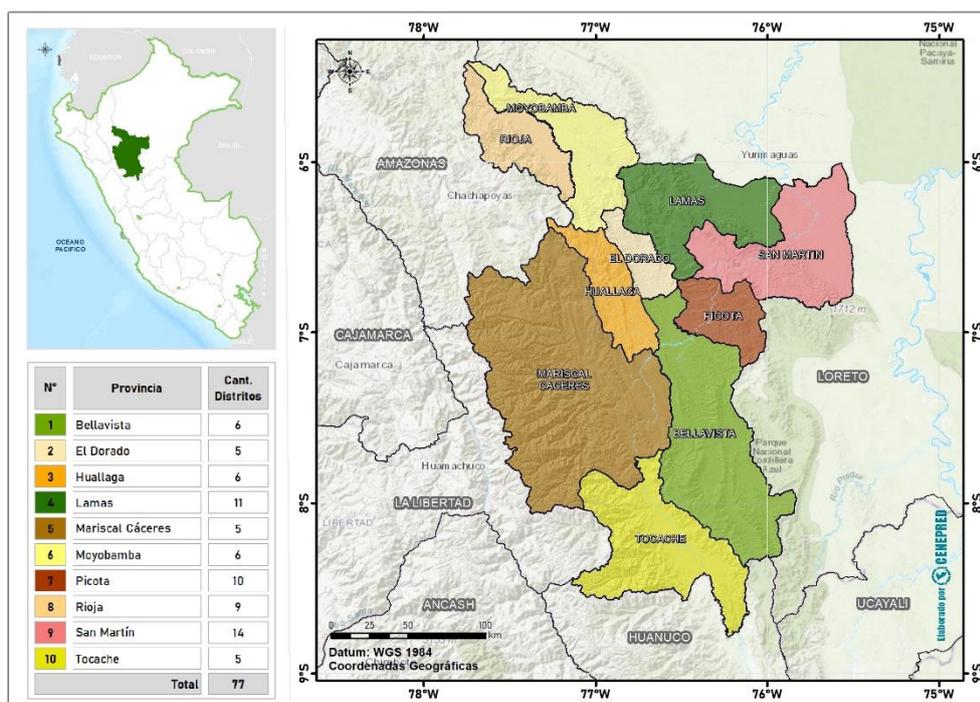
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a incendios forestales.
- Elaborar el mapa de los elementos expuestos a incendios forestales.
- Cuantificar los elementos expuestos en todos los niveles de riesgo de incendios forestales.

3 ASPECTOS GENERALES

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El departamento de San Martín está situado en la región nororiental del territorio peruano, tiene como capital a la ciudad de Moyobamba. Sus límites son por el norte y el este con el departamento de Loreto, por el sur con el departamento de Huánuco y por el oeste con los departamentos de La Libertad y Amazonas. Su altitud está entre los 110 msnm centro poblado Pelejo, distrito El Porvenir – provincia de San Martín) y los 4349 msnm (elevaciones de las lagunas de Quishuar, distrito Huicungo – provincia de Mariscal Cáceres) (INEI, 2017).

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de San Martín



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



3.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS

El departamento de San Martín presenta una fisiografía bastante heterogénea la misma que se caracteriza por presentar geofomas, definidas por las características del macro relieve y el macroclima, que permitió identificar dos provincias fisiográficas. La cordillera andina con un relieve montañoso muy disectado y la llanura amazónica, con relieve plano. Además, por las características fisiográficas cuenta con cuatro unidades climáticas: Tierras frías perhúmedas, Tierras cálido templado, Tierras cálido subhúmedas y Tierras cálido húmedas. (IIAP, 2007).

3.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

El departamento de San Martín tiene una población total 813,381 habitantes, donde 414,775 son hombres y 398,606 mujeres, el 68.1% de la población pertenece al área urbana y el 31.9% corresponde al área rural; A su vez se han cuantificado un total de 258,005 viviendas particulares, el 65.8% corresponden al área urbana y el 34.2% al área rural.

Tabla 1. Población del departamento de San Martín.

Ámbito	Hombres	Mujeres	Total
Urbano	278,230	275,849	554,079
Rural	136,545	122,757	259,302
Total	414,775	398,606	813,381

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del INEI. 2022

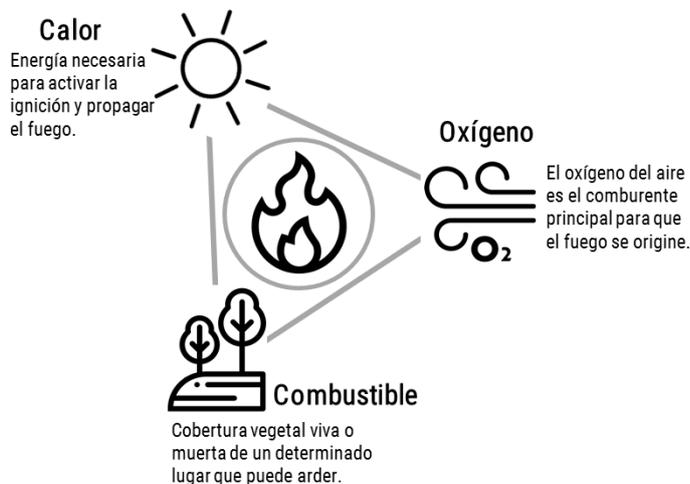
Asimismo, del total de viviendas, el 93.4% se encuentran con personas presentes. Además, el 66,1% de las viviendas tiene abastecimiento de agua por red pública dentro de la vivienda y el 86,3% del total de viviendas particulares con ocupantes presentes dispone de alumbrado eléctrico conectado a la red pública, mientras que el 13,7% (28 mil 812) no dispone de este servicio. (INEI, 2018)

4 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

Un incendio forestal es descrito como el fuego no deseado de cualquier origen, que no es estructural, que se propaga sin control en los recursos forestales causando daños ecológicos, económicos y sociales. Este fuego es la reacción rápida producto de la unión del oxígeno del aire, la cobertura vegetal como combustible y una fuente de calor a estos elementos se le denomina triángulo del fuego (Figura 2); que se manifiesta en forma de llamas y humo (SERFOR, 2017; SERNANP, 2016).



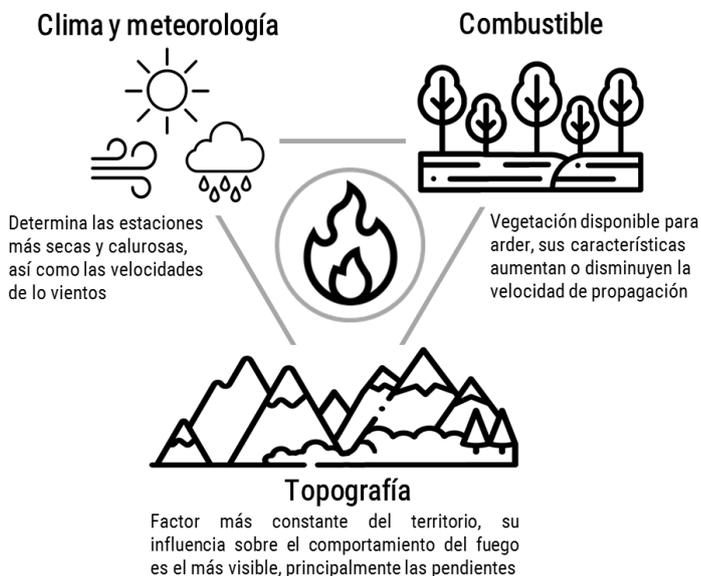
Figura 2. Triángulo del fuego para incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

Una vez que un incendio forestal se ha iniciado, el comportamiento del fuego y su propagación está determinado por tres factores: el tipo de combustible, la climatología y la topografía. A estos tres factores se les conoce como la gran triada (Figura 3).

Figura 3. Factores de propagación del fuego para incendios forestales



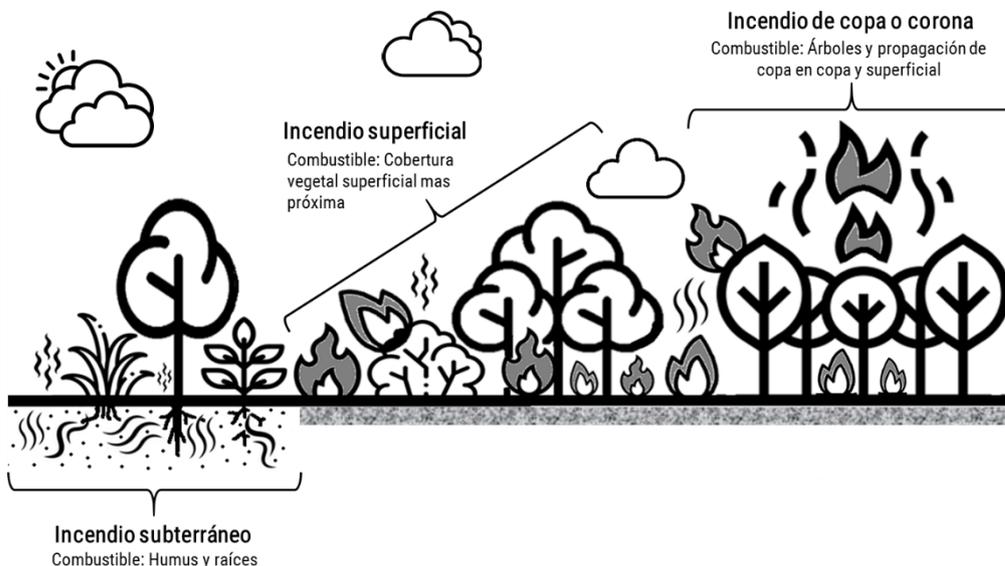
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

Los incendios forestales son variables, sin embargo, se han distinguido tres tipos que implican diferentes grados de daño en los ecosistemas: **los subterráneos**, el fuego quema el humus y raíces bajo la superficie del suelo o la materia orgánica acumulada en las fracturas de grandes afloramientos de roca, se caracteriza por no generar llamas y poco humo; **los superficiales**, donde el fuego consume los



combustibles que se encuentran sobre el suelo como hierbas, pajonales, arbustos, leñas, hojarascas y sin quemar todo el cuerpo de los árboles; y por último, **de copa o corona**, en los cuales el fuego consume completamente a los árboles y se propaga tanto de copa en copa como superficialmente (Villers, 2006) (Figura 4).

Figura 4. Tipología de los incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

5 ETAPAS DEL ANÁLISIS METODOLÓGICO

La propuesta metodológica utilizada, está compuesta por cuatro etapas como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Metodología del escenario de riesgo por incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



6 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la elaboración del escenario de riesgo, se utilizó la siguiente información:

- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA):
 - Focos de calor 2003 - 2022 obtenidos del sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer) del satélite Suomi-NPP y los sensores MODIS (Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada) de los satélites EOS Terra y Aqua.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED):
 - Mapa de pendientes, con base ASTER Global DEM de la colección Terra ASTER de la Japan Space System.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI):
 - Centros poblados con información socioeconómica del Censo Nacional de Población y Vivienda 2017
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI):
 - Registro nacional de emergencias por incendios forestales (2003 – 2020)
- Ministerio del Ambiente (MINAM):
 - Registro histórico de incendios forestales (2003 - 2020),
 - Mapa Nacional de Ecosistemas (2019),
 - Pérdida de bosque 2001 - 2020
- Ministerio de Cultura (MINCUL):
 - Información de monumentos arqueológicos (2021)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
 - Cobertura agrícola (2020)
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP):
 - Áreas Naturales Protegidas (2019),
 - Zonas de amortiguamiento (2019),
 - Áreas de Conservación Regional (2019),
 - Áreas de Conservación Privada (2019)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI):
 - Mapa climático nacional (2020)
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR):
 - Cicatrices de incendios forestales (2017 - 2020),
 - Ocurrencias de incendios forestales (2017 – 2020),
 - Ecosistemas frágiles (2019)
- World Bank Group:
 - Atlas solar global (2019),
 - Atlas de vientos global (2019)



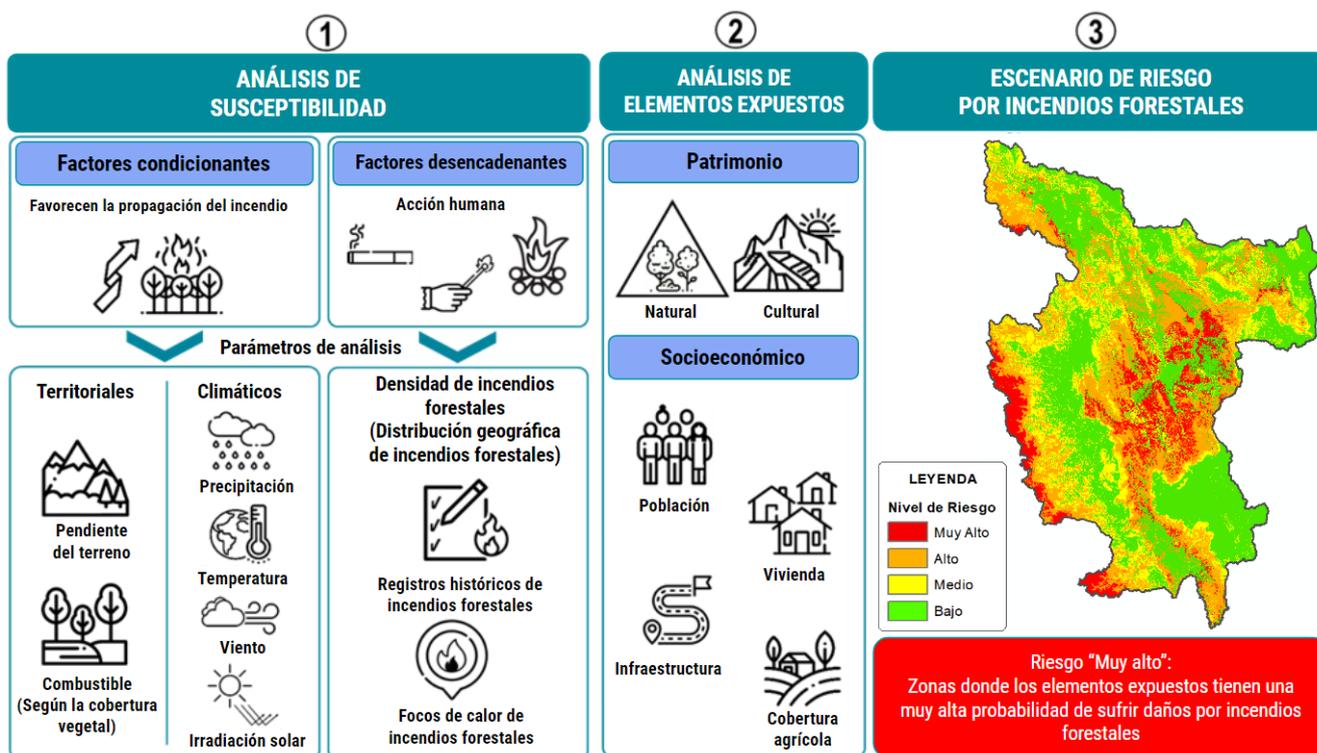
7 ELABORACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO

El modelo generado para obtener el escenario de riesgo por incendios forestales de la región San Martín, se encuentra representado en la Figura 6.

El análisis de susceptibilidad examina el peligro por incendios forestales, considerándose como el principal factor desencadenante a las acciones humanas, mientras que los factores condicionantes han tomado en cuenta los elementos que favorecen o desfavorecen la propagación de los incendios forestales. La identificación de los elementos expuestos, comprende los elementos patrimoniales: naturales e históricos-culturales, además de los elementos socioeconómicos y medios de vida de las poblaciones.

La superposición de los mapas de susceptibilidad y elementos expuestos dan como resultado el mapa del escenario de riesgo por incendios forestales.

Figura 6. Modelo del Escenario de riesgo por incendios forestales



Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

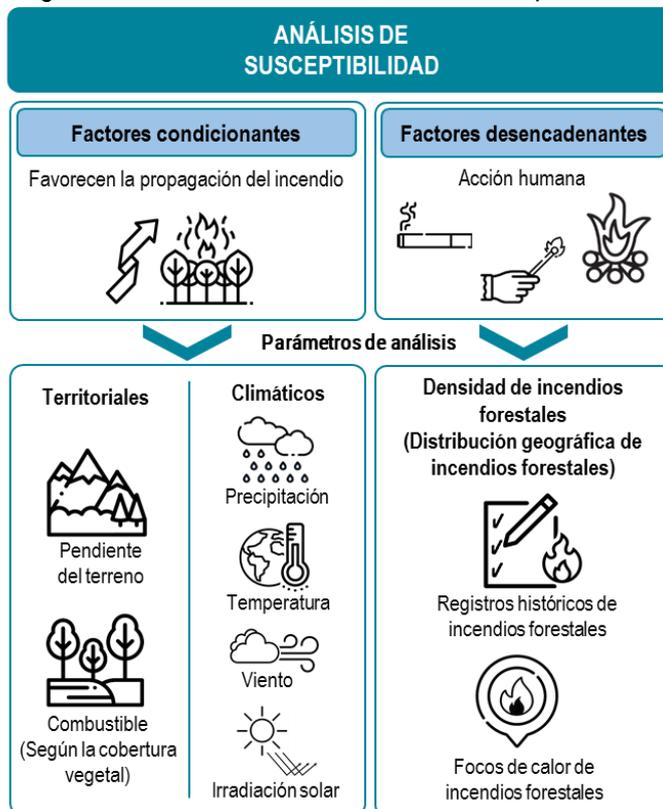
7.1 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Este análisis permitirá conocer la predisposición del territorio del departamento de San Martín a la ocurrencia de incendios forestales, el nivel de susceptibilidad a incendios forestales estará basado en las características del factor desencadenante y los factores condicionantes. El principal factor desencadenante es el fuego producido por las acciones humanas, mediante las quemas (actividad ancestral relacionada a la agricultura) y actos negligentes de arrojar objetos que producen fuego sobre coberturas vegetales secas como cigarrillos encendidos y objetos de vidrio que pueden generar el efecto lupa. Respecto a los



factores condicionantes, se ha considerado las características territoriales y climáticas que favorecen la propagación del fuego (Figura 7).

Figura 7. Modelamiento de los factores de susceptibilidad



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

7.1.1 Factores condicionantes territoriales

A) Combustible (cobertura vegetal)

El tipo de vegetación condiciona la intensidad del fuego para cada zona, estas características intrínsecas de la vegetación le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego, esto se conoce como combustibilidad. (IDEAM, 2011; MiAMBIENTE, 2015)

El mapa de combustible fue elaborado por el CENEPRED, basándose en la clasificación de tipos de combustible propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2011) (Tabla 2). Para ello se utilizó como insumo el mapa de cobertura vegetal del MINAM (2015)¹

¹ Información homologada con las unidades del Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra Corine Land Cover (CLC), la metodología Corine Land Cover del año 1990 (CLC90) fue refinada en el año 2000 con la propuesta CLC2000 e Image2000; la primera es una guía para la actualización de bases de datos de cobertura del suelo en Europa, la segunda es una guía estandarizada para el procesamiento de imágenes de satélite.

**Tabla 2. Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal**

ID	Cobertura vegetal	Combustible predominante
1	Bosque de llanura meándrica	No combustible
2	Bosque de terraza alta basimontano	No combustible
3	Bosque inundable de palmeras	No combustible
4	Lagunas, lagos y cochas	No combustible
5	Río	No combustible
6	Bofedal	No combustible
7	Vegetación esclerófila de arena blanca	Árboles
8	Bosque de montaña	Árboles
9	Bosque de montaña altimontano	Árboles
10	Bosque de terraza baja basimontano	Árboles
11	Bosque de colina alta	Árboles
12	Bosque de colina baja	Árboles
13	Bosque de terraza alta	Árboles
14	Bosque de terraza baja	Árboles
15	Vegetación de isla	Árboles
16	Bosque de montaña basimontano	Árboles y arbustos
17	Bosque de montaña montano	Árboles y arbustos
18	Áreas de no bosque amazónico	Arbustos
19	Bosque inundable de palmeras basimontano	Hierbas/Arbustos
20	Pajonal andino	Pastos
21	Jalca	Pastos/Hierbas

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del GORE San Martín e IDEAM. 2022

Finalmente, se le otorgó una ponderación según esta última clasificación (Tabla 3).

Tabla 3. Ponderación de los tipos de combustibles

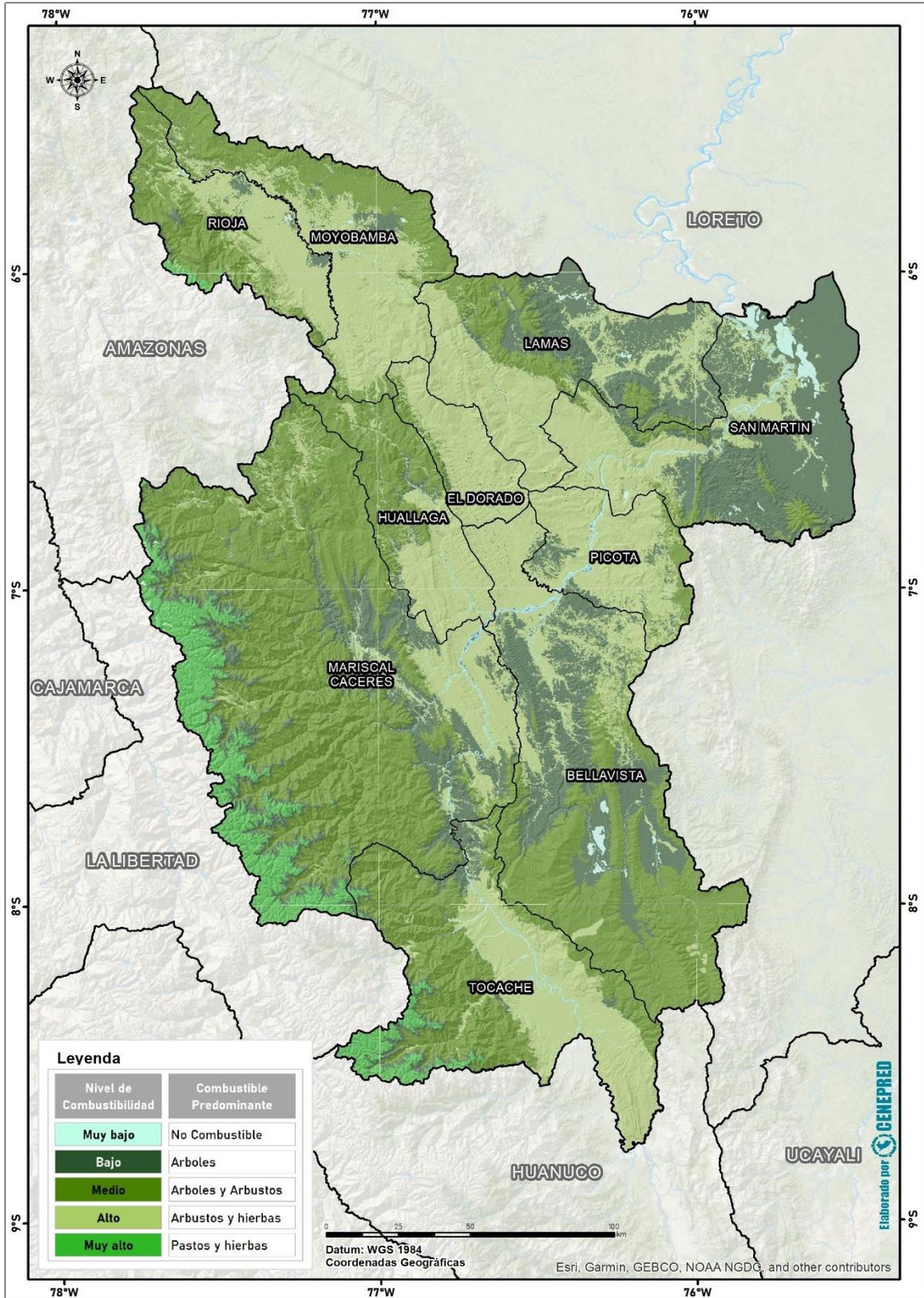
Combustible predominante	Nivel de combustibilidad	Peso asignado
No combustible	Muy bajo	1
Árboles	Bajo	2
Árboles y arbustos	Medio	3
Arbustos	Alto	4
Hierbas/Arbustos	Alto	4
Pastos	Muy alto	5
Pastos/hierbas	Muy alto	5

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del GORE San Martín e IDEAM. 2022

El resultado del análisis para el mapa de combustible de la región San Martín se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Mapa de combustible a partir de la cobertura vegetal



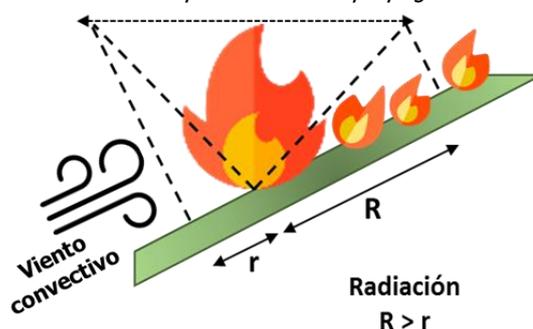
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



B) Pendiente

Cuando se genera un incendio, este reaccionará favorablemente a las pendientes más pronunciadas, donde las llamas se acercan más al combustible y propagan el fuego por radiación, convección y contacto con la vegetación precalentada y seca, a su vez las formas del terreno interactúan con las condiciones ambientales como los vientos y el calentamiento solar para promover o retardar el comportamiento del fuego (Johnson & Miyanishi, 2001; Omi, 2005) (Figura 9).

Figura 9. Influencia de la pendiente en la propagación del fuego



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2021

El mapa de pendientes de la región San Martín (Figura 10), elaborado por el CENEPRED (2021), usó como base el modelo digital de elevación (30 metros de resolución) obtenido del proyecto ASTER Global DEM de la colección Terra ASTER de la Japan Space System, los rangos de las pendientes se adaptaron de la propuesta del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), para luego asignar un peso a cada rango (Tabla 4).

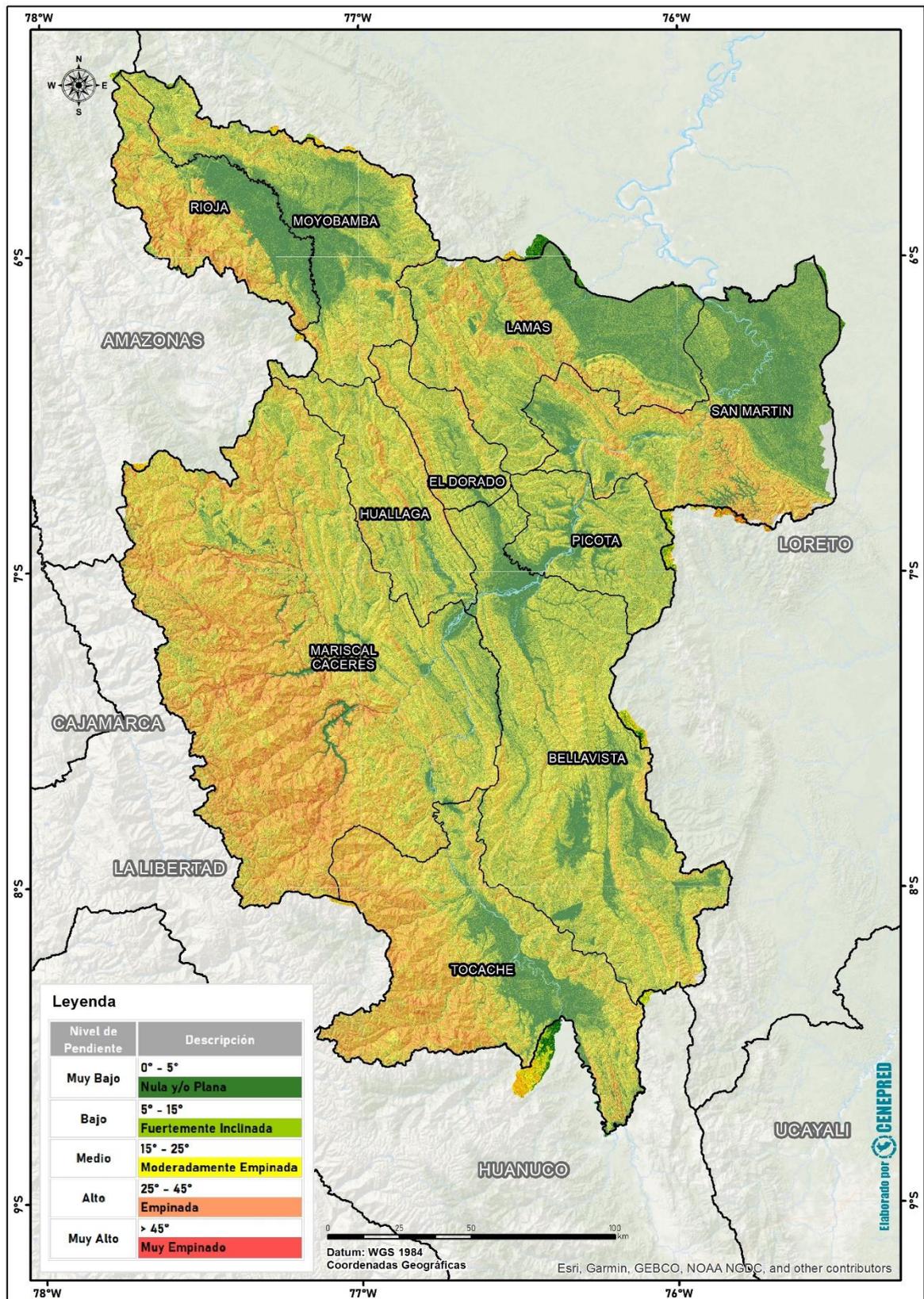
Tabla 4. Ponderación de las pendientes

Pendiente del terreno en grados	Nivel de pendiente	Peso
Muy escarpada: > 45°	Muy alto	5
Muy fuerte: 25° a 45°	Alto	4
Fuerte: 15° a 25°	Medio	3
Moderada: 5° a 15°	Bajo	2
Suave: 1° a 5°	Muy bajo	1

Fuente: Adaptado por CENEPRED de INGEMMET. 2020



Figura 10. Mapa de pendientes



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



7.1.2 Factores condicionantes climáticos

Los incendios pueden ser precedidos por temporadas de déficit hídrico. Las regiones especialmente susceptibles a los incendios forestales son aquellas que tienen una estación seca, marcada con altas temperaturas. Asimismo, pueden agravarse con los fuertes vientos que ayudan a extender el fuego sobre grandes áreas (Smith, 2001).

A) Clima

La información usada corresponde al mapa de clasificación climática del Perú, generada por el SENAMHI (2020). La información base de esta clasificación está apoyada en datos meteorológicos de veinte años (1981-2010), a partir de la cual se procedió a formular los "Índices Climáticos" y al trazado de los mismos de acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Werren Thornthwaite (SENAMHI, 2020).

Finalmente, las unidades analizadas para el modelo contenían información referida a precipitación efectiva, temperatura eficiente, distribución de la precipitación pluvial a través del año y la humedad relativa media, estas variables fueron categorizadas de acuerdo a lo requerido para el modelo de precipitación y temperatura (CENEPRED, 2019).

Este modelo climático nacional se usó para el territorio de la región San Martín. Se muestra el resultado del análisis de las variables climáticas regionales en la tabla 5 y el mapa con las condiciones climáticas favorables en la figura 11.

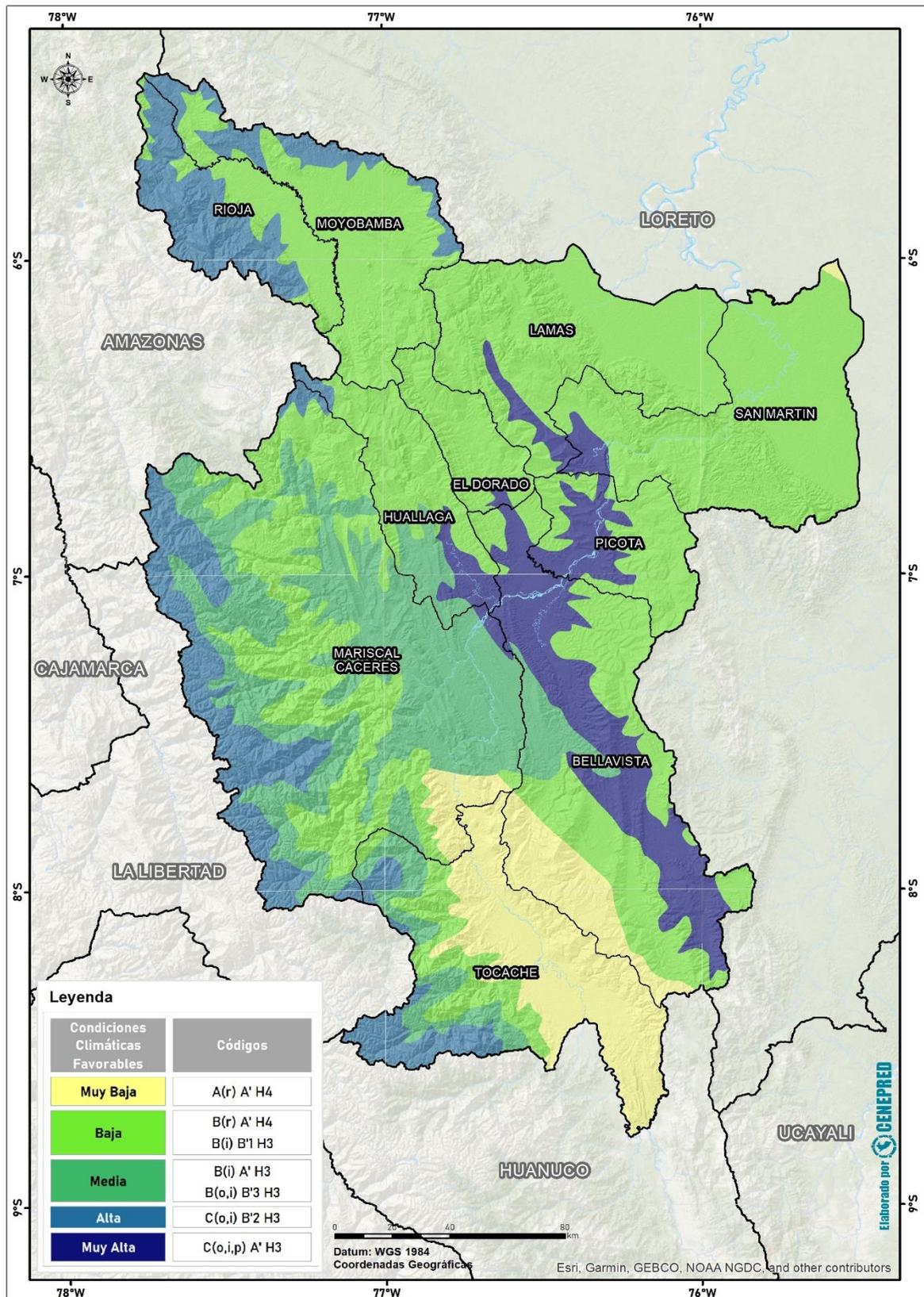
Tabla 5. Ponderación de variables climáticas (Thornthwaite)

Código de clima	Precipitación efectiva	Distribución de la precipitación durante el año	Temperatura eficiente	Peso
A(r) A' H4	Muy Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Cálido	1
A(r) A' H4	Muy Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Cálido	1
B(r) A' H4	Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Cálido	2
B(i) B'1 H3	Lluvioso	Con invierno seco	Semicálido	2
B(i) A' H3	Lluvioso	Con invierno seco	Cálido	3
B(o,i) B'3 H3	Lluvioso	Con otoño seco, con invierno seco	Semifrío	3
C(o,i) B'2 H3	Semiseco	Con otoño seco, con invierno seco	Templado	4
C(o,i,p) A' H3	Semiseco	Con otoño seco, con invierno seco, con primavera seca	Cálido	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED con datos de SENAMHI. 2022



Figura 11. Mapa de condiciones climáticas favorables



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del SENAMHI. 2022



B) Vientos

La propagación rápida del fuego está predominantemente asociada con el viento, más aún en las pendientes más inclinadas, donde generalmente se originan vientos convectivos locales ascendentes (aire calentado por el terreno) y por lo tanto el fuego tiende a subir rápidamente aumentando en la velocidad de propagación hacia el combustible que está sin arder, provocando su rápida ignición (Moscovich et al., 2014; Omi, 2005).

Para este escenario se ha usado el mapa de velocidades medias de vientos para Perú obtenido del Atlas Global de Vientos, que es un proyecto internacional publicado por el Grupo del Banco Mundial².

Este mapa nos proporciona una estimación de la velocidad media del viento desde 10 a 200 metros sobre el nivel de la superficie y nos muestra las zonas donde existen las mayores concentraciones de velocidades de los vientos. Para el análisis de la región San Martín se usarán los datos obtenidos a 10 metros de la superficie y para su clasificación se tomó como referencia la escala Beaufort para la fuerza del viento a partir de la velocidad y sus efectos en tierra (Tabla 6) y (Figura 12).

Tabla 6. Fuerza del viento y efectos en tierra según Beaufort

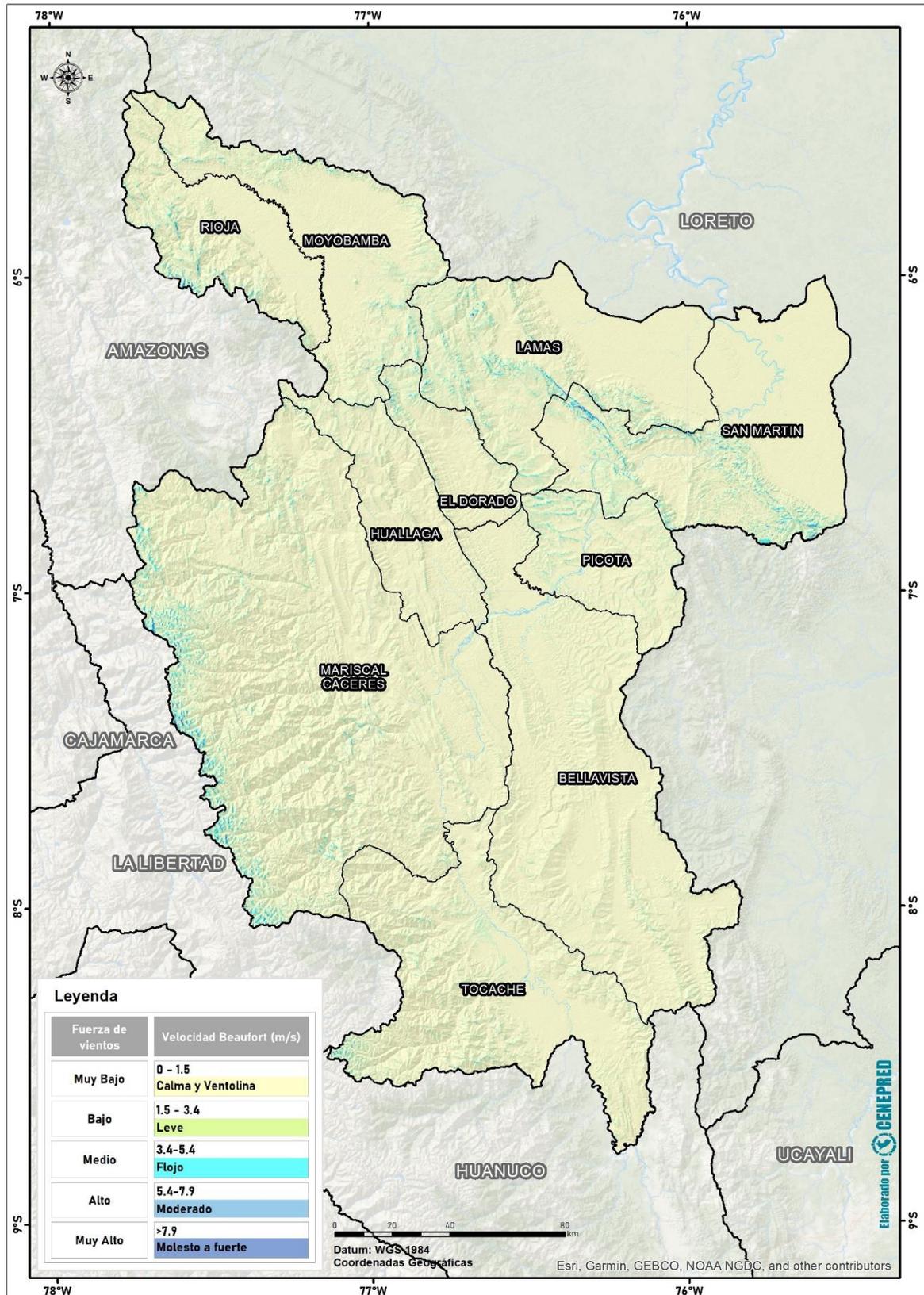
Grado Beaufort	Velocidad Beaufort (m/s)	Descripción	Peso
0 a 1	0.0 - 1.5	Calma y ventolina	1
2	1.5 - 3.4	Leve	2
3	3.4 - 5.4	Flojo	3
4	5.4 - 7.9	Moderado	4
Mayor a 5	> 7.9	Molesto a fuerte	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

² El mapa de velocidad media de vientos del Perú fue obtenido del "Global Wind Atlas 3.0, una aplicación gratuita basada en web desarrollada, propiedad y operada por la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU). El Global Wind Atlas 3.0 se lanza en asociación con el Grupo del Banco Mundial, utilizando datos proporcionados por Vortex, utilizando fondos proporcionados por el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (ESMAP). Para obtener información adicional: <https://globalwindatlas.info> "



Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del Global Wind Atlas (World Bank Group). 2022



C) Irradiación solar

La intensidad de la radiación solar es mayor cuando la superficie terrestre es perpendicular a los rayos solares (factor de vista óptimo). La perpendicular sobre la superficie variará con la época del año, la hora del día y la latitud (Zárate, 2004). En general las solanas están sometidas a una mayor insolación por lo que tienen menor humedad y menos vegetación que las umbrías sin embargo esta vegetación como combustible estará más seca, por lo que el fuego avanzará más rápidamente (EDUCARM, n.d.)

Durante el año, las zonas de mayor incidencia e irradiación de energía solar del territorio de San Martín se encuentran principalmente en el sector centro y este, donde se dispone de 6.0 a 7.0 kW h/m² de energía solar irradiada, mientras que las zonas de bajos valores de irradiación solar las encontramos en el lado oeste cercanos a la transición andina del departamento (Valores de 4.0 a 5.0 kW h/m²). Esta información fue obtenida del Atlas Solar Global, iniciativa de datos abiertos meteorológicos y de radiación solar de países específicos realizadas por el Banco Mundial³, ver Tabla 7 y Figura 13.

Tabla 7. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente

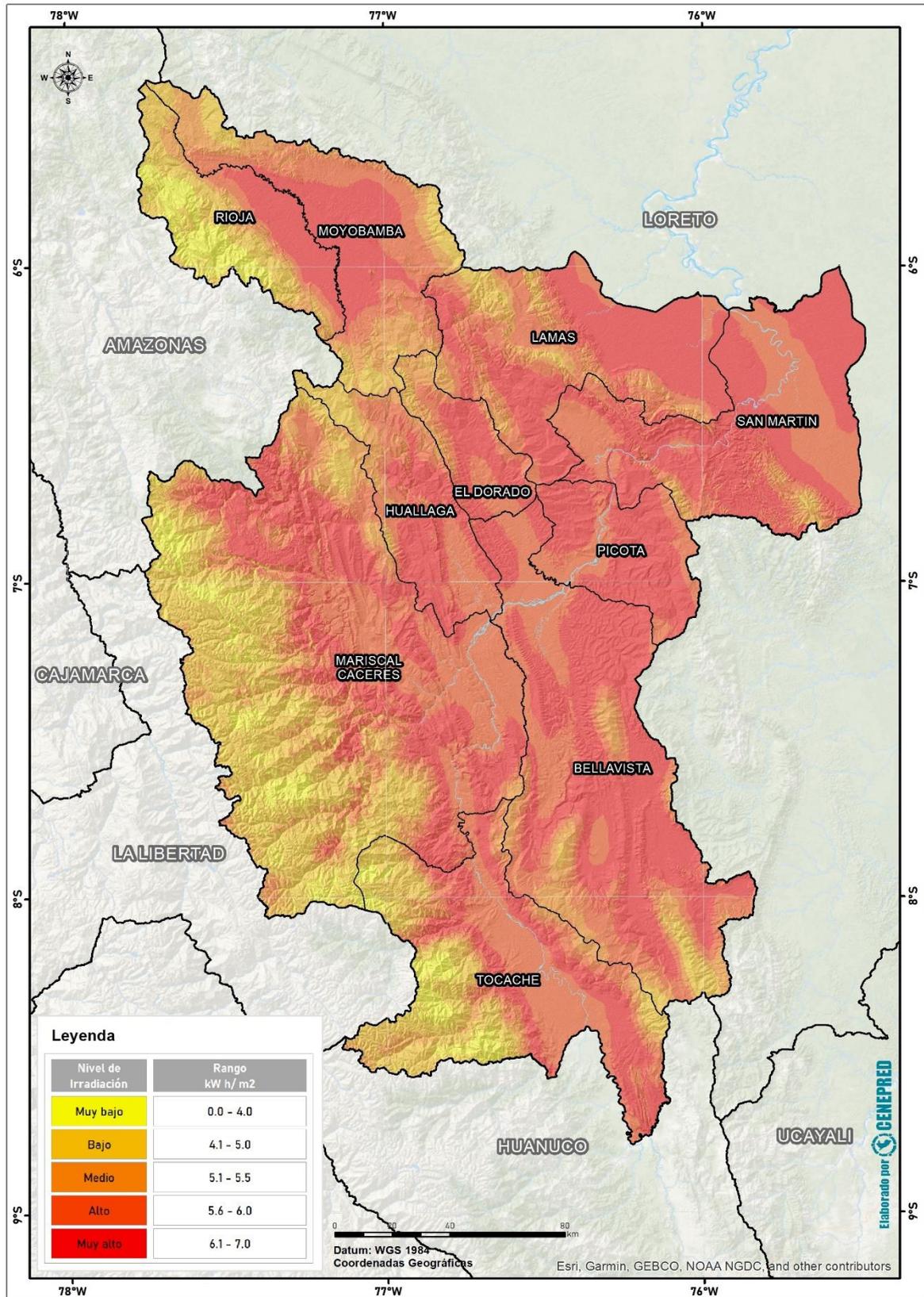
Rango kW h/m ²	Nivel de energía solar incidente	Peso asignado
0.0 - 4.0	Muy bajo	1
4.1 - 5.0	Bajo	2
5.1 - 5.5	Medio	3
5.6 - 6.0	Alto	4
6.1 - 7.0	Muy alto	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED con datos del Global Solar Atlas (World Bank Group). 2020

³ El mapa de irradiación solar del Perú fue obtenido de "Global Solar Atlas 2.0, una aplicación gratuita basada en web desarrollada y operada por la empresa Solargis s.r.o. en nombre del Grupo del Banco Mundial, utilizando datos de Solargis, con financiación proporcionada por el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (ESMAP). Para obtener información adicional: <https://globalsolaratlas.info>



Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del Global Solar Atlas (World Bank Group). 2022



7.1.3 Modelamiento de los factores condicionantes

La Tabla 8, muestra los pesos asignados a los parámetros de evaluación, según los factores condicionantes: territoriales y climáticos. Es importante mencionar que los valores de los pesos, fueron asignados en coordinación y a través del trabajo conjunto con el equipo técnico de especialistas del gobierno regional de San Martín encargado de esta actividad, con base en su experiencia y conocimiento del territorio.

Tabla 8. *Matriz de factores condicionantes*

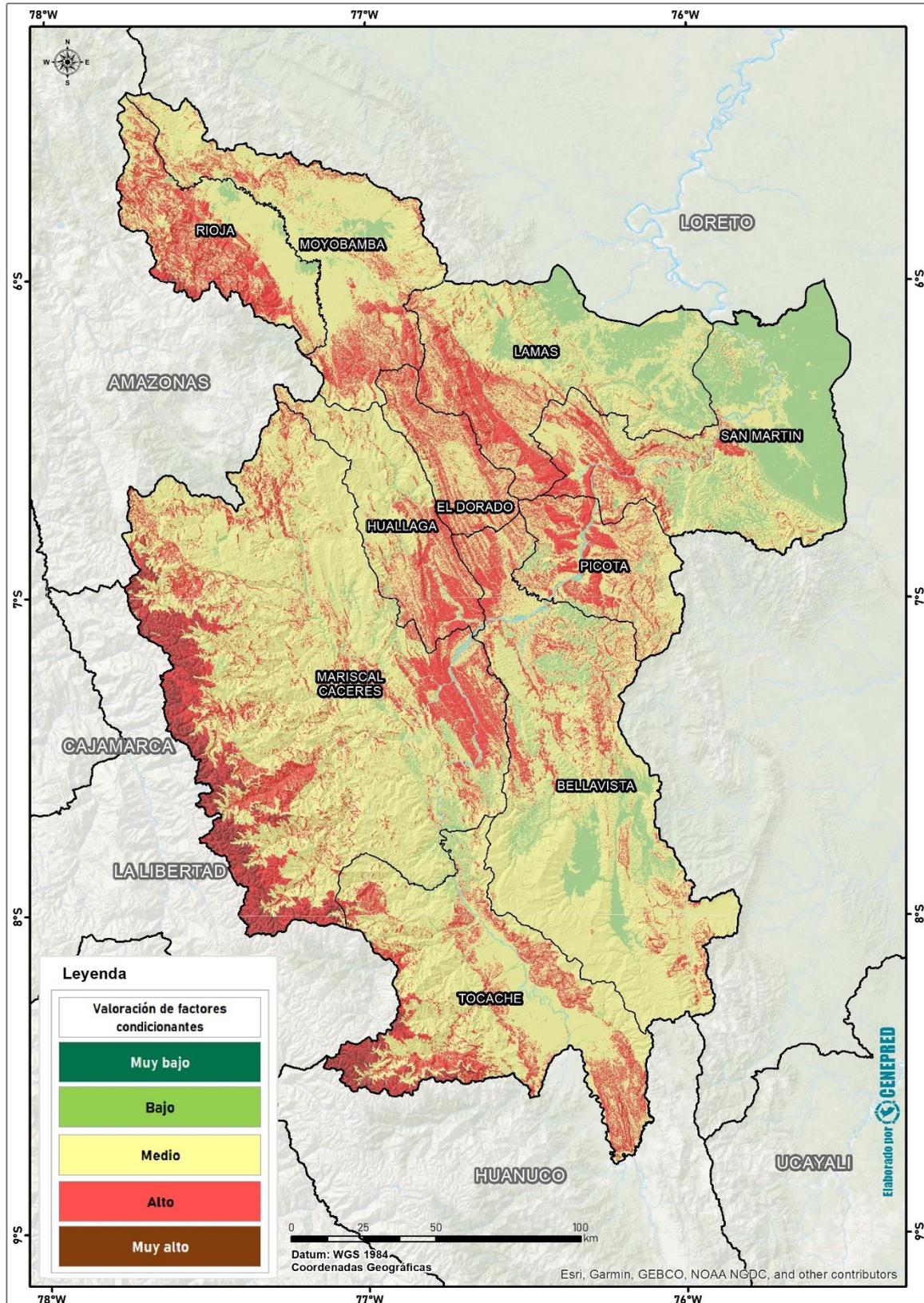
Parámetros de análisis		Peso asignado
F. C. Territoriales	Pendiente	0.15
	Combustible	0.50
F. C. Climáticos	Climas (Thornthwaite)	0.25
	Vientos	0.05
	Irradiación solar	0.05

Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

El resultado espacial del modelamiento de factores condicionantes se muestra en la Figura 14.



Figura 14. Mapa de factores condicionantes para incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



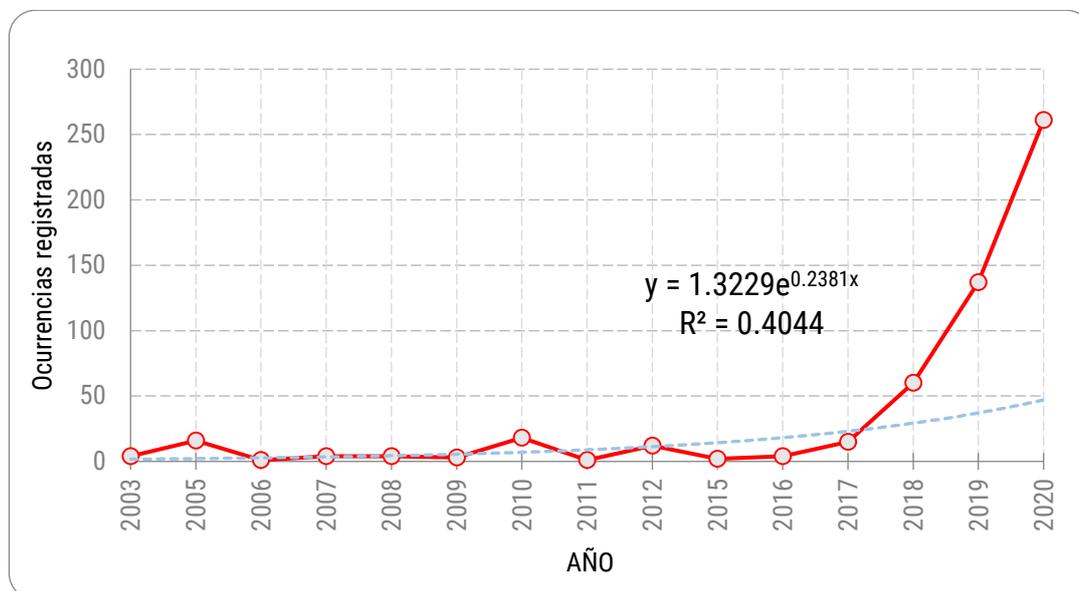
7.2 FACTOR DESENCADENANTE

La USAID (2015) a través de una evaluación de manejo de incendios forestales en Perú, diagnosticó por regiones a las causas antrópicas, como las actividades que generan el cambio de uso de suelo y que usan el fuego para la eliminación o renovación de vegetación, estas prácticas en su mayoría no controladas son desencadenantes de los incendios forestales.

Por otro lado, si bien las áreas naturales protegidas (ANP) en la actualidad cuentan con una “Estrategia de gestión del riesgo e incendios forestales” que les ha permitido reducir su número de hectáreas afectadas, su análisis de causas de ignición en sus ámbitos, sugiere que se dan en un 91% por el cambio de uso de suelos y por quema de pastos como actividad ancestral, y el 9% restante por la quema para obtener leña y por negligencias (SERNANP, 2016)⁴.

Para la región San Martín, la información estadística correspondiente a los registros históricos de emergencias de incendios forestales (INDECI 2020, MINAM 2020, SERFOR 2020)⁵ del periodo analizado entre 2003-2020, muestra un incremento exponencial de ocurrencias registradas en los tres últimos años (Figura 15).

Figura 15. Incendios registrados por año en la región San Martín



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del GORE San Martín, INDECI, MINAM y SERFOR. 2022

Asimismo, se identificó para la región, que la mayoría de incendios se han generado en el mes de agosto. Este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el

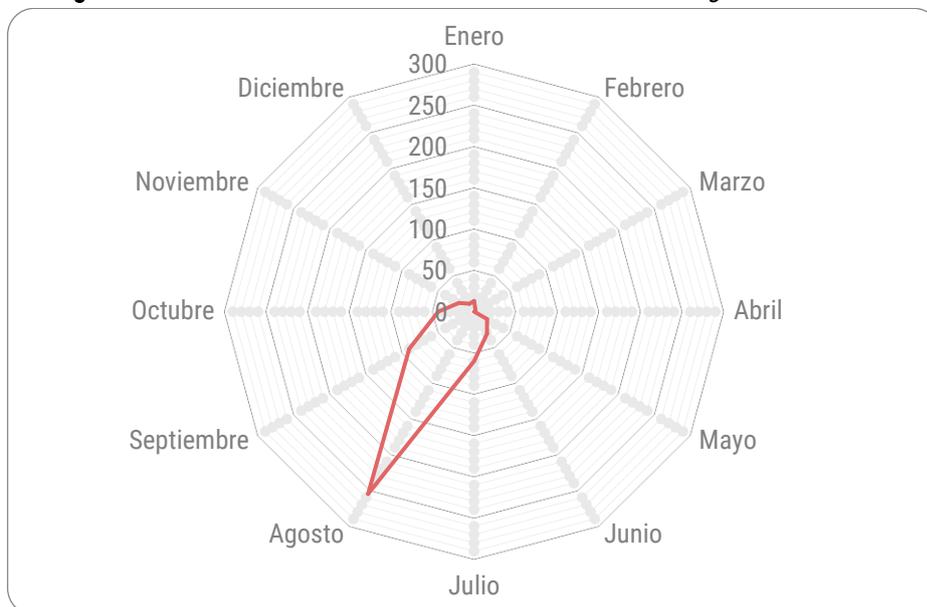
⁴ Referenciado en (SERFOR, 2018)

⁵ Información analizada con un corte hasta el mes de diciembre del 2020.



manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (Manta, 2017; Manta & León, 2004) (Figura 16).

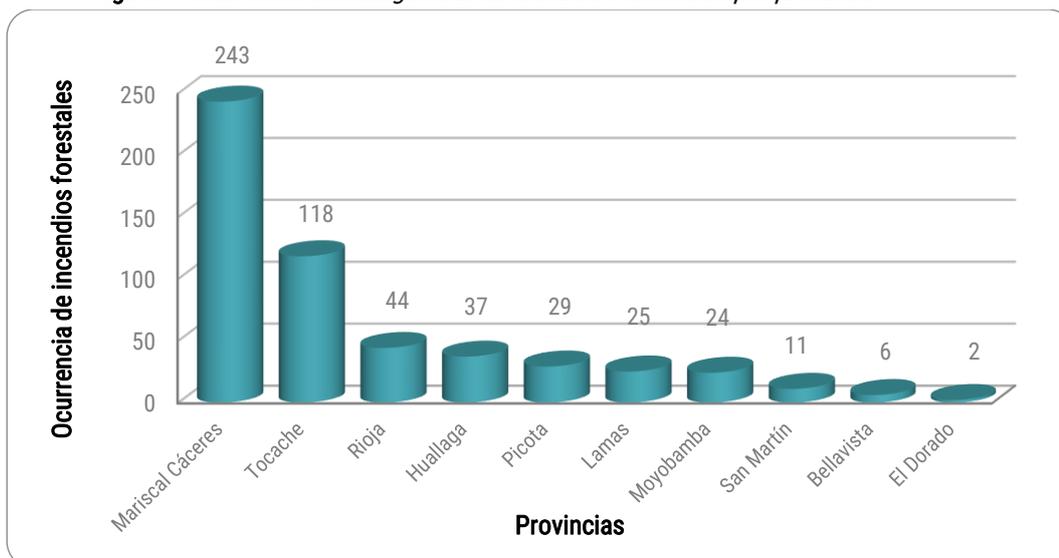
Figura 16. *Tendencia mensual de incendios forestales en la región San Martín*



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del GORE San Martín, INDECI, MINAM y SERFOR. 2022

Al organizar las frecuencias de incendios forestales por provincias durante el periodo 2003-2020, el resultado concluye que las provincias con mayores registros de incendios forestales son: Mariscal Cáceres, Tocache, Rioja y Huallaga. (Figura 17).

Figura 17. *Histórico de emergencias de incendios forestales por provincia*



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del GORE San Martín, INDECI, MINAM y SERFOR. 2022



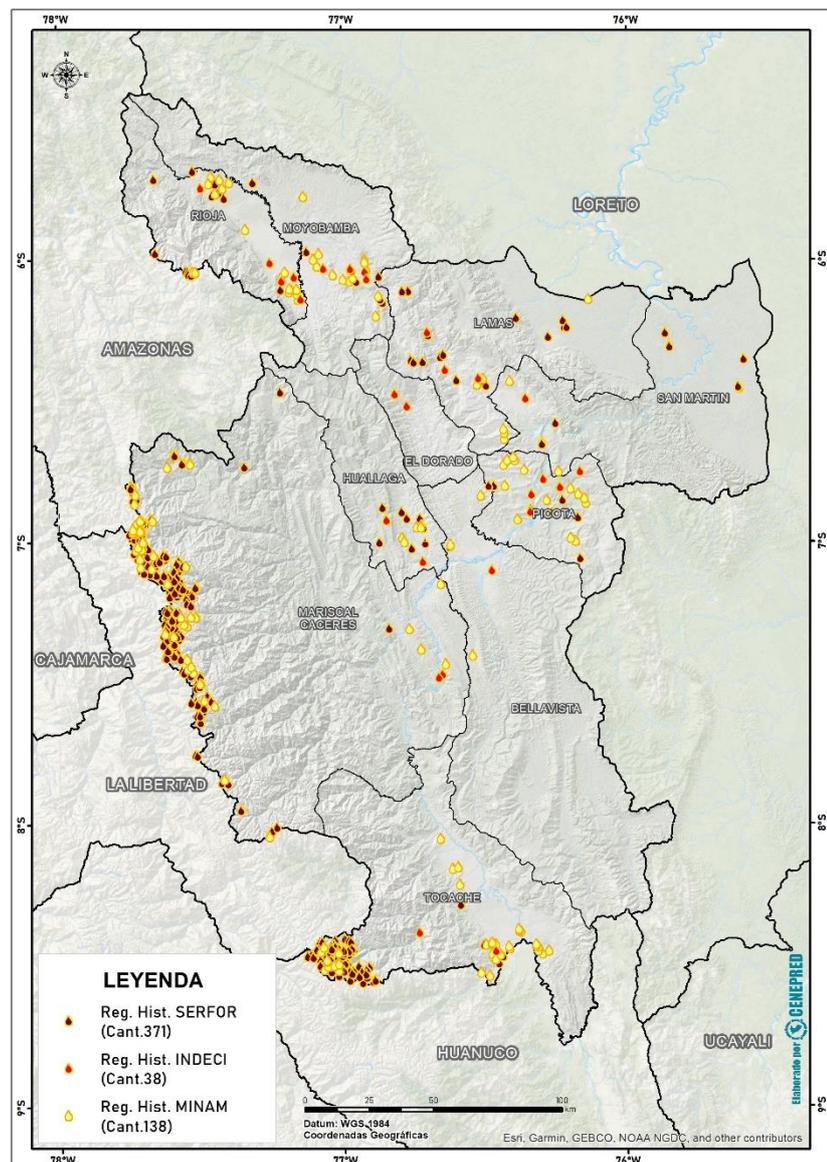
7.2.1 Densidad de incendios forestales

Para la obtención del mapa se elaboró un registro general de la ubicación espacial de incendios forestales con toda la información recopilada, pertenecientes a diferentes fuentes, con la finalidad de contar con una base de datos estandarizada, el tratamiento de estos datos se realizó de la siguiente manera:

A) Registros históricos de ocurrencia de incendios forestales

Se utilizaron los registros y emergencias históricas de incendios forestales del GORE San Martín, INDECI, MINAM y SERFOR, a estos, previamente se realizaron los controles de limpieza de datos duplicados por ubicación y fecha, posteriormente fueron unidos a una sola base de datos.

Figura 18. Mapa de registros históricos de ocurrencia de incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



B) Focos de calor

- i. Fueron obtenidos a través del conjunto de radiómetros de imágenes infrarrojas visibles (VIIRS). Debido a su mayor resolución espacial de 350 metros, este producto de fuego activo proporciona mayor respuesta sobre los incendios de áreas relativamente pequeñas, así como el mapeo mejorado de grandes perímetros de fuego (Schroeder & Giglio, 2018). Además, esta información fue complementada con los datos de focos de calor de incendios forestales de 1 km de resolución, obtenidos de los sensores MODIS. Para la identificación de posibles incendios forestales en la data descargada se usaron los siguientes criterios:

Para los datos VIIRS, el algoritmo de detección de incendios forestales, nos muestra mejoras a las anomalías térmicas obtenidas en el desarrollo de los trabajos de Giglio et al., 2003; Kaufman et al., 1998; Morissette et al., 2005; Schroeder et al., 2008. En el cual los datos con mayor probabilidad de ser incendios forestales son aquellos que cumplen con los siguientes criterios (Schroeder et al., 2014):

$$BT_4 > 325 \text{ K} \text{ y } \Delta BT_{45} > 25 \text{ K (Durante el día)}$$

$$BT_4 > 295 \text{ K} \text{ y } \Delta BT_{45} > 10 \text{ K (Durante la noche)}$$

Donde:

BT_4 : Temperatura de brillo en grados Kelvin

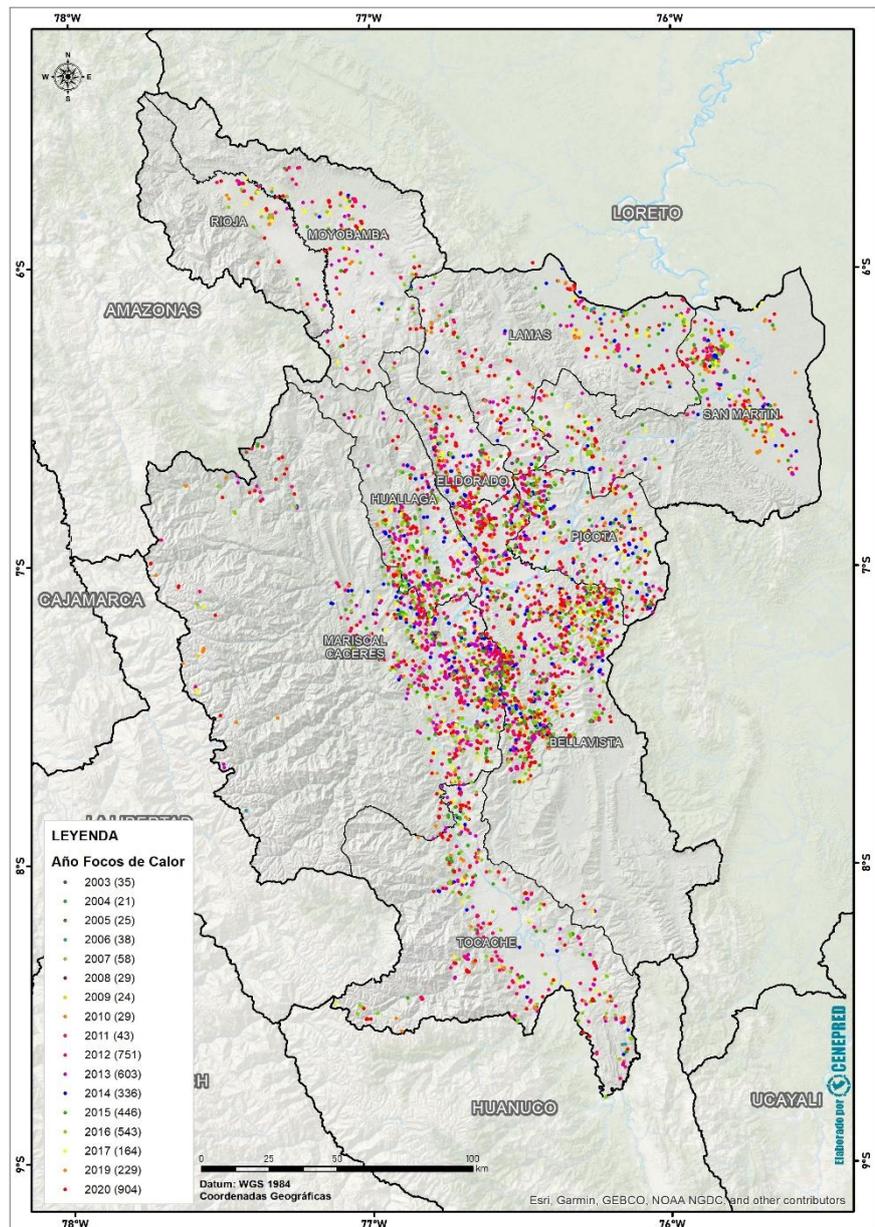
ΔBT_{45} : Diferencia de temperatura de brillo entre los canales 4 y 5

A su vez para los productos MODIS, 310 K representa la temperatura de brillo mínima requerida para que un dato se considere un píxel de fuego y, según la experiencia operativa de validación, 340 K representa un valor típico para un incendio razonablemente obvio durante el día. Para los datos de fuego nocturnos, los umbrales se alteran adecuadamente para que la mínima temperatura de probabilidad sea de 305K y el valor típico de incendio forestal nocturno validado sea de 320K. (Giglio et al., 2003).

- ii. Otra fuente de focos de calor históricos de incendios forestales, son los que fueron proporcionados por el SERFOR, los mismos ya fueron procesados y filtrados por dicha entidad, fueron adjuntados a la base de focos de calor previa verificación de duplicidad.



Figura 19. Mapa de focos de calor históricos de incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

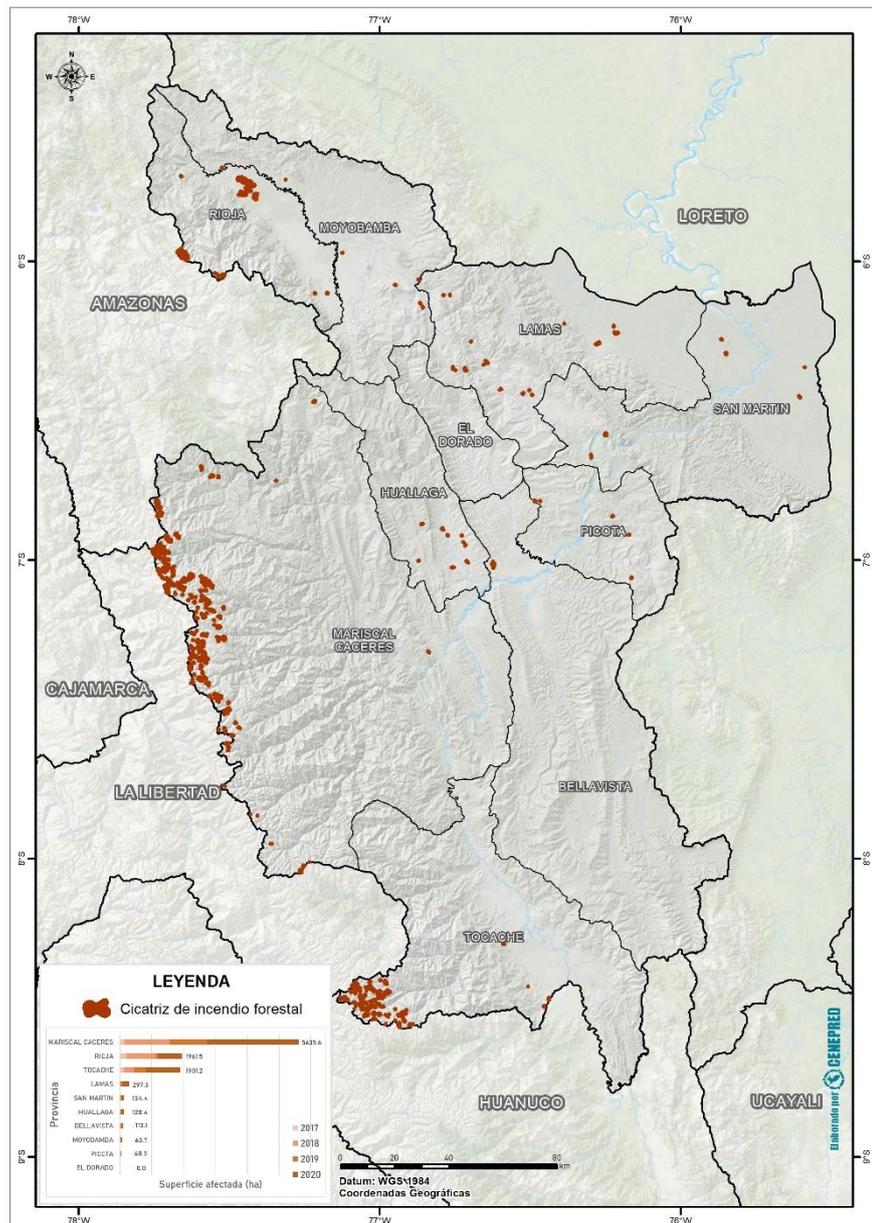
C) Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)

Esta información fue proporcionada por el SERFOR y permitió conocer la ubicación y magnitud espacial de las áreas afectadas por incendios forestales en el país, por medio de polígonos georreferenciados.

Como se aprecia en el gráfico de la figura 20, las superficies afectadas en 2020 superan considerablemente a las registradas en los años previos. De acuerdo con Ojo Público (2021) el contexto pandémico del año 2020 involucró un aumento del 258% de los incendios forestales en toda la Amazonía peruana, con respecto a los registrados en 2019.



Figura 20. Mapa de superficies afectadas por incendios forestales (cicatrices)



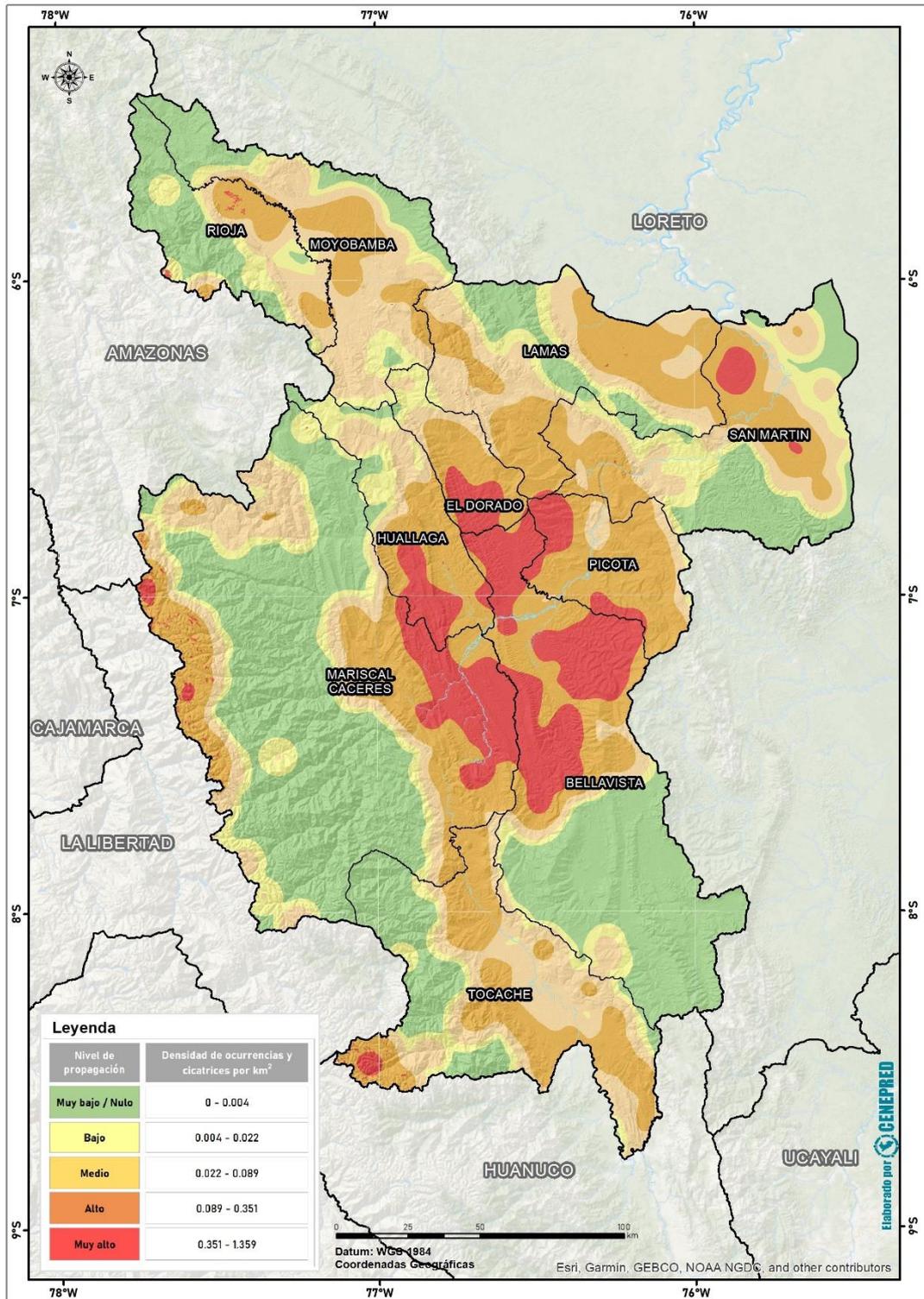
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

7.2.2 Modelamiento del factor desencadenante

Se modeló por el método de densificación de puntos toda la información de la base de datos de ocurrencias de incendios forestales, dando como resultado las áreas de propagación de incendios forestales, que representan una aproximación a la distribución espacial de estos en el ámbito de la región San Martín, durante el periodo 2003 – 2020. Posteriormente, se le incluyeron las superficies afectadas del 2017 – 2020, asignándoles valor 5, para obtener el mapa final de factor desencadenante (Figura 21)



Figura 21. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2020)



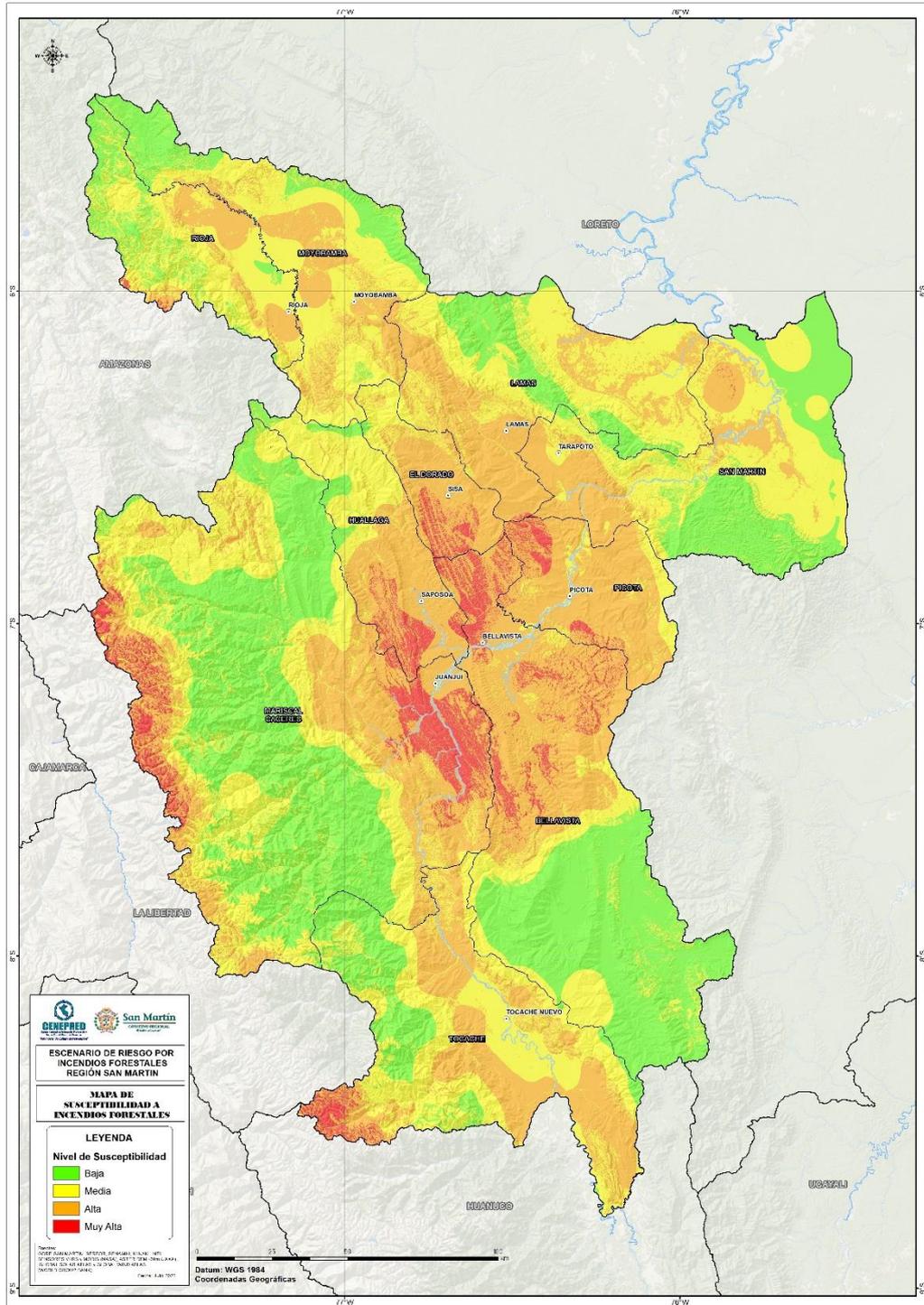
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



7.3 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

Este mapa se obtuvo de la unión de los mapas factores condicionantes y mapa del factor desencadenante (Propagación de incendios forestales) (Figura 22).

Figura 22. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales de la región San Martín.



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



La Tabla 9 presenta las áreas correspondientes a los niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el ámbito de la región San Martín. Estos se clasifican en 4 categorías: bajo, medio, alto y muy alto.

Tabla 9. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en la región San Martín.

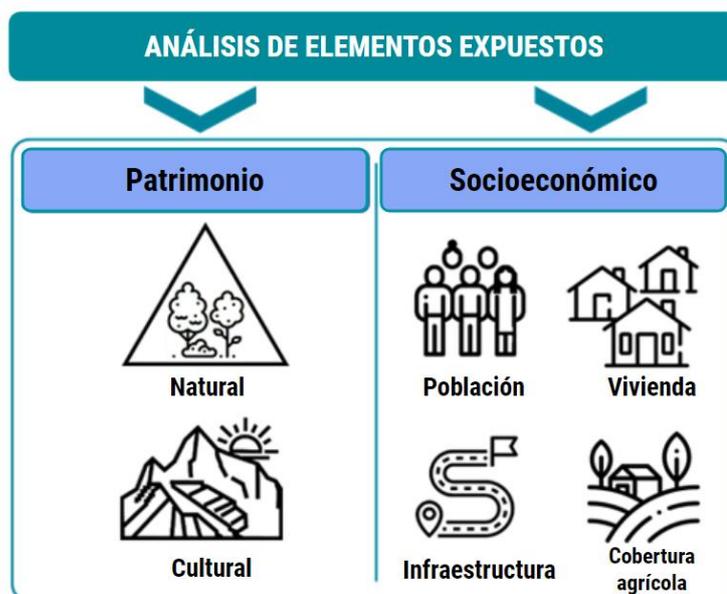
Nivel	Área aprox. (Ha)	Porcentaje (%)
Muy Alto	238,275.01	4.67%
Alto	1,664,168.81	32.62%
Medio	1,755,634.69	34.41%
Bajo	1,443,325.96	28.29%
TOTAL	5,101,404.46	100.00%

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

8 ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Los elementos expuestos al peligro de incendios forestales han sido clasificados en patrimoniales y socioeconómicos. Dentro de los patrimoniales se encuentran los naturales y culturales; mientras que en los elementos socioeconómicos se considera la población, las viviendas, la infraestructura y la cobertura agrícola. (Figura 23).

Figura 23. Elementos expuestos a incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



8.1 PATRIMONIALES

8.1.1 Patrimonio cultural

Se entiende por bien integrante del Patrimonio Cultural de la Nación toda manifestación del quehacer humano material o inmaterial, que por su importancia, valor y significado sea expresamente declarado como tal (Ley N° 28296, Ley General Del Patrimonio Cultural de La Nación, Del 21 de Julio Del 2004, 2004).

Los monumentos arqueológicos prehispánicos son los bienes materiales inmuebles que constituyen evidencia de actividad humana de época prehispánica, este patrimonio en el Perú es muy vasto debido a las grandes civilizaciones que habitaron este país a lo largo de todo nuestro variado territorio, con fines de registro, delimitación, investigación, conservación, protección y gestión, se clasifican principalmente en: **Sitio Arqueológico**, espacios con evidencia de actividad humana realizada en el pasado. **Zona Arqueológica Monumental**, conjunto de monumentos arqueológicos, de valor singular y excepcional debido a las relaciones cronológicas, funcionales y de dependencia jerárquica y **Paisaje Arqueológico**, lugares que demuestran el desarrollo de actividades humanas en un espacio concreto en interacción con el ecosistema (Reglamento de Intervenciones Arqueológicas, Del 3 de Octubre Del 2014, 2014).

Sin embargo, también muchos de estos vestigios, en la actualidad conviven cercanos o en medio de coberturas vegetales amenazadas y expuestas en los últimos años a la presencia de incendios forestales que podrían afectar su legado histórico.

Para el análisis de afectación por incendios forestales que podría sufrir este patrimonio, a la escala de trabajo para la región San Martín, serán evaluados mediante la exposición a los niveles de riesgo de acuerdo a su ubicación geolocalizada por el Ministerio de Cultura.

8.1.2 Patrimonio natural

De acuerdo al Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales: “El patrimonio forestal y de fauna silvestre, las plantaciones forestales y las áreas naturales protegidas, existentes en el Perú se considera como elementos de riesgo o expuestos” (SERFOR, 2018).

De acuerdo a lo mencionado este análisis ha considerado a los principales **ecosistemas** que forman parte del patrimonio natural de la región San Martín, y dado que proporcionan bienes y servicios a la población se constituyen en un importante capital natural. (MINAM, 2019).



De igual forma se está considerando a los **ecosistemas frágiles**, que son áreas de alto valor de conservación por su biodiversidad y los servicios ambientales que brindan, y son altamente vulnerables a consecuencia de las actividades antrópicas que se desarrollan en ellos o en su entorno (SERFOR, 2020).

Finalmente, las **áreas naturales protegidas (ANP)**, también fueron consideradas en el estudio como elementos expuestos naturales, sin embargo, estas áreas cuentan con lineamientos estratégicos referidos al manejo del fuego usados para contribuir a la sostenibilidad de sus ecosistemas y líneas de acción para frenar la amenaza de ser el caso (SERNANP, 2018). En este grupo se consideró también a las **áreas de conservación regional (ACR) y privadas (ACP)**, debido a que en gran parte están protegidas por similares estamentos.

8.1.3 Priorización del elemento expuesto

La experiencia indica que, a lo largo del territorio, los ecosistemas atraviesan diferentes situaciones de amenaza y/o conservación. Se conoce que, en muchos casos a pesar de encontrarse dentro de áreas de conservación, los ecosistemas se ven amenazados por la creciente y acelerada expansión de la frontera agrícola y urbana. En ese sentido, la priorización de estas unidades ecológicas no puede ser homogénea a lo largo de toda la región. La priorización del elemento expuesto fue elaborada basándose en los siguientes tres criterios:

A) Priorización por tipo de ecosistema

Este criterio de calificación se basa en la prioridad de la cobertura vegetal frente a los incendios forestales. Los pesos asignados toman en cuenta trabajos similares de escenarios de riesgo coordinados con especialistas del SERFOR (2019) y del Ministerio del Ambiente (2020) para la elaboración de los escenarios de riesgo por incendios forestales de la región Ancash y del ámbito nacional respectivamente. La dinámica de trabajo, también consideró presentar una primera propuesta al equipo técnico del gobierno regional de San Martín, para ser validada o corregida por los especialistas. El resultado final se muestra en la tabla 10 y la figura 24.

Tabla 10. *Priorización del elemento expuesto según el tipo de ecosistema*

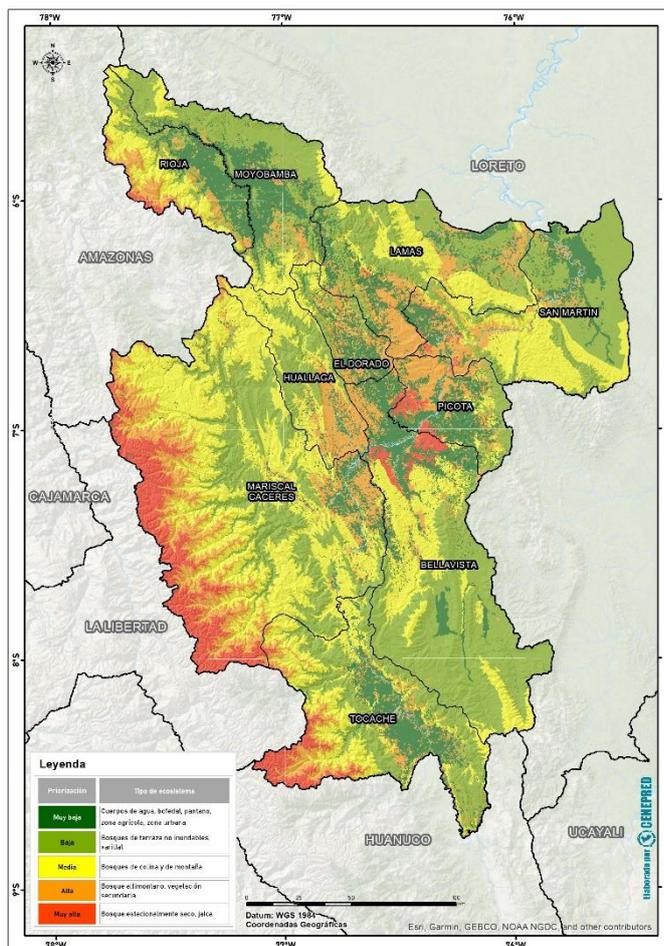
ID	TIPO DE ECOSISTEMA	PRIORIDAD POR TIPO DE ECOSISTEMA	VALOR
1	Lago y Laguna	Muy baja	1
2	Río	Muy baja	1
3	Zona urbana	Muy baja	1
4	Zona agrícola	Muy baja	1
5	Bofedal	Muy baja	1



6	Bosque aluvial inundable	Muy baja	1
7	Pantano de palmeras	Muy baja	1
8	Bosque basimontano de Yunga	Baja	2
9	Bosque de colina baja	Baja	2
10	Bosque de terraza no inundable	Baja	2
11	Varillal	Baja	2
12	Bosque de colina alta	Media	3
13	Bosque montano de Yunga	Media	3
14	Vegetación secundaria	Alta	4
15	Bosque altimontano (Pluvial) de Yunga	Alta	4
16	Bosque estacionalmente seco oriente	Muy alta	5
17	Jalca	Muy alta	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

Figura 24. Priorización del elemento expuesto según el criterio de tipo de ecosistema



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



B) Priorización por estrategia de conservación

La caracterización en función a la estrategia de conservación califica la resiliencia del patrimonio natural con base a la categoría de uso del área de conservación que la contiene. Aquellas áreas con mayor restricción de intervención o usos directos de sus recursos serán las menos expuestas y, por ende, más resilientes ante la afectación por incendios forestales.

Los resultados de valoración se muestran en la tabla 11 y la figura 25. El valor 1 corresponde a un nivel de vulnerabilidad muy bajo (equivalente a una resiliencia muy alta), mientras que el valor 5 indica muy alta vulnerabilidad (equivalente a una resiliencia muy baja). Asimismo, fue sometida a discusión con el equipo de especialistas del gobierno regional de San Martín para su validación.

La asignación de valores toma como referencia las definiciones establecidas en la siguiente normativa:

- Ley de Áreas Naturales Protegidas (N° 26834) y el Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas.
- Lineamientos para la Identificación de Ecosistemas Frágiles y su incorporación en la Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles (RDE-N°-287-2018-MINAGRI-SERFOR-DE)
- Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación (LEY N° 28296)

Tabla 11. *Priorización del elemento expuesto según estrategia de conservación*

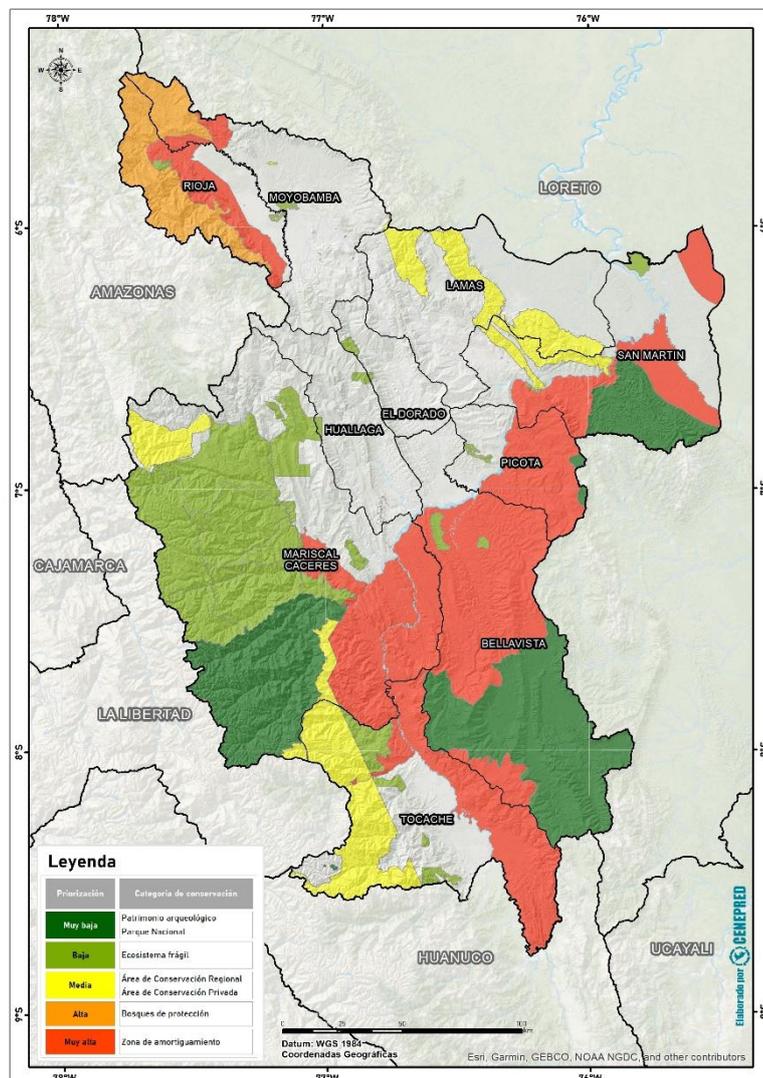
ID	CATEGORÍAS	CARACTERÍSTICAS	PRIORIDAD POR ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN	VALOR
1	Patrimonio arqueológico	Bienes culturales que, independientemente de su condición de propiedad privada o pública, están protegidos por el Estado. Resiliencia muy alta.	Muy bajo	1
2	Parque Nacional	Uso indirecto (investigación, educación, turismo, recreacional. No permite intervención. Resiliencia muy alta.	Muy bajo	1
3	Ecosistema frágil	Ecosistemas cuya condición de fragilidad hace que sea mayor la necesidad de protección y se establece legalmente su delimitación para el respectivo cuidado. Resiliencia alta.	Bajo	2
4	Área de Conservación Regional	Uso indirecto (aprovechamiento y extracción de recursos). Características de manejo parecidas a Reservas Nacionales, Reservas Paisajísticas, Refugios de Vida Silvestre, Reservas Comunes, Bosques de Protección y Cotos. Resiliencia media.	Medio	3
5	Área de Conservación Privada	Predios de propiedad privada que por sus características ambientales, biológicas, naturales o paisajísticas son reconocidas y conservadas por sus propietarios por iniciativa voluntaria. Resiliencia media.	Medio	3



6	Bosques de protección	Uso directo de recursos silvestres. Uso indirecto (Turismo, recreación. Investigación y educación). Permitido el uso de aprovechamiento de la fauna silvestre y de productos forestales diferentes a la madera. Resiliencia baja.	Alto	4
7	Zona de amortiguamiento	Zonas que requieren un tratamiento especial para garantizar la conservación del área protegida. Actividades variadas ocurren dentro de estas áreas. Resiliencia muy baja.	Muy alto	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

Figura 25. Priorización del elemento expuesto según el criterio de estrategia de conservación



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

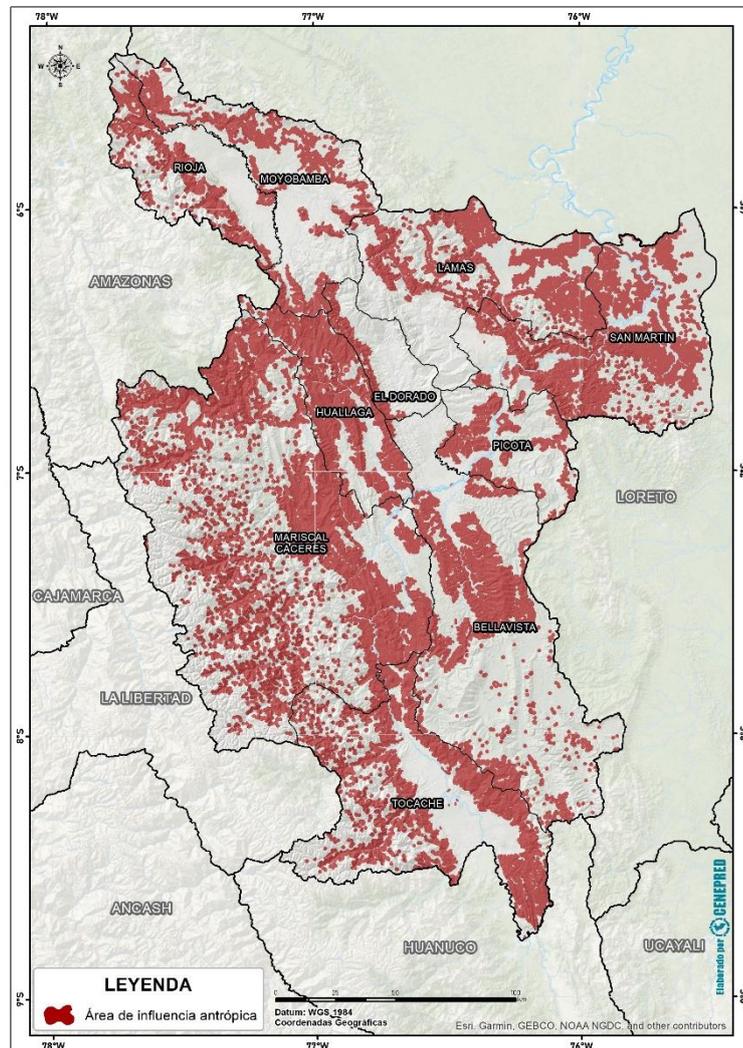


C) Priorización por área de influencia antrópica

La priorización del elemento en función a la influencia antrópica considera el nivel de exposición del patrimonio frente a la amenaza de la expansión agrícola, comúnmente asociada a la ocurrencia de incendios forestales.

Esta es una capa binaria (Figura 26) que se genera a partir de aplicar un buffer externo de 375 metros (tamaño de un pixel VIIRS para focos de calor) a la acumulación de los datos espaciales de pérdida de bosque 2001 - 2020⁶ y de cobertura agrícola 2020⁷.

Figura 26. Área de influencia antrópica para la priorización del elemento expuesto



Fuente: Elaborado por el CENEFRED. 2022

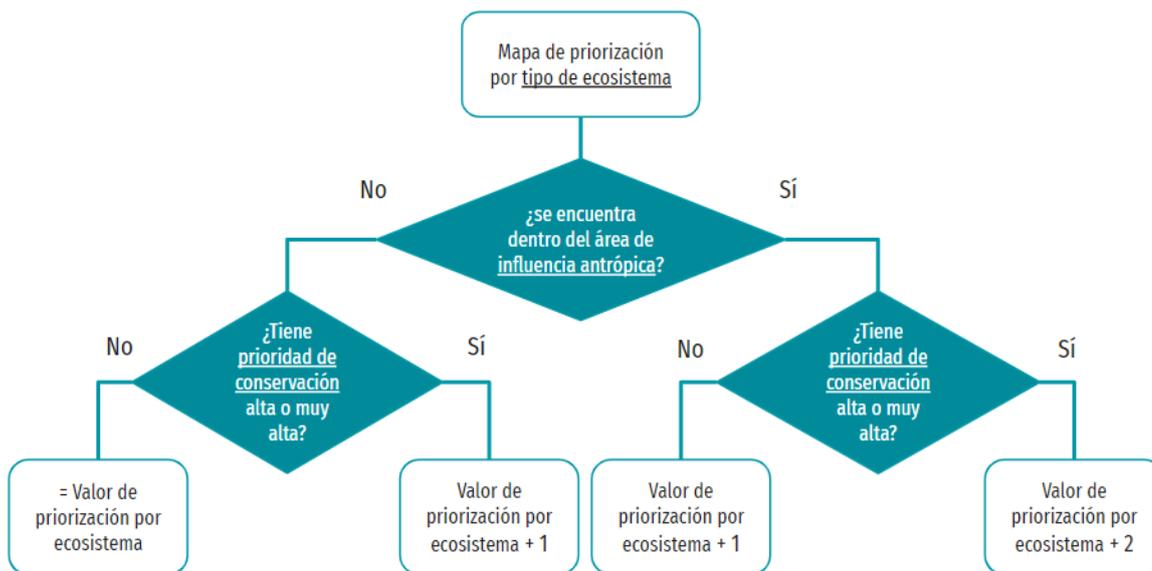
⁶ Capa vectorial obtenida de la plataforma oficial de Geobosques – Ministerio del Ambiente

⁷ Capa vectorial oficial del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Una vez obtenidas las capas de los tres criterios de priorización, se aplica el flujo de decisión de la figura 27. El proceso ajusta los valores del mapa de priorización por tipo de ecosistema, en función a su intersección con los mapas respectivos de área de influencia antrópica y de priorización por estrategia de conservación.

Figura 27. Diagrama de flujo para la asignación de pesos a partir del cruce de los tres criterios.

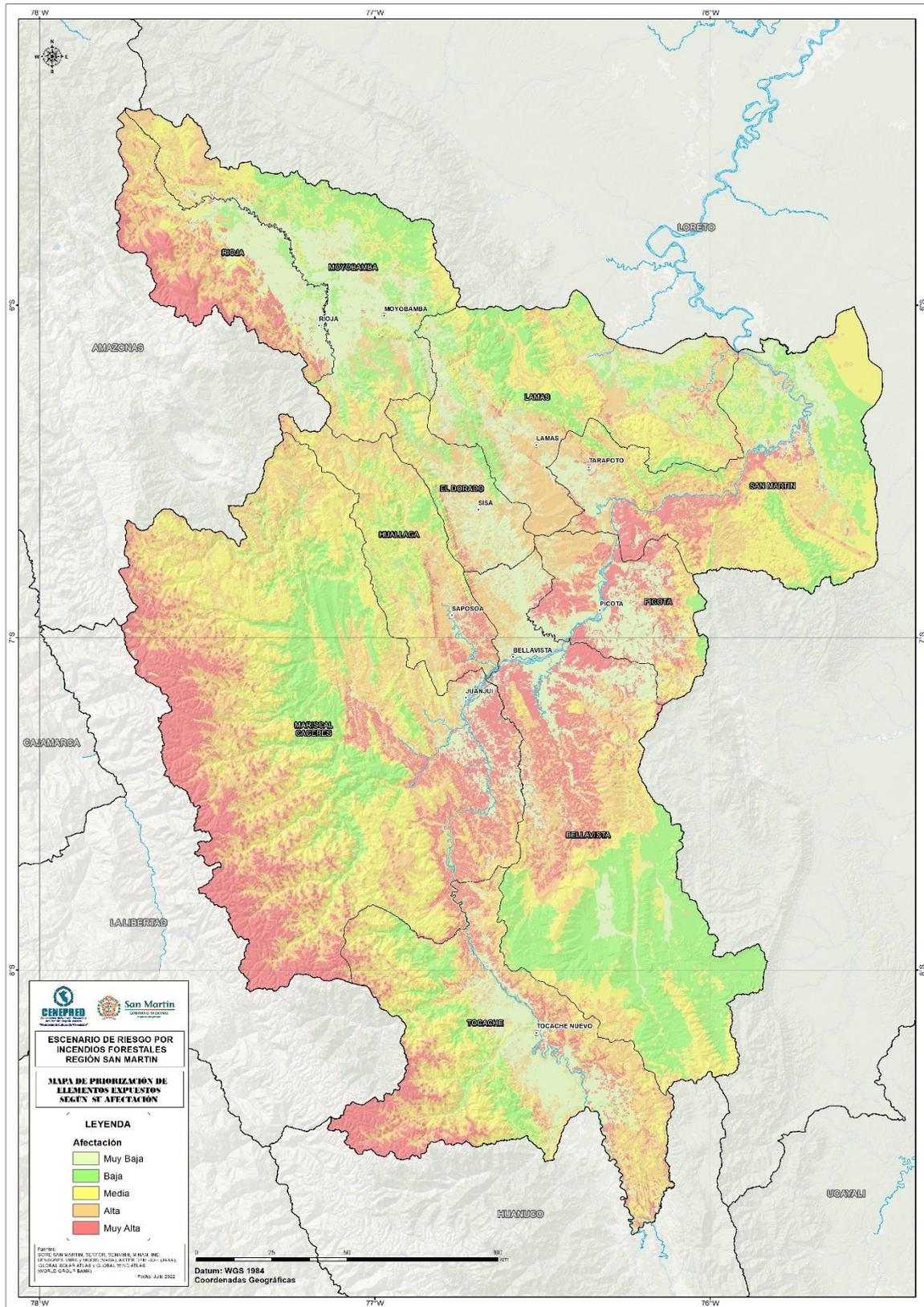


Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

Como resultado del flujo anterior, se obtienen nuevos valores de priorización del elemento expuesto. Cabe resaltar que, con la finalidad de obtener una leyenda de cinco clases, todas las sumas mayores a 5 son reclasificadas como valor 5 (prioridad muy alta). Además, todas aquellas superficies asociadas a zonas urbanas, agrícolas o cuerpos de agua deben permanecer con valor 1 (prioridad muy baja). El mapa final de priorización del elemento expuesto se presenta en la figura 28.



Figura 28. Mapa de priorización del elemento expuesto ante la ocurrencia de incendios forestales



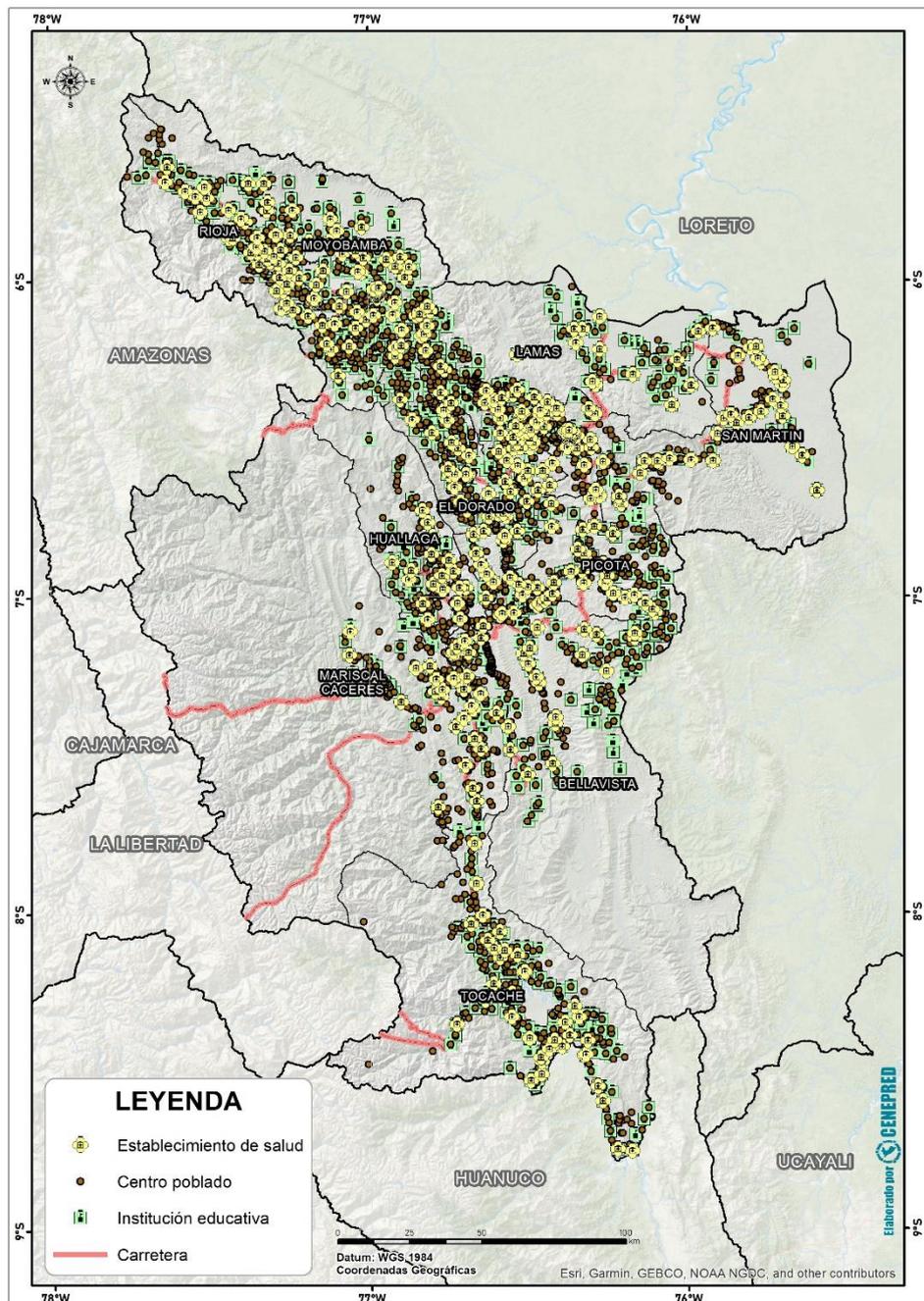
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



8.2 SOCIECONÓMICO

Por ser una escala de trabajo regional, el análisis de afectación por incendios forestales incluye elementos socioeconómicos expuestos a los niveles de riesgo hallados, de acuerdo a su ubicación geolocalizada y registrada por las entidades generadoras de esta información. Estos incluyen: Centros poblados (Viviendas y población) e infraestructura, tales como instituciones educativas, establecimientos de salud, estaciones hidroeléctricas y vías (red nacional y red departamental).

Figura 29. Mapa de elementos socioeconómicos, como parte de los elementos expuestos



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



9 ESCENARIO DE RIESGO

El mapa final de escenario de riesgo se obtuvo de la superposición de los resultados obtenidos del análisis de susceptibilidad (mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales) y análisis de elementos expuestos (mapa de priorización del elemento expuesto).

Los niveles de riesgo se clasificaron en cuatro: muy alto, alto, medio y bajo, donde el color rojo representa las áreas con nivel de riesgo muy alto, que son aquellas áreas con mayor probabilidad a ser afectadas ante la ocurrencia de este evento.

De acuerdo con los resultados del escenario de riesgo de la región San Martín, las áreas de mayor riesgo (niveles alto y muy alto) representan el 38.8% del territorio de la región San Martín (Tabla 12), distribuidas principalmente en las provincias de Mariscal Cáceres, Tocache y Bellavista, como se muestra en las figuras 30 y 31.

En la figura 32 se muestra el mapa de distribución de las áreas según el nivel de riesgo por incendios forestales en la región San Martín.

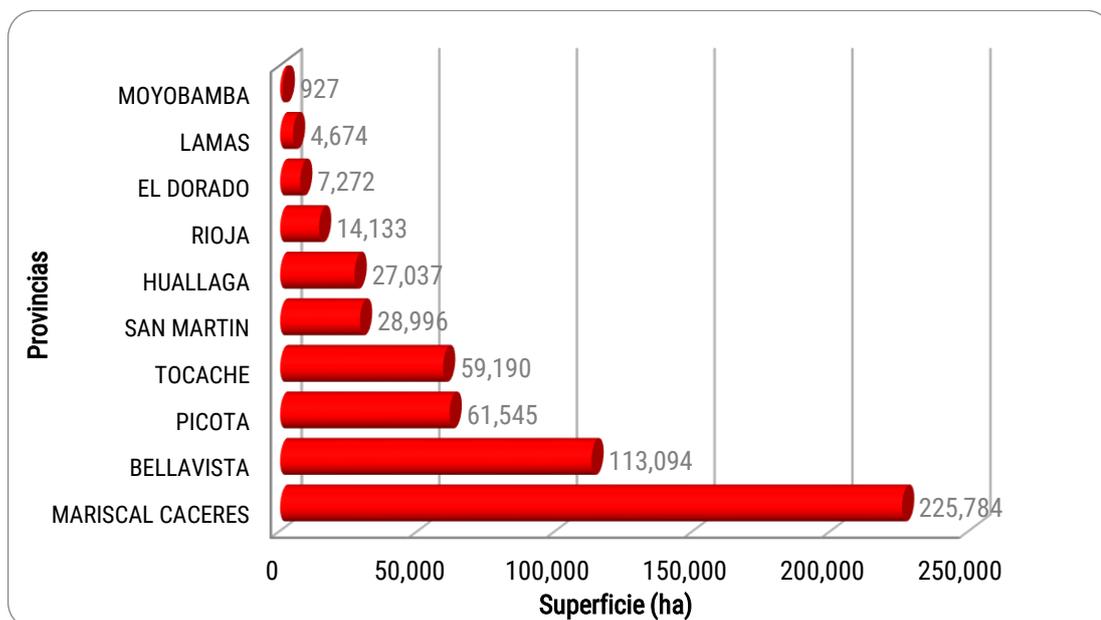
Tabla 12. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en la región San Martín

Nivel	Área aprox. (ha)	Porcentaje (%)
Muy alto	542,651.44	10.6
Alto	1,447,939.36	28.4
Medio	1,017,948.81	20.0
Bajo	2,092,864.84	41.0
Total	5,101,404.46	100

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

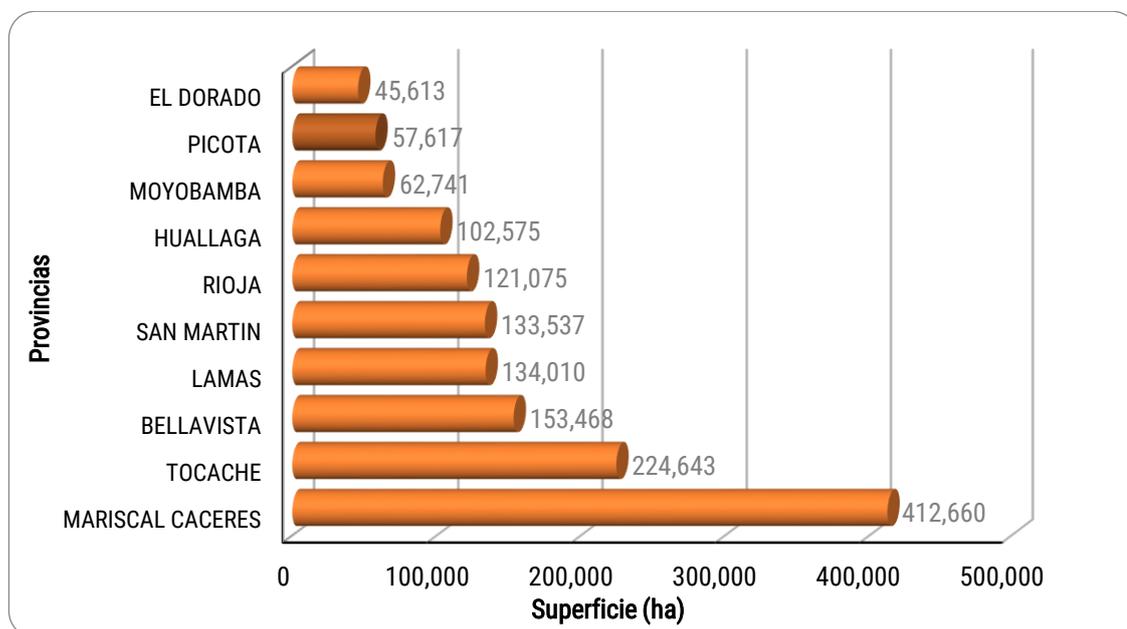


Figura 30. Superficie en riesgo muy alto, por provincias



Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

Figura 31. Superficie en riesgo alto, por provincias



Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

La cuantificación de los elementos expuestos se obtuvo de la superposición de los elementos patrimoniales y socioeconómicos con el mapa del escenario de riesgo. Los resultados por nivel de riesgo se muestran en las Tablas 13 y 14.



Tabla 13. Elementos expuestos en el nivel de riesgo muy alto por incendios forestales

NIVEL DE RIESGO		MUY ALTO																			
PROVINCIAS		Patrimonio Cultural				Patrimonio natural - ecosistemas (ha)									Socioeconómico						
		Zona Arqueol.	Elemento Arqueol.	Paisaje cultural Arqueol.	Sitio Arqueol.	Bosque alt. (Pluvial) de Yunga	Bosque basim. de Yunga	Bosque de colina alta	Bosque de colina baja	Bosque estac. seco oriental	Bosque montano de Yunga	Jalca	Pastizales	Vegetación Secundaria	Población y Vivienda			Cobertura agrícola (ha)	Infraestructura		
														Centros Poblados	Viviendas	Población			Establec. de Salud	Instituciones Educativas	Carretera (km)
1	BELLAVISTA	0	0	1	0	0.0	331.4	50,555.9	6.6	20,268.8	0.0	0.0	38.4	39,977.0	60	1,161	4,388	39,373.6	2	26	29.7
2	EL DORADO	0	0	0	1	0.0	70.8	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	329.7	6,561.7	1	21	75	3,846.8	0	1	2.4
3	HUALLAGA	0	0	3	40	0.0	58.4	1,161.4	0.0	124.3	0.0	0.0	25,453.0	19	495	1,637	6,262.7	1	4	18.1	
4	LAMAS	0	0	0	0	0.0	27.2	53.6	43.1	1,082.5	0.0	0.0	166.7	3,227.9	8	1,424	5,246	1,346.6	3	6	5.9
5	MARISCAL CÁCERES	0	1	2	3	2,715.9	761.6	42,637.8	8.1	273.1	27.6	125,241.5	0.0	52,330.3	58	2,005	7,629	34,409.3	7	27	94.8
6	MOYOBAMBA	0	0	0	1	0.0	44.5	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	860.9	0	0	0	371.3	0	0	0.0	
7	PICOTA	0	0	0	0	0.0	265.6	2,603.4	0.0	12,344.8	0.0	0.0	1,273.7	43,800.3	39	910	3,348	26,955.7	2	23	6.3
8	RIOJA	3	0	0	5	2,019.5	147.3	0.0	0.0	0.0	373.1	4,679.8	0.0	6,795.9	10	197	803	4,382.5	0	4	0.0
9	SAN MARTIN	0	0	1	0	0.0	70.9	2,117.0	26.8	3,936.8	0.0	0.0	341.4	22,085.4	27	620	2,432	15,688.0	1	8	9.1
10	TOCACHE	2	0	0	0	2,859.1	292.1	11,733.4	116.2	0.0	5.8	30,581.1	0.0	13,216.9	10	44	85	8,456.5	0	0	12.9
Totales		5	1	7	50	7,594.5	2,069.8	110,914.5	200.8	38,030.4	407.1	160,502.4	2,149.8	214,309.3	232	6,877	25,643	141,093.1	16	99	179.3

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINCUL, INEI, MINSA, MINEDU, MIDAGRI, MINEM, MTC. 2022

Tabla 14. Elementos expuestos en el nivel de riesgo alto por incendios forestales

NIVEL DE RIESGO		ALTO																			
PROVINCIAS		Patrimonio Cultural				Patrimonio natural - ecosistemas (ha)									Socioeconómico						
		Zona Arqueol.	Elemento Arqueol.	Paisaje cultural Arqueol.	Sitio Arqueol.	Bosque alt. (Pluvial) de Yunga	Bosque basim. de Yunga	Bosque de colina alta	Bosque de colina baja	Bosque estac. seco oriental	Bosque montano de Yunga	Jalca	Pastizales	Vegetación Secundaria	Centros Poblados	Viviendas	Población	Cobertura agrícola (ha)	Establecimientos de Salud	Instituciones Educativas	Carretera (km)
1	BELLAVISTA	0	1	2	0	0.0	56,842.6	77,071.0	2,391.9	3,459.9	183.6	0.0	7.1	11,906.5	46	1,362	5,415	47,400.1	1	31	8.3
2	EL DORADO	0	2	0	1	0.0	5,094.5	2,220.7	0.0	0.0	5,172.4	0.0	822.3	30,945.4	51	2,446	9,965	26,483.0	3	72	57.9
3	HUALLAGA	0	0	3	25	867.0	19,486.1	25,893.0	0.0	9.6	19,766.7	0.0	0.0	35,755.4	96	1,259	4,369	39,311.4	2	29	67.6
4	LAMAS	0	0	0	0	0.0	6,892.9	26,557.7	2,252.5	165.2	1,198.4	0.0	15,745.7	78,871.5	132	4,909	18,430	76,316.0	29	113	115.2
5	MARISCAL CÁCERES	3	1	3	6	113,884.8	50,397.1	101,025.0	2,257.0	11.3	70,152.9	55,691.3	0.0	18,039.2	71	2,782	11,074	34,381.3	8	33	102.4
6	MOYOBAMBA	1	0	2	13	0.0	13,968.1	104.2	0.0	0.0	19,899.7	0.0	0.0	27,242.2	44	1,707	6,437	29,871.6	3	44	14.8
7	PICOTA	0	0	0	0	0.0	19,852.6	12,109.7	0.0	1,779.5	0.0	0.0	1,482.2	21,468.4	44	1,449	5,625	27,529.1	3	24	20.2
8	RIOJA	2	0	0	4	29,336.3	18,272.7	0.0	0.0	0.0	56,183.7	2,531.6	0.0	13,269.8	34	1,664	6,275	13,052.8	5	24	8.3
9	SAN MARTIN	0	0	1	0	0.0	10,292.6	46,076.2	21,105.7	612.0	0.0	0.0	1,503.2	44,200.0	102	2,958	11,321	44,293.5	13	44	95.9
10	TOCACHE	3	0	1	1	32,487.8	84,809.4	39,358.8	7,246.4	0.0	16,153.3	14,602.4	0.0	26,625.3	59	2,625	9,248	52,577.5	8	47	112.2
Totales		9	4	12	50	176,575.9	285,908.6	330,416.3	35,253.4	6,037.5	188,710.8	72,825.3	19,560.5	308,323.6	679	23,161	88,159	391,216.4	75	461	602.8

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINCUL, INEI, MINSA, MINEDU, MIDAGRI, MINEM, MTC. 2022



10 CONCLUSIONES

- De acuerdo con el número de incendios forestales registrados por año (provenientes de las bases de datos del SINPAD-INDECI, MINAM y SERFOR) entre 2003-2020 la tendencia es ascendente; y se muestra un aumento exponencial de ocurrencias a partir del año 2018, con el histórico más alto en 2020. Se desconoce si esa tendencia pueda deberse a la creciente accesibilidad a tecnologías de recopilación de datos, o a algún otro evento en particular.
- De acuerdo con la base de datos de ocurrencias/emergencias de incendios forestales en el periodo 2003 - 2020 (provenientes del SINPAD-INDECI, MINAM y SERFOR), las tres provincias del departamento de San Martín con mayor cantidad de eventos ocurridos a lo largo de este periodo fueron: Mariscal Cáceres, Tocache y Rioja. Mientras que los resultados del escenario de riesgo muestran que las tres provincias con mayores niveles de riesgo (alto y muy alto) son: Mariscal Cáceres, Tocache, y Bellavista.
- El resultado del escenario de riesgo por incendios forestales nos muestra que el 10.6% (542,651.44 ha aproximadamente) del territorio de la región San Martín está expuesto a riesgo muy alto. Así mismo el 28.4% (1,447,939.36 ha aproximadamente) está expuesto a riesgo alto.
- Del análisis se concluye que los ecosistemas más expuestos a niveles de riesgo muy alto por incendios forestales son: la vegetación secundaria (214,309.3 ha), la jalca (160,502.4 ha) y el bosque de colina alta (110,914.5 ha); seguidos en menor superficie por el Bosque estacionalmente seco (38,030.4 ha) y otros con menor afectación. En cuanto a los ecosistemas con nivel alto de riesgo, los tres primeros lugares son ocupados por: el Bosque de colina alta (330,416.3 ha), la Vegetación secundaria (308,323.6 ha) y el Bosque basimontano de Yunga (285,908.6 ha).
- Dentro de los elementos expuestos en niveles de riesgo muy alto por incendios forestales encontramos un aproximado de: 232 centros poblados, 16 establecimientos de salud, 99 instituciones educativas, 141,093 ha de cobertura agrícola, 5 zonas arqueológicas, 7 paisajes culturales y 50 sitios arqueológicos. Del mismo análisis se obtuvo los siguientes elementos en nivel de riesgo alto: 679 centros poblados, 75 establecimientos de salud, 461 instituciones educativas, 391,216.4 ha de cobertura agrícola; y, en cuanto al patrimonio cultural, fueron 9 zonas, 4 elementos, 12 paisajes y 50 sitios arqueológicos.



11 RECOMENDACIONES

- Es necesario que las entidades técnicas competentes en incendios forestales de la región San Martín, desarrollen bases de datos de manera articulada, estandarizada y georreferenciada, que integre los registros de las diferentes fuentes recopiladoras, considerando las características de los eventos como severidad o intensidad, tiempo de duración, área afectada, daños y/o pérdidas, entre otras.
- El presente trabajo servirá como insumo para la formulación de los planes de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres por Incendios Forestales de la región San Martín, para implementar medidas preventivas y correctivas del riesgo, a su vez puede servir como referencia para los planes de contingencia ante incendios forestales en la región y así priorizar sus ámbitos de intervención.
- Los ejecutores de la gestión del riesgo regional y local tienen en este trabajo la focalización de las zonas donde pueden generar estudios y/o escenarios de riesgo a escalas más detalladas, que les permita planificar las acciones correspondientes a los procesos de prevención y reducción ante incendios forestales.
- La escala de trabajo utilizada en este escenario de riesgo es para un análisis territorial a nivel regional, por tanto, se recomienda que, para trabajos a nivel local, es necesario trabajar con información a escalas más detalladas siguiendo y adecuando estos a la metodología propuesta en el presente estudio.
- Difundir el presente escenario de riesgo por incendios forestales a las entidades regionales que vienen trabajando en todos los procesos de la gestión del riesgo de desastres.
- Establecer acuerdos interinstitucionales para la actualización periódica de este escenario; permitiendo no solo el conocimiento de la situación actual, sino también la comparación multitemporal del mismo para la adecuación de la estrategia preventiva y el reconocimiento de las buenas prácticas en la gestión.



12 BIBLIOGRAFÍA

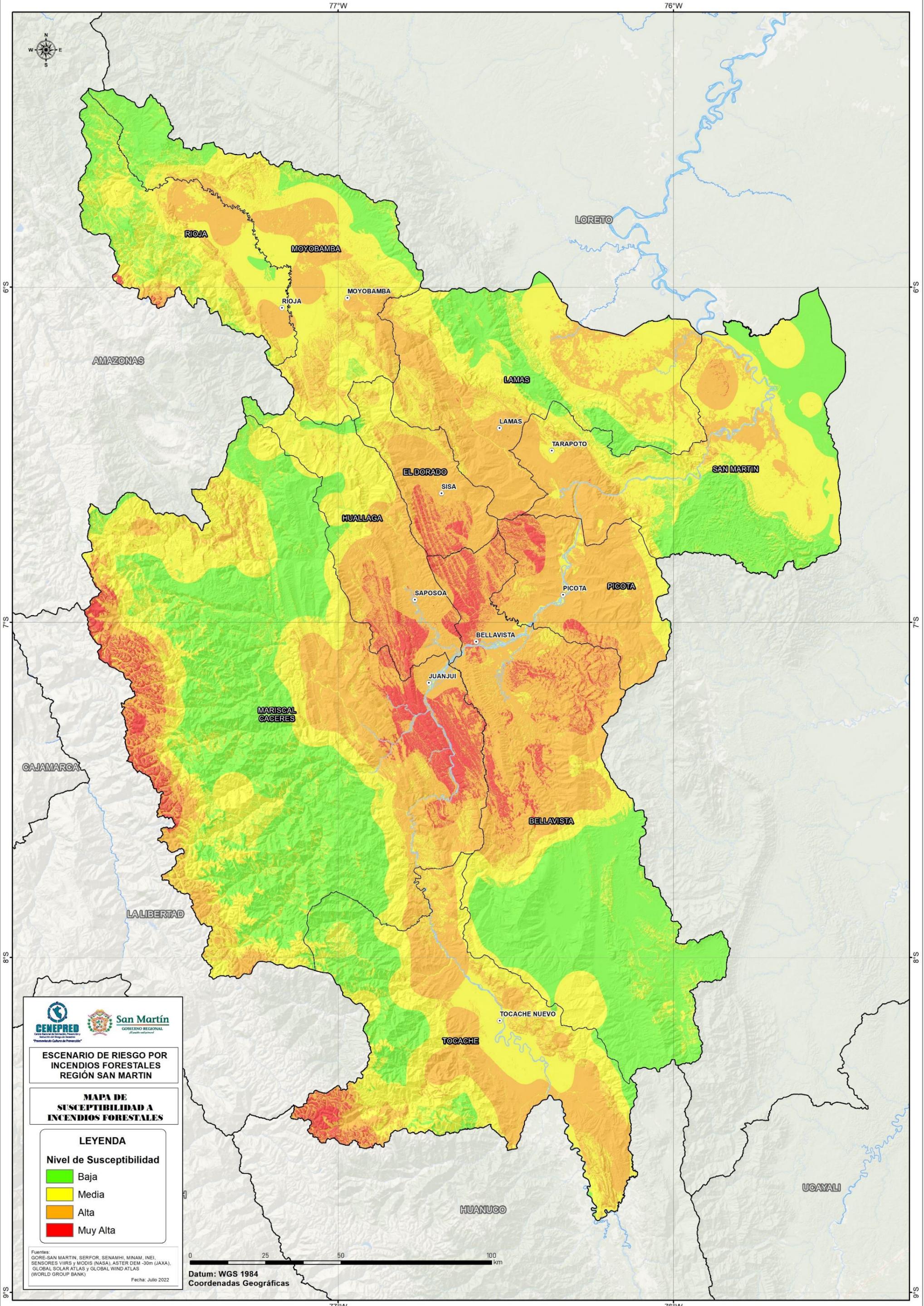
- CENEPRED. (2020). *Escenario de riesgo por incendios forestales*.
- EDUCARM. (n.d.). Bloque: Incendios Forestales. In *Diapositivas en power point*. <http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/tema1incendios.pdf>
- Geobosque (2021). Bosque y Pérdida de Bosque - Perú. <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>
- Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., & Kaufman, Y. J. (2003). An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87(2-3), 273-282. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00184-6)
- IDEAM. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000* [Protocolo].
- INEI. (2018). Tomo I - Departamento de San Martín. In INEI (Ed.), *Resultados definitivos Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1568/
- Johnson, E., & Miyanishi, K. (2001). *Forest fires - Behavior and ecological effects* (Academic Press (ed.)).
- Ley de Áreas Naturales Protegidas. Ley N° 26834. Diario Oficial El Peruano. XV. 6215. Julio de 1997, 5 (1997). Lima-Perú.
- Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación Ley No 28296. Julio del 2004, 22 (2004). Lima-Perú.
- Lineamientos para la Identificación de Ecosistemas Frágiles y su incorporación en la Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles. RDE-N°-287-2018-MINAGRI-SERFOR-DE. Diario Oficial El Peruano. 14767. Diciembre de 2018, 28 (2018). Lima-Perú.
- Manta, M. (2017). *Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana* (UNALM (ed.)).
- Manta, M., & León, H. (2004). Los incendios forestales en el Perú: Grave problema por resolver. *Floresta*, 32, 179-189.
- MiAMBIENTE. (2015). Gobierno de la República de Panamá, Ministerio de Ambiente, ITTO. Proyecto Manejo Integrado del Fuego. Metodología de la investigación de causas que provocan los incendios forestales. Moscovich, F., Ivandic, F., & Besold, L. (2014). Manual de combate de incendios forestales y manejo de fuego. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_de_combate_de_incendios_forestales_y_ma.pdf
- MINAM. (2019). Mapa Nacional de Ecosistemas - Memoria Descriptiva (p. 119). www.minam.gob.pe
- Ojo Público. (2021, 9 de noviembre). Los incendios forestales asfixian a las regiones de la Amazonía del Perú (Nota de prensa). <https://ojo-publico.com/3145/los-incendios-forestales-asfixian-la-amazonia-del-peru#:~:text=El%202020%20estos%20desastres%20en,%2C%20Puno%2C%20Hu%C3%A1nuco%20y%20Jun%C3%ADn>
- Omi, P. (2005). Forest fires : a reference handbook. In ABC-CLIO Inc (Ed.), *Contemporary World Issues*.
- Reglamento de Intervenciones Arqueológicas, del 3 de octubre del 2014, 2 (2014).



- SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado). (2009). Plan director de las áreas naturales protegidas (Estrategia nacional). SERNANP, Ministerio del Ambiente, Lima. 232.
- Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., & Csiszar, I. A. (2014). The New VIIRS 375m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing of Environment*, 143(March), 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.12.008>
- SENAMHI. (2018). *Mapa de clasificación climática del Perú*.
- SERFOR. (2017). *Acta de acuerdo del grupo de trabajo interinstitucional*.
- SERFOR. (2018). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales* (p. 55) [Plan]. <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>
- SERFOR. (2020). *Protocolo de actuación interinstitucional para gestionar y proteger los ecosistemas incluidos en la lista sectorial de ecosistemas frágiles*.
- SERNANP. (2016). *Manual para el control de incendios forestales - Parque Nacional del Manu*.
- SERNANP. (2018). *Estrategia de Gestión del Riesgo de Incendio Forestal en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado* [Plan]. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/475395/estrategia_incendio-forestal-baja.pdf
- Smith, J. (2001). *The Facts on File dictionary of weather and climate* (Facts On File (ed.); Revised).
- USAID. (2015). *Reporte de Evaluación del Manejo de Incendios Forestales en el Perú*.
- Villers, M. (2006). Incendios forestales. *Ciencias*, 81, 60–66. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/download/12036/11358>
- Zárate, L. (2004). *Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- ZEE. (2005). Gobierno Regional de San Martín - Instituto de Investigaciones de la Amazonía peruana. Zonificación Ecológica Económica de la región San Martín. p.84. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Vegetaci%C3%B3n.pdf



13 ANEXO DE MAPAS



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES REGIÓN SAN MARTÍN

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA

Nivel de Susceptibilidad

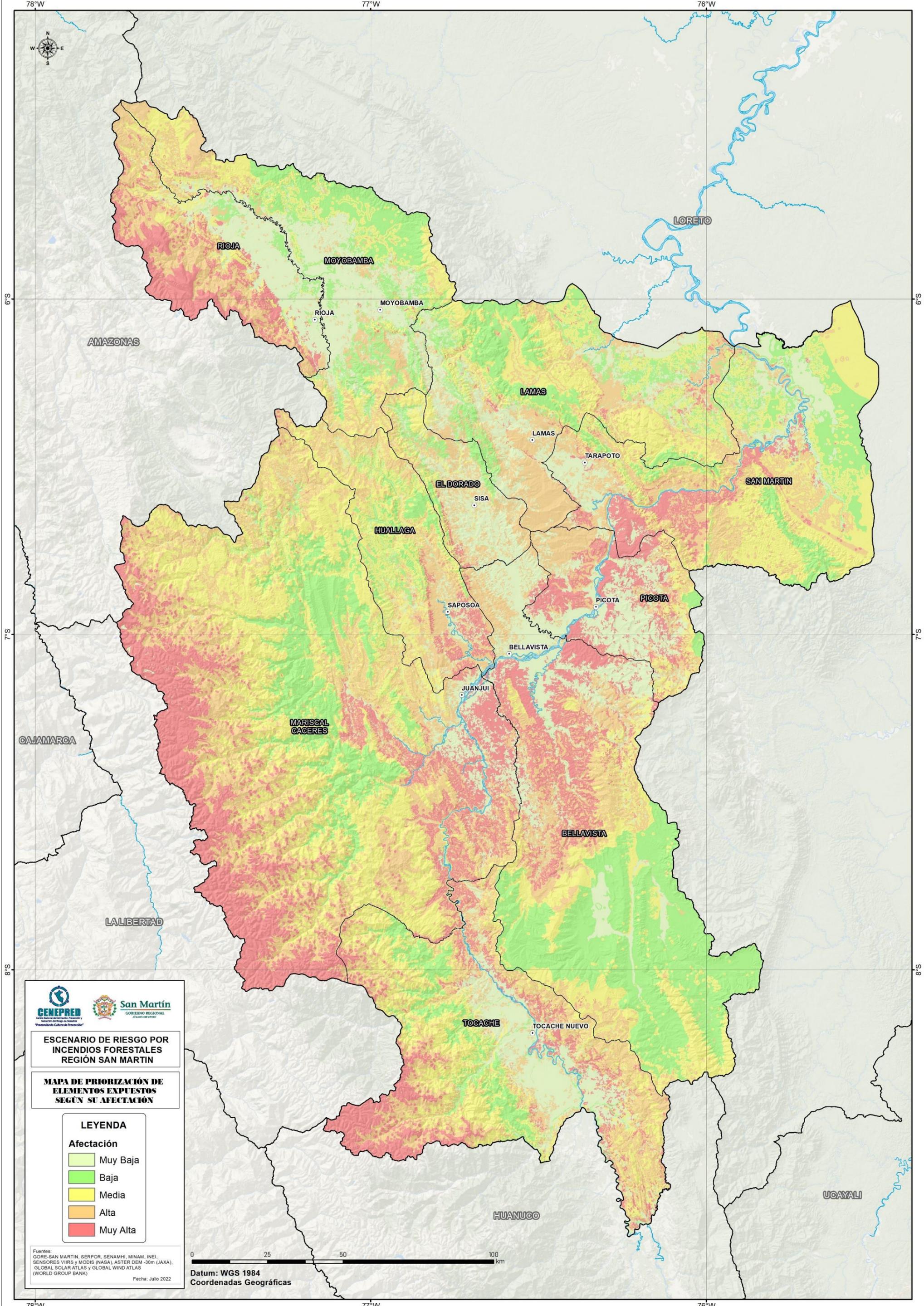
■	Baja
■	Media
■	Alta
■	Muy Alta

Fuentes:
 GORE-SAN MARTÍN, SERFOR, SENAMHI, MINAM, INEI,
 SENSORES VIIRS y MODIS (NASA), ASTER DEM -30m (JAXA),
 GLOBAL SOLAR ATLAS y GLOBAL WIND ATLAS
 (WORLD GROUP BANK)

Fecha: Julio 2022

0 25 50 100 km

Datum: WGS 1984
 Coordenadas Geográficas



ESCUENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES REGIÓN SAN MARTIN

MAPA DE PRIORIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS SEGÚN SU AFECTACIÓN

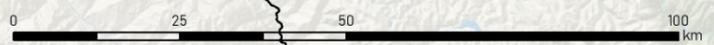
LEYENDA

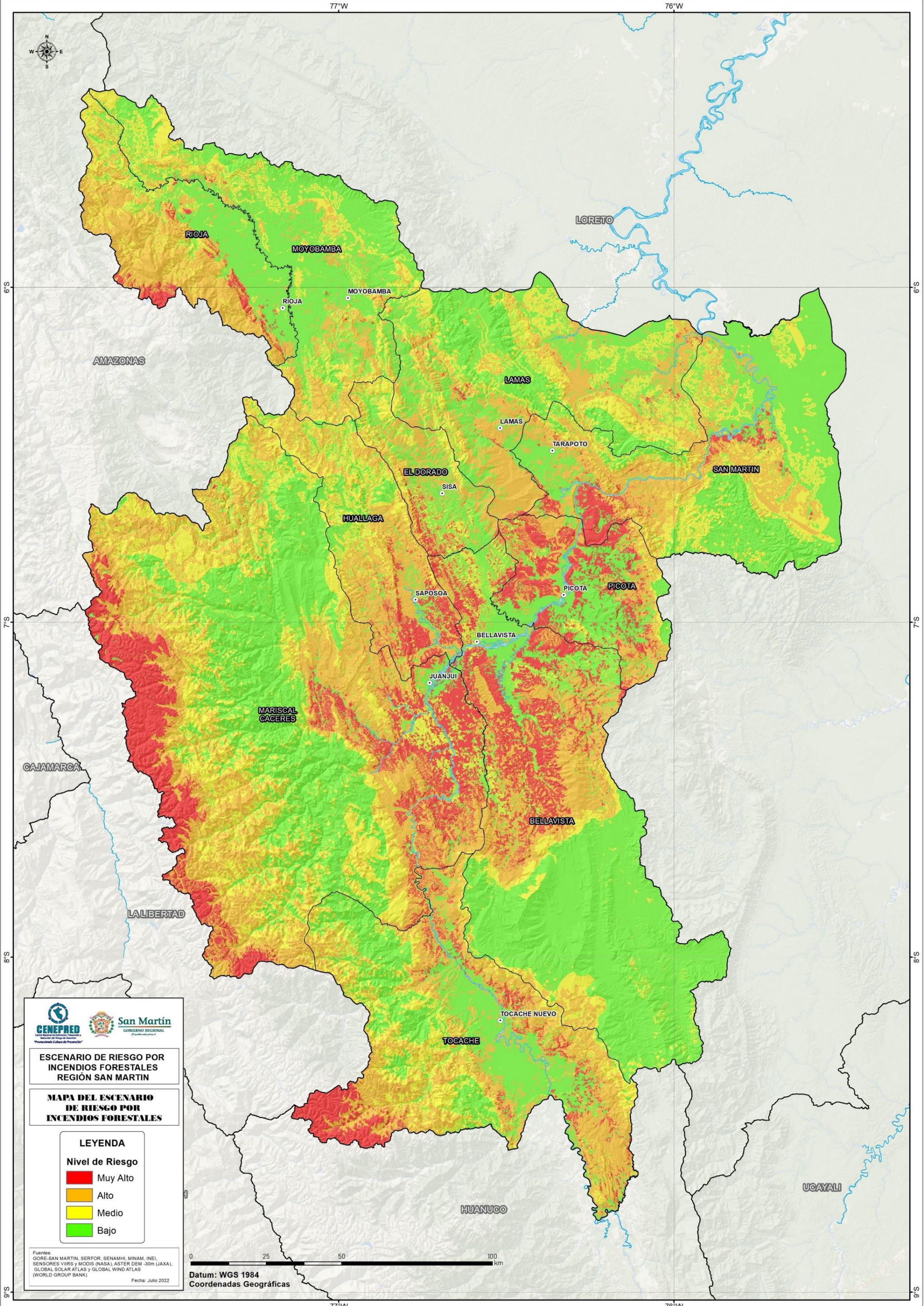
Afectación

■	Muy Baja
■	Baja
■	Media
■	Alta
■	Muy Alta

Fuentes:
 GORE-SAN MARTIN, SERFOR, SENAMHI, MINAM, INEI,
 SENSORES VIIRS y MODIS (NASA), ASTER DEM -30m (JAXA),
 GLOBAL SOLAR ATLAS Y GLOBAL WIND ATLAS
 (WORLD GROUP BANK)
 Fecha: Julio 2022

Datum: WGS 1984
 Coordenadas Geográficas








San Martín
GOBIERNO REGIONAL

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES REGIÓN SAN MARTÍN

MAPA DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA

Nivel de Riesgo

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo

Fuentes: GORE-SAN MARTÍN, SERFOR, SENAMHI, MINAM, INEI, SENSORES VIIRS y MODIS (NASA), ASTER DEM -30m (JAXA), GLOBAL SOLAR ATLAS y GLOBAL WIND ATLAS (WORLD GROUP BANK)

Fecha: Julio 2022

0 25 50 100
km

Datum: WGS 1984
Coordenadas Geográficas



CENEPRED
Centro Nacional de Estimación, Prevención y
Reducción del Riesgo de Desastres

Av. Del Parque Norte 313 - 319. San Isidro Lima - Perú
Central Telefónica: (051) 2013550