



INCENDIOS FORESTALES



CENEPRED

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

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

Diciembre 2020



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES.

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, 2020.

Av. Del Parque Norte N° 313 - 319. San Isidro - Lima – Perú

Teléfono: 201-3550, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe

Página web: www.cenepred.gob.pe

Equipo Técnico del CENEPRED:

Ing. Juvenal Medina Rengifo
Jefe del CENEPRED

Arq. Guadalupe Masana García
Directora de la Dirección de Gestión de Procesos

Ing. Alfredo Zambrano Gonzáles
Subdirector de Gestión de la Información

Especialistas de la Subdirección de Gestión de la Información:

Ing. José Luis Epiquién Rivera

Bach. Ing. Karina Obregón Acevedo

Analista en Sistemas de Información Geográfica de la Subdirección de Gestión de la Información:

Ing. Catherine Campos Martínez

Entidades colaboradoras:

Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental
Ministerio del Ambiente – MINAM

Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP



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.....	10
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	20
C)	Irradiación solar	22
7.1.3	Modelamiento de los factores condicionantes	24
7.2	FACTOR DESENCADENANTE	26
7.2.1	Densidad de incendios forestales.....	28
7.2.2	Modelamiento del factor desencadenante	29
7.3	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES.....	31
8	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	32
8.1	PATRIMONIALES	33
8.1.1	Patrimonio cultural.....	33
8.1.2	Patrimonio natural.....	33
8.2	SOCIECONÓMICO	36
9	ESCENARIO DE RIESGO	36
10	CONCLUSIONES.....	42
11	RECOMENDACIONES	43
12	BIBLIOGRAFÍA	44
13	ANEXO DE MAPAS	46



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal	13
Tabla 2. Ponderación de los tipos de combustibles	13
Tabla 3. Ponderación de las pendientes	15
Tabla 4. Ponderación de variables climáticas (Thornthwaite)	18
Tabla 5. Fuerza del viento y efectos en tierra según Beaufort.....	20
Tabla 6. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente.....	22
Tabla 7. Matriz de factores condicionantes	24
Tabla 8. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el Perú	32
Tabla 9. Elementos expuestos – patrimonio natural priorizado	34
Tabla 10. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en el Perú	36
Tabla 11. Elementos expuestos en el nivel de riesgo muy alto por incendios forestales	38
Tabla 12. Elementos expuestos en el nivel de riesgo alto por incendios forestales	39
Tabla 13. Distritos por departamentos expuestos a riesgo muy alto por incendios forestales.....	41
Tabla 14. Distritos por departamentos expuestos a riesgo alto por incendios forestales	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del Perú	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 nacional 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.....	19
Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos.....	21
Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente	23
Figura 14. Mapa de factores condicionantes para incendios forestales.....	25
Figura 15. Incendios registrados por año en el Perú	26
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en el Perú	27
Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por departamento	27
Figura 18. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2020)	30
Figura 19. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales	31
Figura 20. Elementos expuestos a incendios forestales.....	32
Figura 21. Mapa de elementos expuestos a incendios forestales – patrimonio natural.....	35
Figura 22. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales.....	37
Figura 23. Mapa de escenario de riesgo por incendios forestales por distritos	40



1 INTRODUCCIÓN

En el Perú, en los últimos años se viene registrando un incremento de ocurrencias de incendios forestales originados por la acción humana, las cuales están relacionados principalmente 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 Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (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, ha elaborado el presente trabajo, cuyo objetivo principal es desarrollar el escenario de riesgo por incendios forestales a nivel nacional y a su vez actualizar el documento “Escenario de riesgo por incendio forestal – Caracterización del peligro por incendios forestales” generado por este Centro Nacional el año 2018.

En el desarrollo de este estudio se contó con la colaboración de entidades públicas vinculadas a la gestión del riesgo por incendios forestales, tales como el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), quienes proporcionaron la información utilizada en las diferentes etapas del desarrollo metodológico del escenario de riesgo, así como la asistencia técnica respectiva a través de reuniones de trabajo.

El presente documento detalla de manera clara y sencilla la construcción del Escenario de riesgo por incendios forestales, con la finalidad de contar con una herramienta técnica de apoyo del SINAGERD para la toma de decisión a nivel nacional 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 el país.



2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el escenario de riesgo por incendios forestales a nivel nacional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

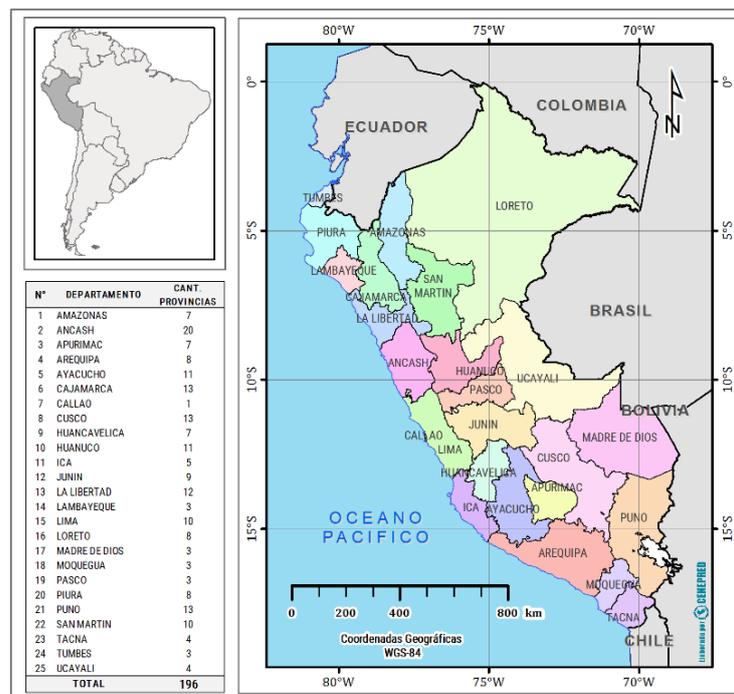
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a incendios forestales.
- Elaborar el mapa de los elementos expuestos a incendios forestales.
- Cuantificar los elementos expuestos en todos los niveles de riesgo de incendios forestales.

3 ASPECTOS GENERALES

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Perú está situado en la parte central y occidental de América del Sur, limita con cinco países: por el Norte con el Ecuador; por el Nor-Este con Colombia; por el Este con Brasil; por el Sur-Este con Bolivia; por el Sur con Chile y por el Oeste con el Océano Pacífico. La superficie total del territorio peruano, incluye las islas costaneras en el Mar de Grau y la parte peruana del Lago Titicaca, constituyendo 1 285 215.60 km² (INEI, 2018b) (Figura 1).

Figura 1. Mapa de ubicación del Perú



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



3.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS

El Perú tiene una gran diversidad biológica, ecosistémica y cultural, por su ubicación cercana a la línea ecuatorial, el país debería tener un clima tropical. Sin embargo, por la influencia de factores geográficos como la cordillera de los Andes, las corrientes marinas, la dinámica de los ciclones y anticiclones, y la geografía andina, el Perú posee características oceanográficas y continentales complejas y bastante heterogéneas, dando lugar a tres regiones naturales (costa, sierra y selva), 84 zonas de vida y 17 zonas transicionales. A ello se suma la gran diversidad climática, ecológica y química que caracteriza el territorio peruano (MINAM, 2013).

Con respecto a las principales unidades de cobertura vegetal, la distribución geográfica y superficie de los bosques de la selva baja y selva alta, ambos representan el 53.06 % de la superficie nacional, la superficie de los bosques de la costa o bosques secos, representan el 2.86 %, asimismo, se reporta que la superficie de bosques y pajonales andinos, representan el 14.76 % de la superficie nacional (MINAM, 2015)

3.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, presenta una población total de 31 millones 237 mil 385 habitantes. La población en los centros poblados urbanos¹ representa el 79.3%; mientras que la población censada en los centros poblados rurales² es del 20.7%. Asimismo, se obtuvieron 10 millones 102 mil 849 viviendas particulares (INEI, 2018a).

Los resultados del Censo Nacional Agropecuario 2012, nos muestran que la región natural de la sierra posee el 57.5% de la superficie agropecuaria total, la región de la selva posee el 31.1% y en la costa se ubica el 11.5% de la superficie agropecuaria. De la superficie agropecuaria que se ubican en la sierra, la superficie agrícola productiva es el 15%, los pastos naturales representan el 70% y los montes y bosques el 7% (INEI, 2012).

4 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

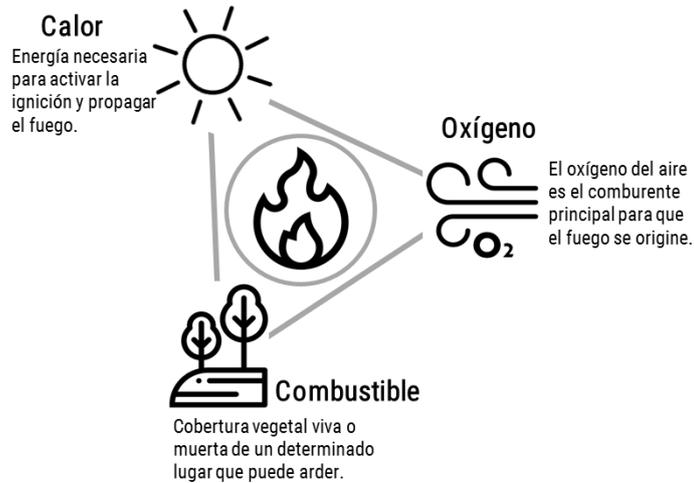
Un incendio forestal es descrito como el fuego no deseado de cualquier origen, que no es estructural, que se propaga sin control en los recursos forestales causando daños ecológicos, económicos y sociales. Este fuego es la reacción rápida producto de la unión del oxígeno del aire, la cobertura vegetal 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).

¹ Se considera centros poblados urbanos aquellos con 2 mil y más habitantes (INEI).

² Se considera centros poblados rurales, aquellos que tienen menos de 2 mil habitantes (INEI).



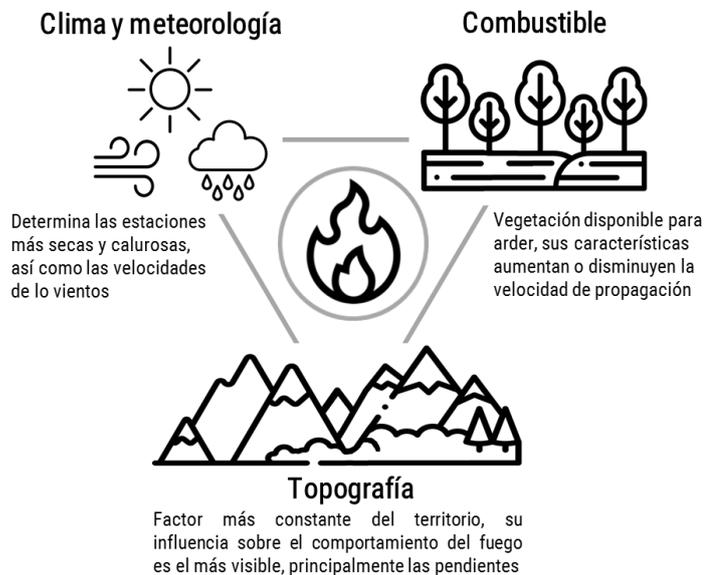
Figura 2. Triángulo del fuego para incendios forestales



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



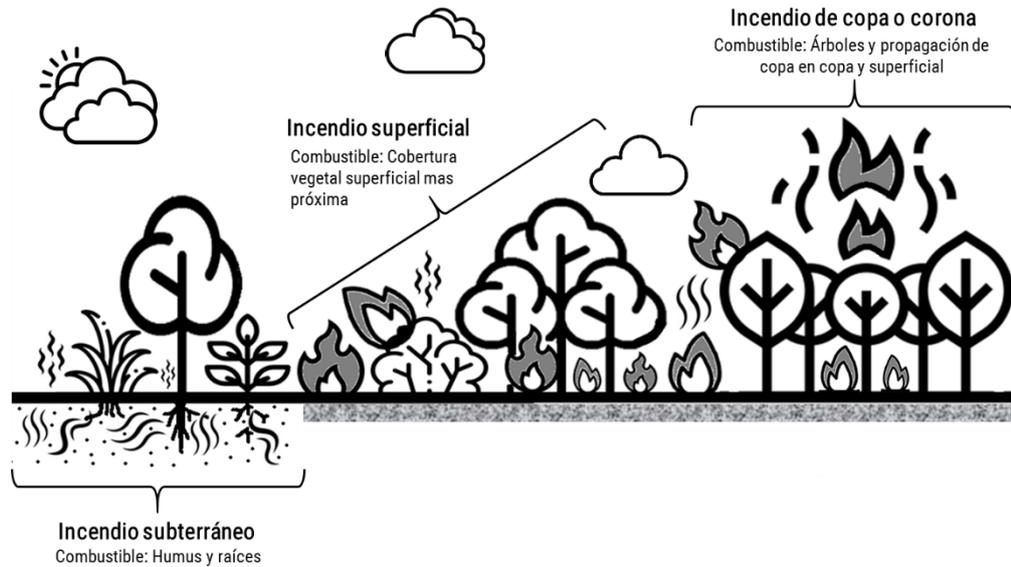
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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 por 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

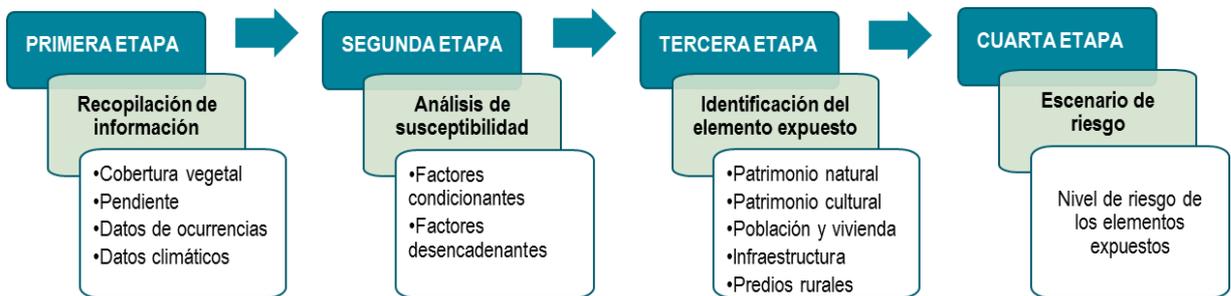


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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:

- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR): Ecosistemas frágiles (2020), cicatrices de incendios forestales (2018), alertas de incendios forestales (2018 – 2020), focos de calor de incendios forestales (2012 – 2020).
- Ministerio del Ambiente (MINAM): Mapa nacional de cobertura vegetal (2015), mapa nacional de ecosistemas (2018), áreas de cicatrices de afectación por incendios forestales (2000 - 2019), registros históricos de incendios (2000 – 2020)
- 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 (2002 – 2020).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI): Mapa climático nacional (2010) y el atlas de energía solar del Perú (2003).
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM): Atlas eólico del Perú (2016).
- Ministerio de Cultura (MINCUL): Información de monumentos arqueológico.
- Otras fuentes:
 - i. Mapa de pendientes elaborado por el CENEPRED con base en la información del Modelo Digital de Elevación (DEM) de la misión topográfica SRTM de la Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos (NASA).
 - ii. Focos de calor 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, ambos proyectos aeroespaciales de la NASA.

7 ELABORACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO

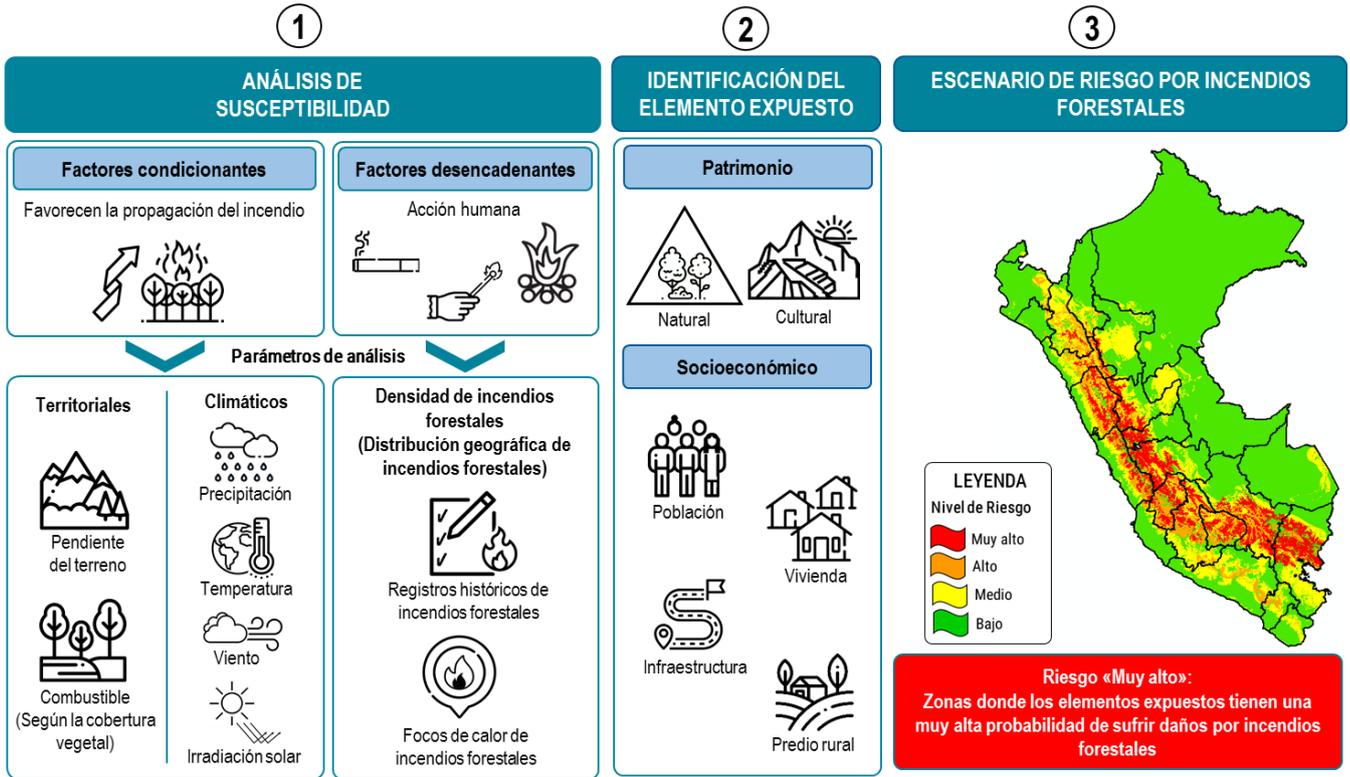
El modelo generado para obtener el escenario de riesgo por incendios forestales, se encuentra representado en la Figura 6.

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. 2020

7.1 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

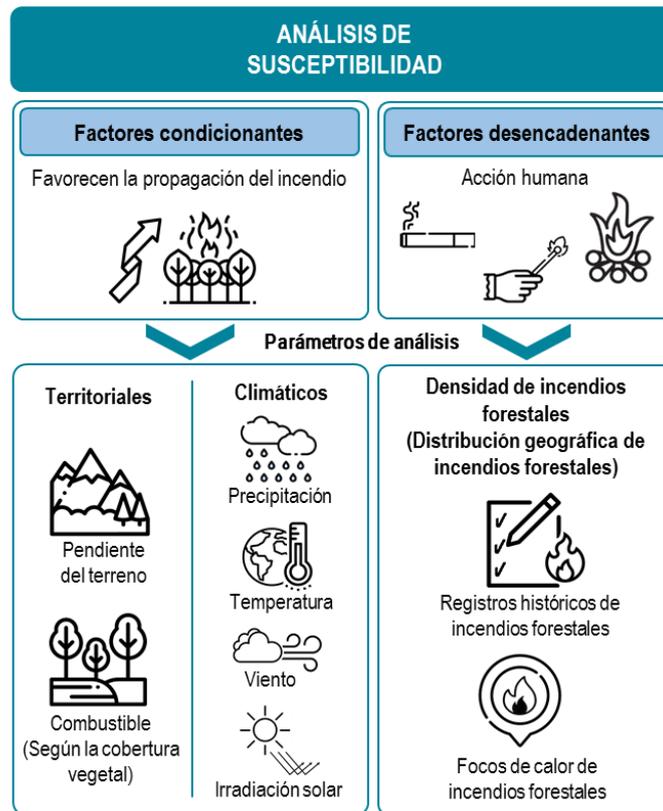
Este análisis permitirá conocer la predisposición del territorio nacional a la ocurrencia de incendios forestales, que fueron clasificadas en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo. El nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales estará basado en las características del factor 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 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 1). Para ello se utilizó como insumo el mapa de cobertura vegetal generado por el MINAM (2015)³

³ 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 1. Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal**

Cobertura vegetal (Corine Land Cover - Nivel 3)	Combustible predominante
Áreas urbanizadas	Área urbana
Áreas industriales o comerciales	No combustible
Obras hidráulicas	Área urbana
Áreas de extracción minera e hidrocarburos	No combustible
Áreas agrícolas	Arbustos/pastos/hierbas
Bosque denso bajo	Árboles
Bosque abierto bajo	Árboles
Bosque denso alto	Árboles
Bosque ripario	Árboles
Plantación forestal	Árboles
Arbustal	Arbusto
Herbazal	Pastos/hierbas
Vegetación secundaria o en transición	Árboles/arbustos
Vegetación arbustiva/herbacea	Hierbas/arbustos
Áreas arenosas naturales	No combustible
Tierra desnuda	No combustible
Glaciares	No combustible
Áreas pantanosas	No combustible
Turberas y bofedales	No combustible
Áreas húmedas costeras	No combustible
Río	No combustible
Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	No combustible
Laguna costera	No combustible

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINAM e IDEAM. 2020

Finalmente, se le otorgó una ponderación según esta última clasificación (Tabla 2).

Tabla 2. Ponderación de los tipos de combustibles

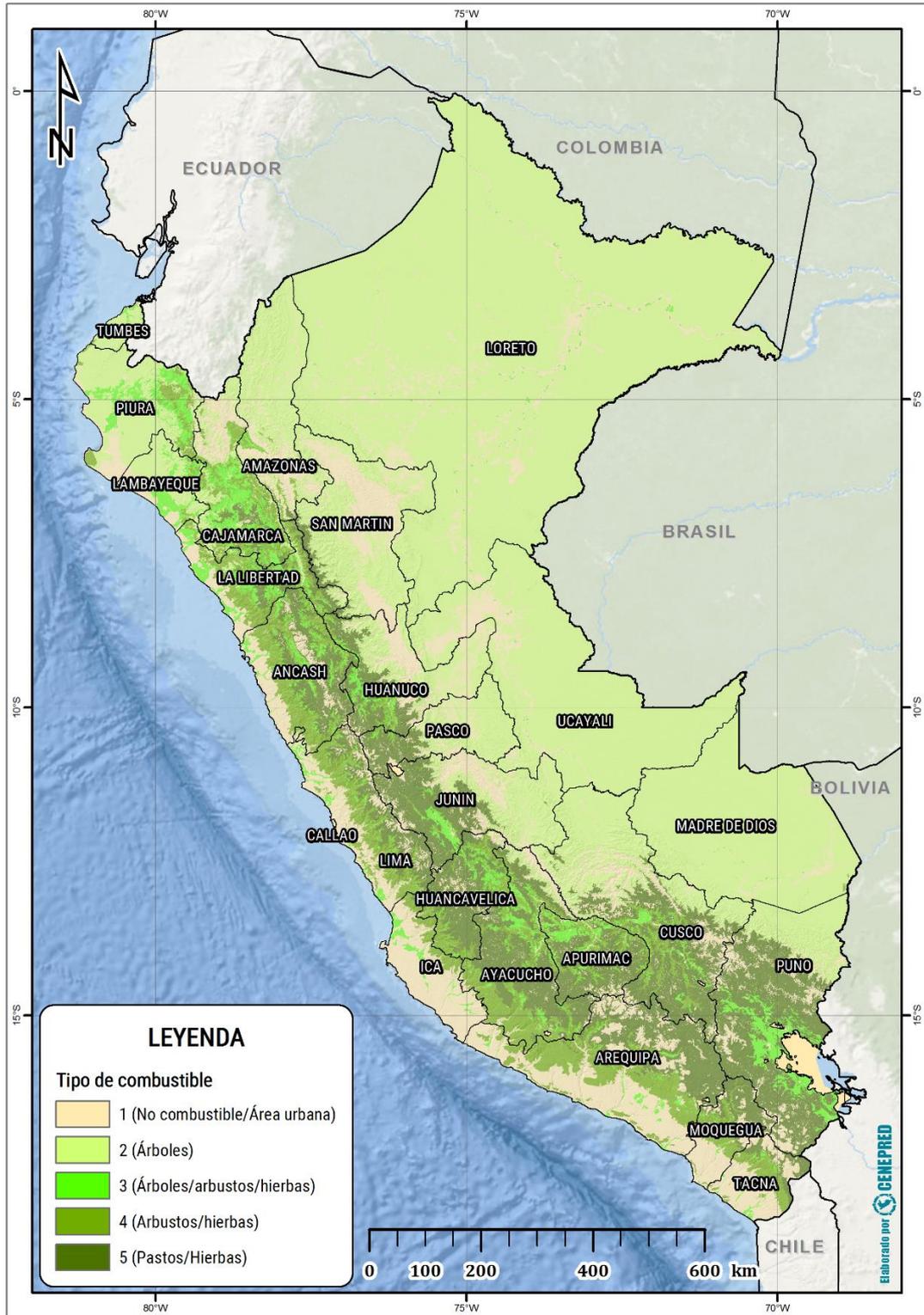
Combustible predominante	Nivel de combustibilidad	Peso asignado
Pastos/hierbas	Muy alto	5
Arbusto	Alto	4
Arbusto/hierbas	Alto	4
Árboles/arbustos	Medio	3
Árboles/arbustos/hierbas	Medio	3
Árboles	Bajo	2
No combustible	Muy bajo/Nulo	1
Área urbana	Muy bajo/Nulo	1

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINAM e IDEAM. 2020



El resultado del análisis para el mapa de combustible del ámbito nacional se muestra en la Figura 8.

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



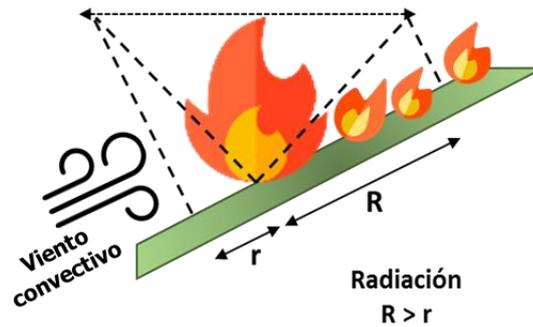
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



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. 2020

El mapa nacional de pendientes (Figura 10), elaborado por el CENEPRED (2018), usó como base el modelo digital de elevación (90 metros de resolución) obtenido de la misión topográfica SRTM de la Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos (NASA), 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 3).

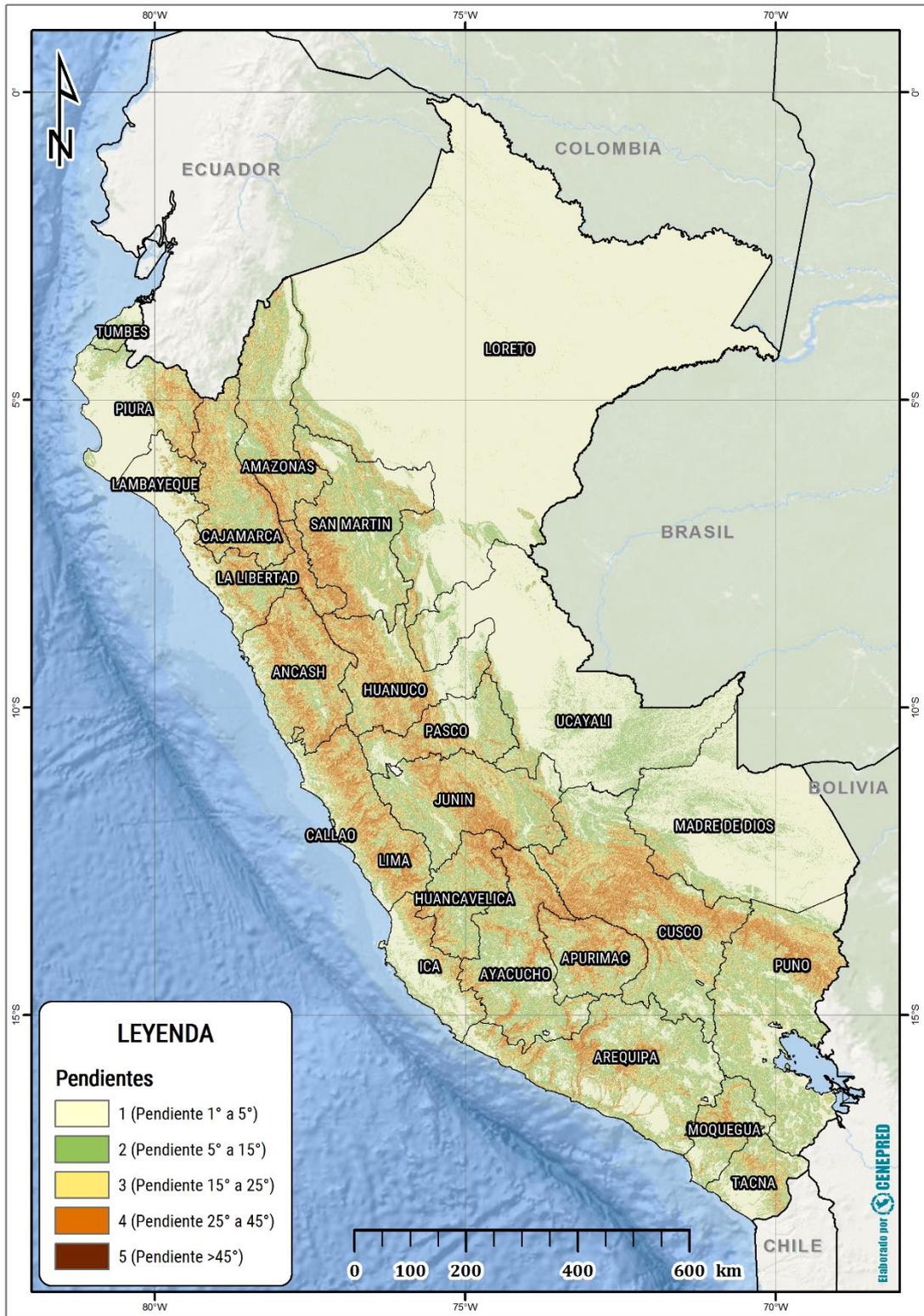
Tabla 3. Ponderación de las pendientes

Pendiente del terreno en grados	Nivel de pendiente	Peso asignado
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. 2020



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).

Para el presente trabajo se ha identificado las características climáticas del ámbito nacional que favorecen la propagación de los incendios forestales, tomando la información disponible de los factores priorizados para el análisis.

A) Clima

La información usada corresponde al mapa de clasificación climática del Perú, generada por el SENAMHI. La información base de esta clasificación está apoyada en datos meteorológicos de veinte años (1965-1984), 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, 2018).

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).

De acuerdo al análisis nacional de incendios forestales realizado por (CENEPRED, 2018) se observa que la temporada de mayor recurrencia se encuentra entre los meses de julio a noviembre de cada año, coincidiendo con el invierno y primavera, estaciones en donde las precipitaciones son escasas en el Perú. Se muestra el resultado del análisis de las variables climáticas en la tabla 4 y el mapa con las condiciones climáticas favorables en la figura 11.



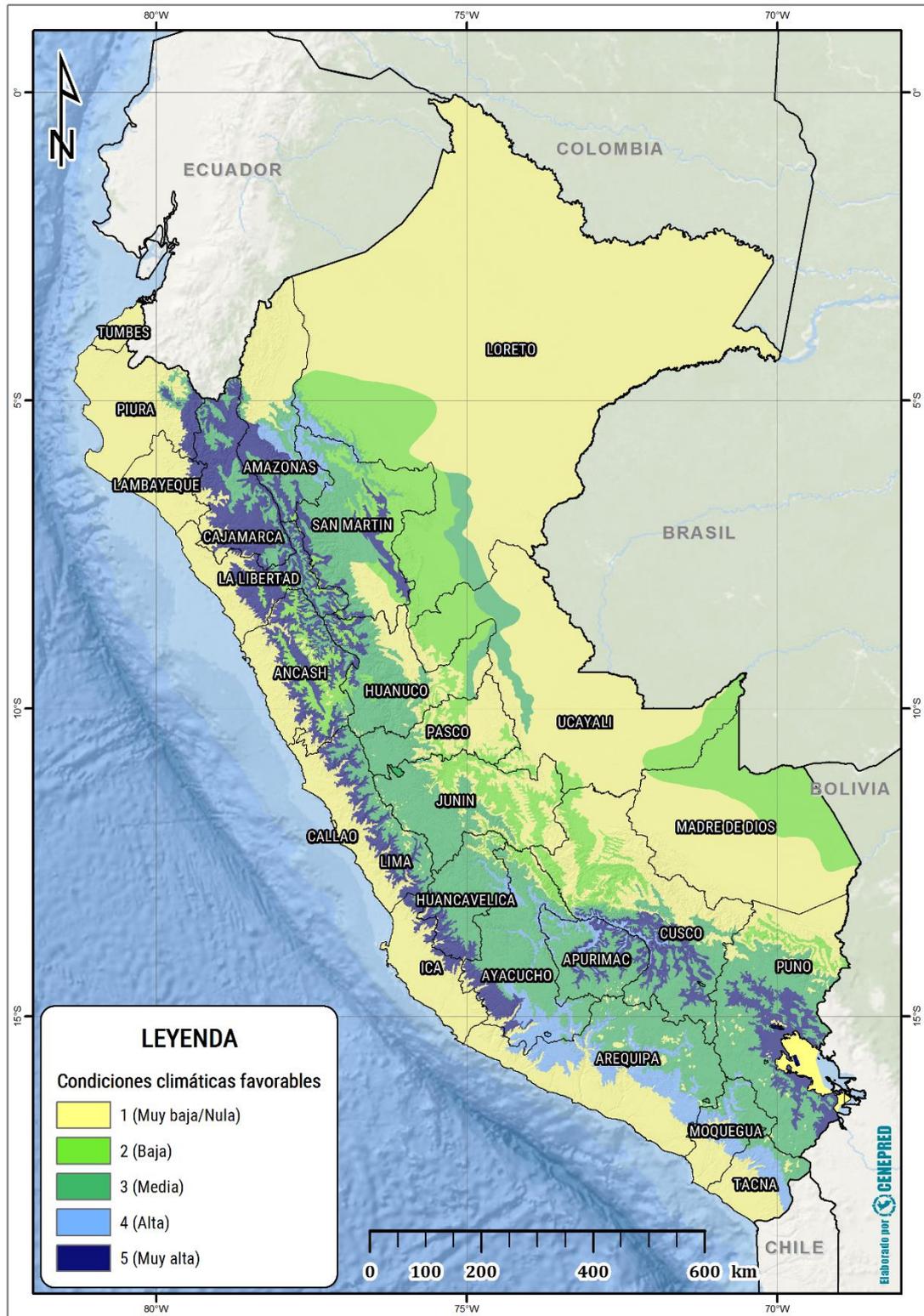
Tabla 4. Ponderación de variables climáticas (Thornthwaite)

Código de clima	Precipitación efectiva	Distribución de la precipitación durante el año	Temperatura eficiente	Humedad relativa	Peso asignado
C(o,i) C' H2	Semiseco	Con otoño seco y con invierno seco	Frio	Seco	5
C(o,i,p) A' H3	Semiseco	Con otoño seco, invierno seco y primavera seca	Cálido	Húmedo	5
C(o,i,p) B'2 H3	Semiseco	Con otoño seco, invierno seco y primavera seca	Templado	Húmedo	5
C(o,i,p) B'3 H3	Semiseco	Con otoño seco, invierno seco y primavera seca	Semifrio	Húmedo	5
C(o,i) B'2 H3	Semiseco	Con otoño seco y con invierno seco	Templado	Húmedo	4
C(o,i,p) C' H2	Semiseco	Con otoño seco, invierno seco y primavera seca	Frio	Seco	4
D(o,i,p) B'2 H2	Semiárido	Con otoño seco, invierno seco y primavera seca	Templado	Seco	4
B(i) A' H3	Lluvioso	Con invierno seco	Cálido	Húmedo	3
B(i) B'1 H3	Lluvioso	Con invierno seco	Semicálido	Húmedo	3
B(i) B'2 H3	Lluvioso	Con invierno seco	Templado	Húmedo	3
B(i) D' H3	Lluvioso	Con invierno seco	Semifrío	Húmedo	3
B(o,i) B'3 H3	Lluvioso	Con otoño seco y con invierno seco	Semifrío	Húmedo	3
B(o,i) C' H3	Lluvioso	Con otoño seco y con invierno seco	Frio	Húmedo	3
B(o,i) D' H3	Lluvioso	Con otoño seco y con invierno seco	Semifrío	Húmedo	3
B(r) A' H3	Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Cálido	Húmedo	2
B(r) A' H4	Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Cálido	Muy húmedo	2
B(r) B'1 H4	Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Semicálido	Muy húmedo	2
B(r) B'2 H3	Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Templado	Húmedo	2
B(r) C' H3	Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Frio	Húmedo	2
C(i) C' H3	Semiseco	Con invierno seco	Frio	Húmedo	2
A(r) A' H4	Muy lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Cálido	Muy húmedo	1
A(r) B'1 H4	Muy lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Semicálido	Muy húmedo	1
A(r) B'2 H3	Muy lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	Templado	Húmedo	1
E(d) A' H2	Arido	Deficiencia de precipitación en todas las estaciones del año	Cálido	Seco	1
E(d) A' H3	Arido	Deficiencia de precipitación en todas las estaciones del año	Cálido	Húmedo	1
E(d) B'1 H3	Arido	Deficiencia de precipitación en todas las estaciones del año	Semicálido	Húmedo	1
Lagos y lagunas	Agua	Agua	Agua	Agua	1
Nevados	Hielo perpetuo	Hielo perpetuo	Polar	Polar	1

Fuente: Elaborado por CENEPRED con datos de SENAMHI. 2020



Figura 11. Mapa de condiciones climáticas favorables



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del SENAMHI. 2020



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).

El atlas eólico del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), nos proporciona la velocidad media anual del viento, a las alturas establecidas entre el nivel del suelo y la troposfera que van desde los 10 metros hasta los 150 metros. Este estudio nos muestra las zonas donde existen las mayores concentraciones de los vientos (potencial eólico) en el país, los resultados indican que los lugares con mayor potencial eólico están ubicados en la costa, así como en ciertas regiones de la sierra, mientras que las zonas de selva el potencial es mucho menor que el resto (MINEM, 2016). Para el análisis se usarán los datos obtenidos a 25 metros de la superficie y para su clasificación se tomó como referencia la escala Beaufort para la fuerza del viento y sus efectos en tierra (Tabla 5) y (Figura 12).

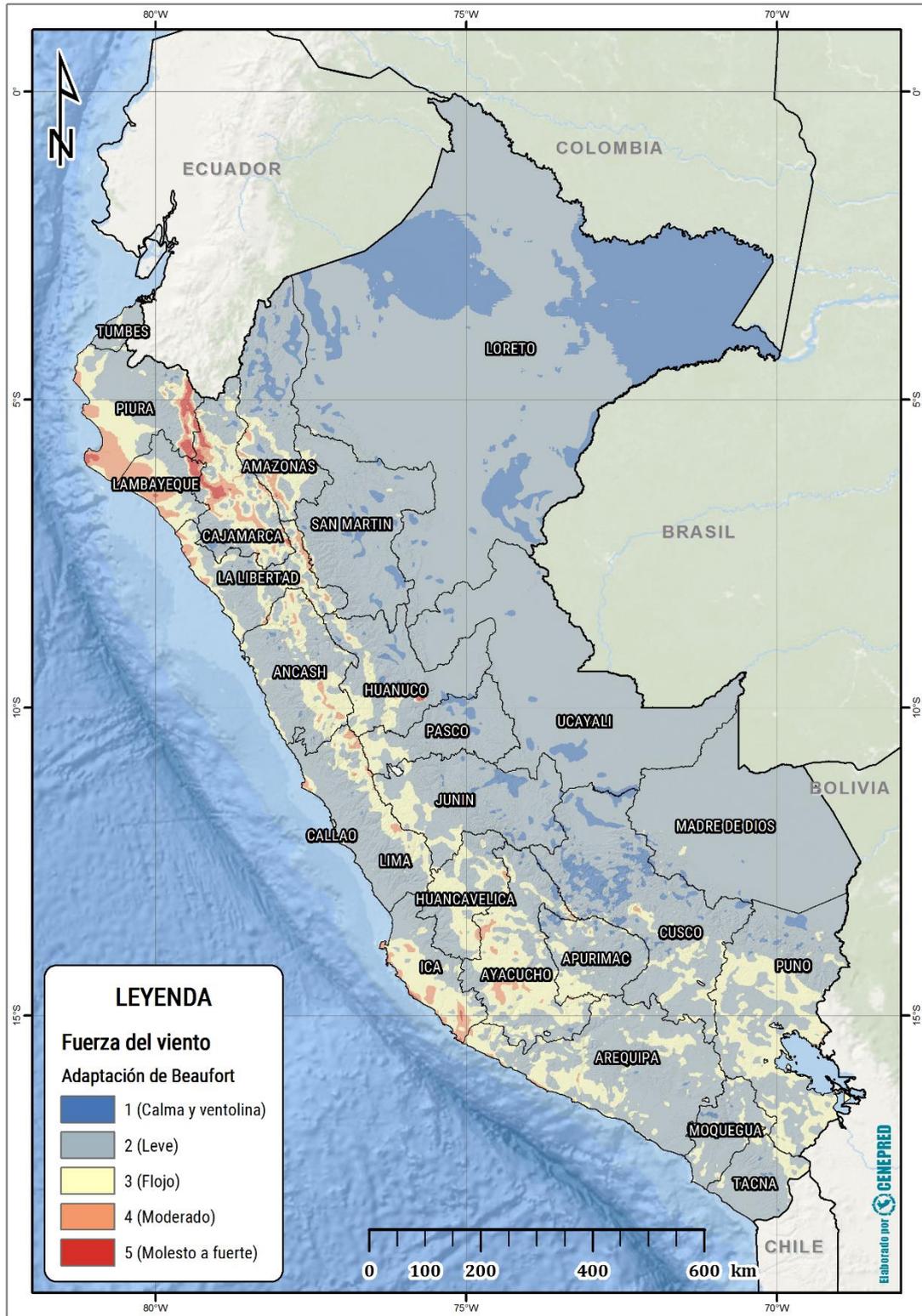
Tabla 5. Fuerza del viento y efectos en tierra según Beaufort

Grado Beaufort	Velocidad Beaufort (m/s)	Descripción	Peso asignado
0 a 1	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



Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINEM. 2020



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.)

A nivel anual, la zona de mayor incidencia e irradiación de energía solar del territorio peruano se encuentra principalmente en la costa sur (16° a 18° Lat. S), donde se dispone de 6.0 a 6.5 kW h/m² de energía solar. Otras zonas en las que se registra alta disponibilidad de energía solar diaria, entre 5.5 a 6.0 kW h/m² son la costa norte (3° a 8° Lat. S) y gran parte de la sierra sobre los 2500 msnm, siendo en orden de importancia en cuanto a su extensión superficial: la sierra sur, la sierra central y la sierra norte. La zona de bajos valores de energía solar en el territorio es la selva, donde se registran valores de 4.5 a 5.0 kW h/m² con una zona de mínimos valores en el extremo norte cerca del ecuador (0° a 2° Lat. S) (SENAMHI, 2003), ver Tabla 6 y Figura 13.

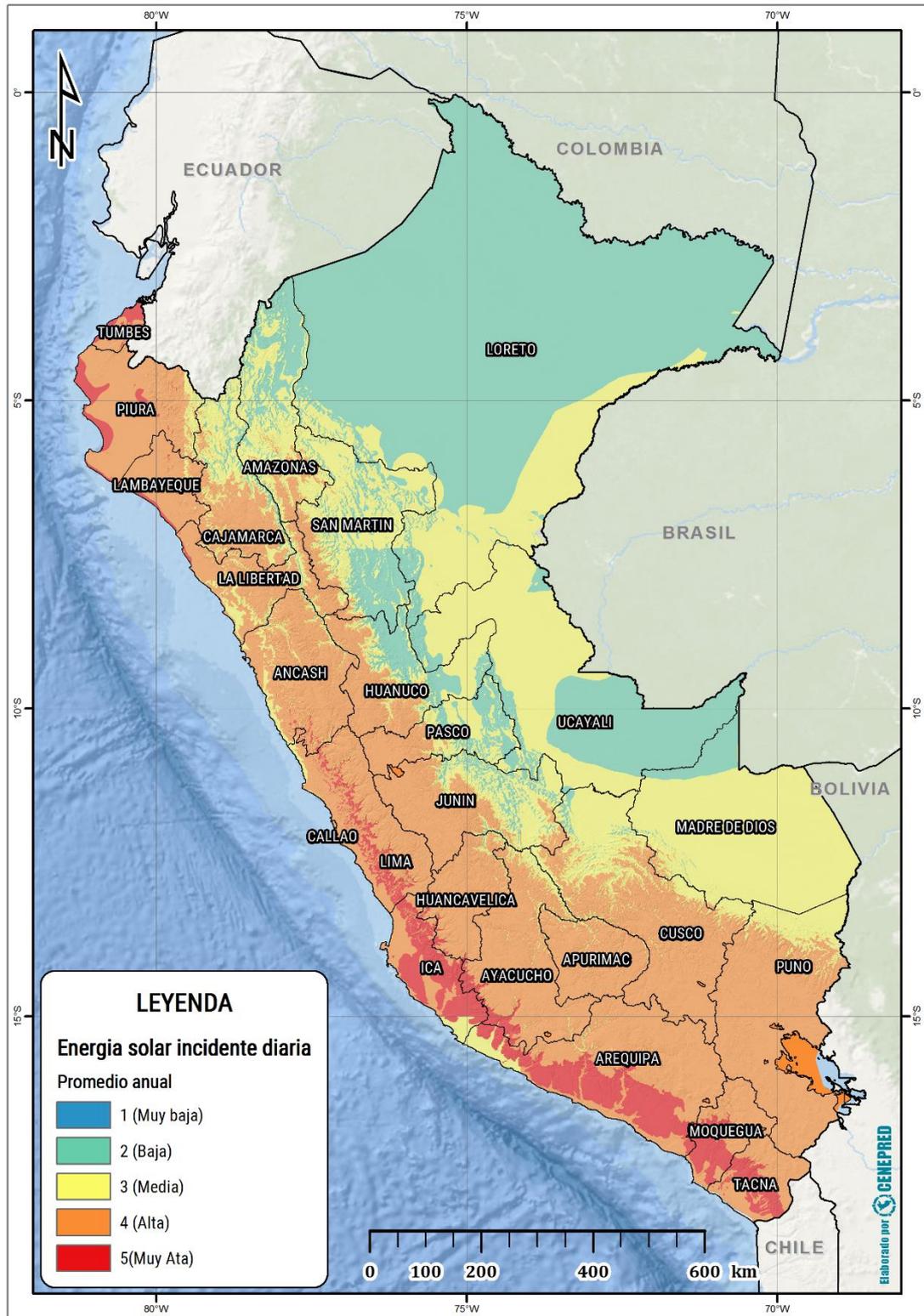
Tabla 6. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente

Rango kW h/m ²	Nivel de energía solar incidente	Peso asignado
6.5 - 7.0	Muy Alto	5
6.0 - 6.5	Muy Alto	5
5.5 - 6.0	Alto	4
5.0 - 5.5	Medio	3
4.5 - 5.0	Bajo	2
4.0 - 4.5	Bajo	2
0.0 - 4.0	Muy bajo	1

Fuente: Elaborado por CENEPRED con datos de SENAMHI. 2020



Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del SENAMHI. 2020



7.1.3 Modelamiento de los factores condicionantes

La Tabla 7, muestra los pesos asignados a los parámetros de evaluación, según los factores condicionantes: territoriales y climáticos. En la Figura 14 se muestra el mapa resultado de este modelo.

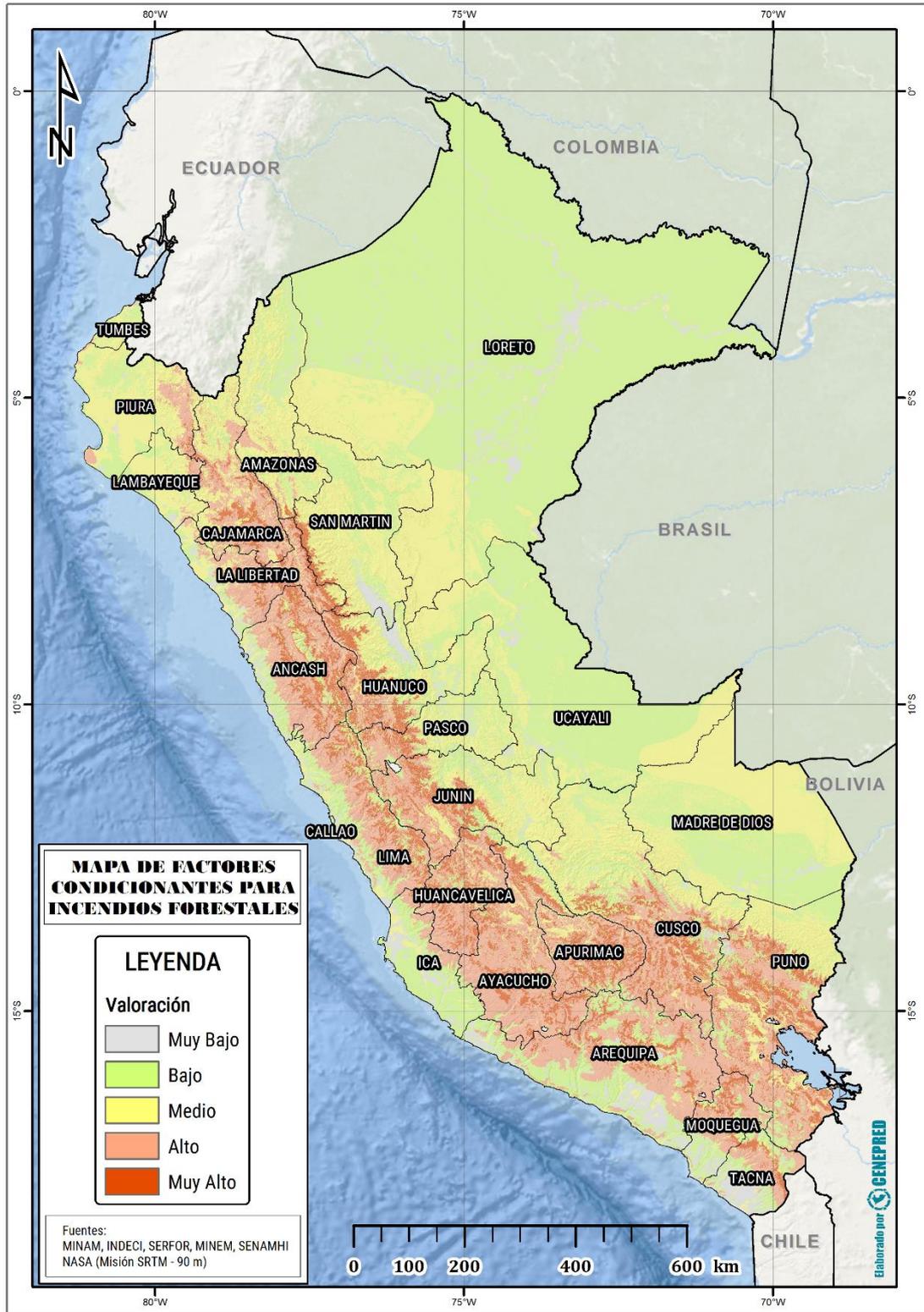
Tabla 7. *Matriz de factores condicionantes*

Parámetros de análisis		Peso asignado
F.C territoriales	Pendiente	0.15
	Combustible	0.45
F.C climáticos	Climas (Thornthwaite)	0.3
	Vientos	0.05
	Irradiación solar	0.05

Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



Figura 14. Mapa de factores condicionantes para incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



7.2 FACTOR DESENCADENANTE

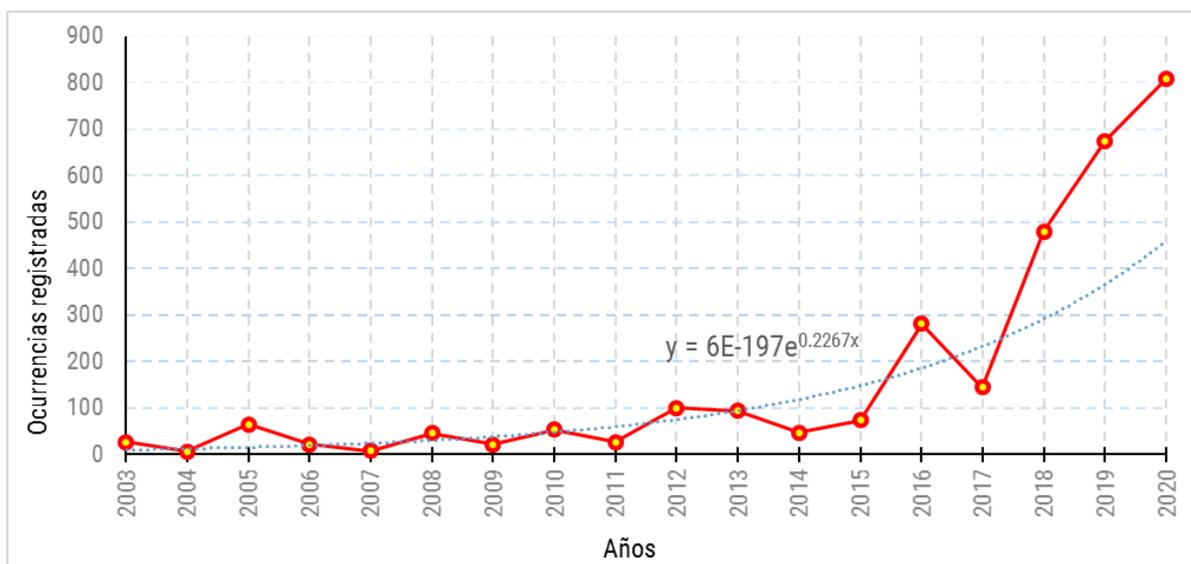
Se estima que la mayoría de los incendios forestales están relacionados con los cambios en el uso del suelo forestal, la infraestructura vial y el incremento de las poblaciones humanas, en Sudamérica en promedio el 94.5% de los incendios forestales son ocasionados por el hombre y las causas naturales representan el 5.5%. Sin embargo, en países como Perú y Bolivia, las causas antrópicas pueden representar el 100% (María Manta, 2007).

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” y 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.

Finalmente, en el ámbito nacional, la información estadística correspondiente a los registros históricos de emergencias de incendios forestales (INDECI 2020) del periodo analizado entre 2003-2020, muestra un incremento exponencial de ocurrencias en los tres últimos años (Figura 15).

Figura 15. Incendios registrados por año en el Perú



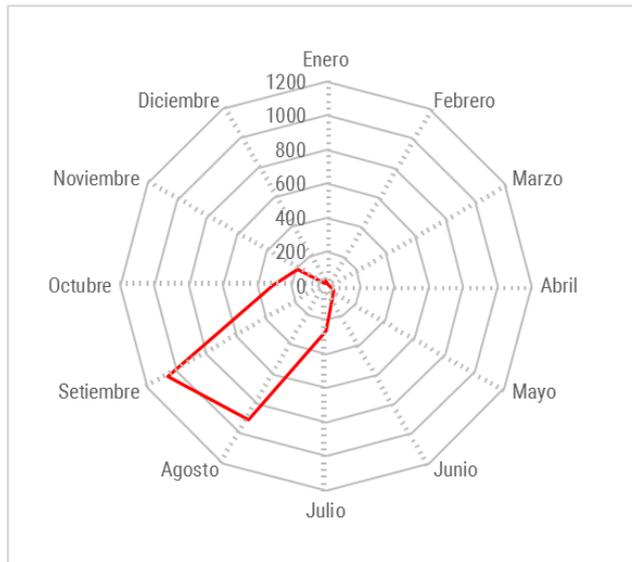
Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del INDECI. (2020)

⁴ Referenciado en (SERFOR, 2018)



Así mismo, se identificó que la mayoría de incendios se han generado entre los meses de junio a setiembre. Este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (M Manta, 2017; M Manta & León, 2004) (Figura 16).

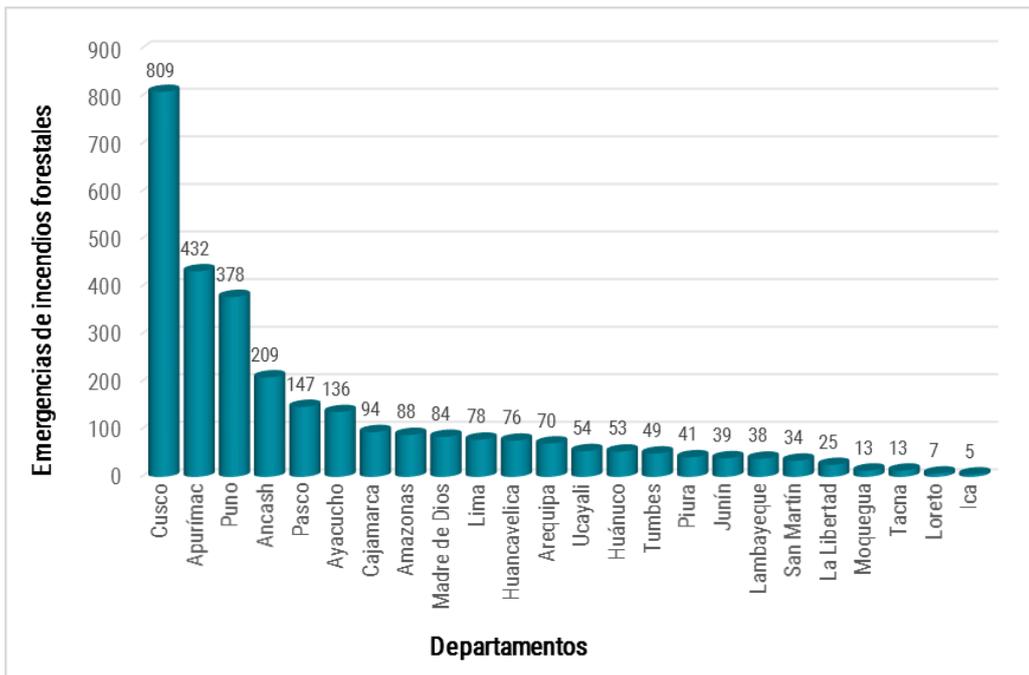
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en el Perú



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del INDECI (2020)

Al organizar las frecuencias de incendios forestales por departamentos durante el periodo 2003-2020, el resultado concluye que los departamentos con mayores registros de incendios forestales son: Cusco, Apurímac, Puno y Ancash (Figura 17).

Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por departamento



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del INDECI (2020)



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 INDECI, del MINAM y el 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.

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; Morisette 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):

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

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

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.

c) Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)

Esta información fue proporcionada por el SERFOR y el MINAM y permitió conocer la ubicación y magnitud espacial de las áreas afectadas por incendios forestales en el país; se encuentran mapeadas como polígono, los mismos que fueron convertidas a punto centroide, luego se verificó la duplicidad de eventos con la base de registros históricos.

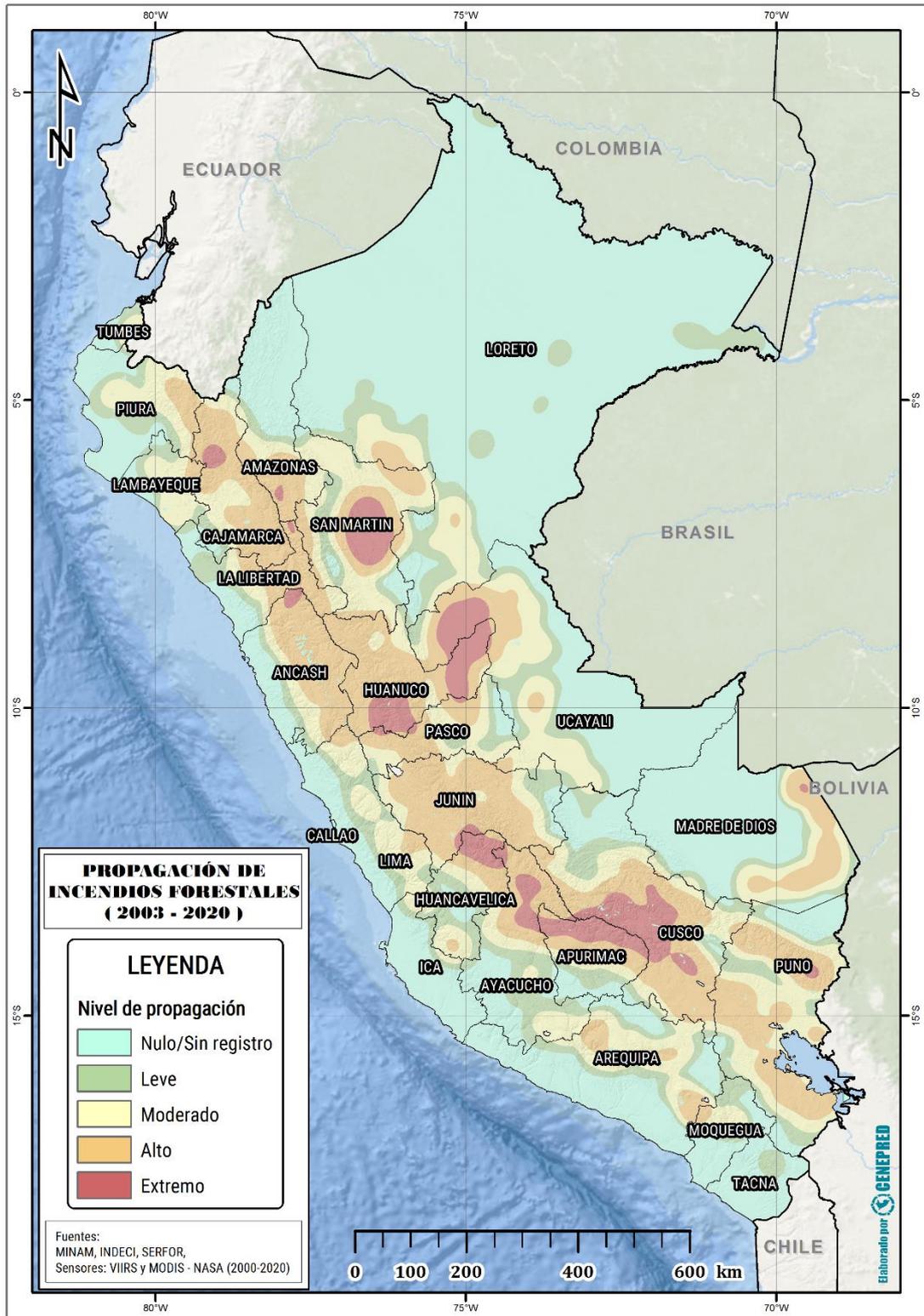
Luego de obtener las bases de datos finales de registros históricos y focos de calor, estas se unieron en una sola base de datos de ocurrencias de incendios forestales.

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 nacional, durante el periodo 2003 – 2020. (Figura 18).



Figura 18. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2020)



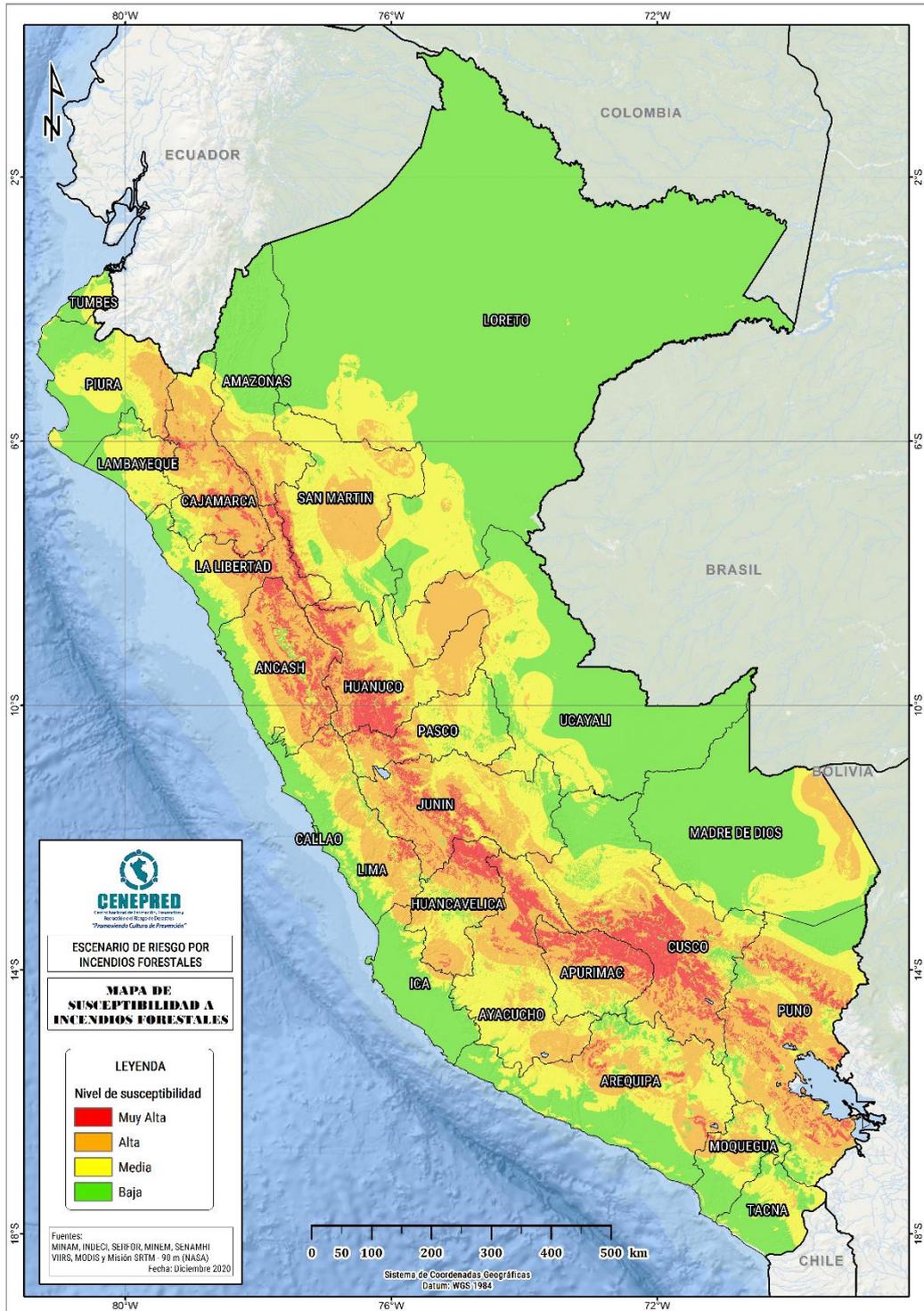
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



7.3 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

Este mapa se obtuvo de la unión de los mapas factores condiciones y mapa del factor desencadenante (Propagación de incendios forestales) (Figura 19).

Figura 19. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



La Tabla 8, presenta las áreas correspondientes a los niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el ámbito nacional.

Tabla 8. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el Perú

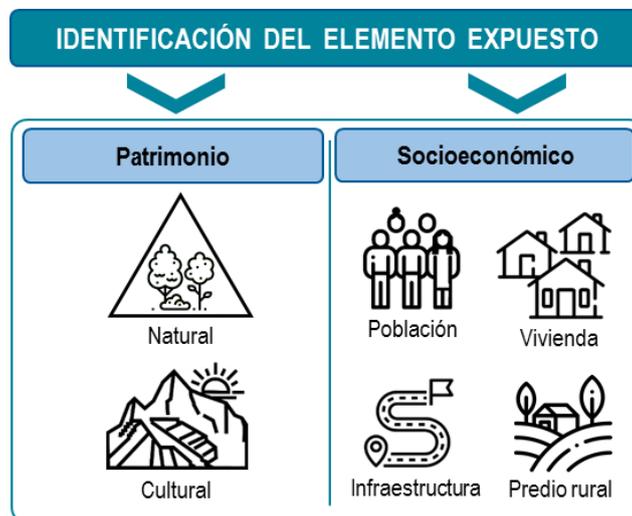
Nivel	Área aprox. (km ²)	Porcentaje (%)
Muy alto	71,120.53	5.5
Alto	272,048.17	21.2
Medio	314,140.46	24.4
Bajo	627,906.44	48.9
Total	1,285,215.60	100

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

8 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Los elementos expuestos al peligro de incendios forestales han sido clasificados en patrimoniales y socioeconómicos. Dentro de los patrimoniales se encuentran natural, cultural y como socioeconómicos se consideró a la población, viviendas, infraestructura y predios rurales (Figura 20).

Figura 20. Elementos expuestos a incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED.



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 nacional de trabajo, 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 nación, 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.

Las priorizaciones de unidades de análisis sobre ecosistemas se fundamentan en los alcances de priorización de trabajos similares de escenarios de riesgo coordinados con especialistas del SERFOR: Escenario de riesgo ante incendios forestales de la región Ancash (CENEPRED, 2019) y del Ministerio del Ambiente para el presente escenario (MINAM, 2020), el resultado de lo descrito se muestra en la Tabla 9 y su representación espacial en la Figura 21.

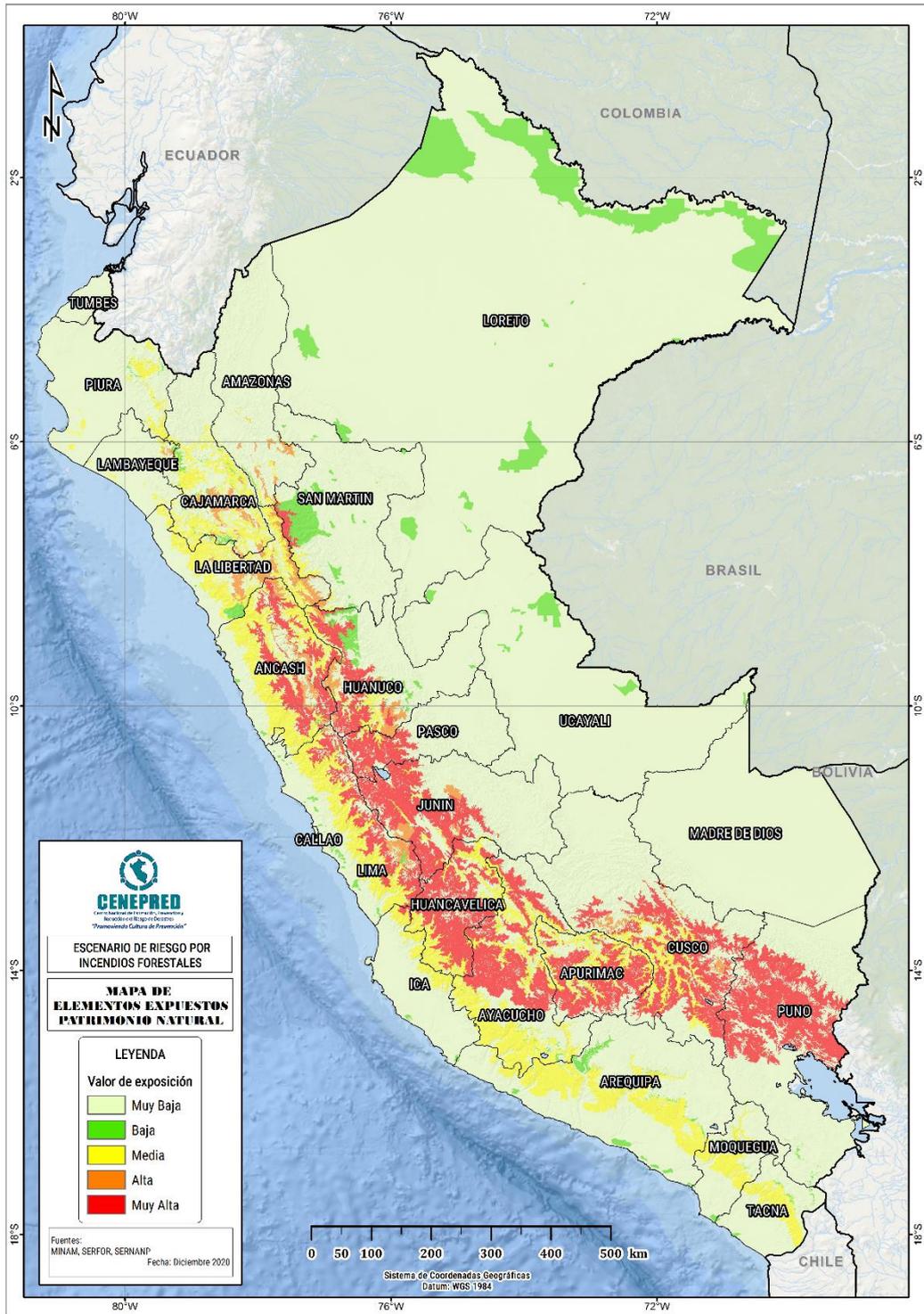
Tabla 9. *Elementos expuestos – patrimonio natural priorizado*

Elementos expuestos naturales		Peso
Ecosistemas	Pajonal de puna húmeda	5
	Jalca	4
	Humedal costero	3
	Matorral andino	3
	Bosque relictos altoandino (Queñoal y otros)	2
	Bosque relictos mesoandino	2
	Bosque relictos montañoso de vertiente occidental	2
	Ecosistemas no priorizados	1
Áreas naturales y frágiles	Ecosistemas frágiles	4
	ANP, ACR, ACP	2

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020



Figura 21. Mapa de elementos expuestos a incendios forestales – patrimonio natural



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



8.2 SOCIECONÓMICO

Por ser una escala de trabajo a nivel nacional, el análisis de afectación por incendios forestales de estos elementos, también fue realizado mediante la exposición a los niveles de riesgo hallados, de acuerdo a su ubicación geolocalizada y registrada por las entidades generadoras de esta información.

Se analizó la siguiente la información:

- Población
- Vivienda
- Predios rurales
- Infraestructura: Instituciones educativas, establecimientos de salud, estaciones hidroeléctricas y vías (red nacional y red departamental)

9 ESCENARIO DE RIESGO

El mapa final de escenario de riesgo se obtuvo de la superposición de las capas de susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales y de los elementos de expuestos (patrimonio natural). 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 afectados ante la ocurrencia de este evento.

De acuerdo con los resultados del escenario de riesgo, las áreas de mayor riesgo (niveles alto y muy alto) representan el 15% del territorio nacional, distribuidas principalmente en los departamentos de Puno, Cusco Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Paco, Huánuco, Ancash, La Libertad y Cajamarca (Figura 22). También se presenta las áreas que ocupan todos los niveles de riesgo a incendios forestales en el ámbito nacional (Tabla 10)

Tabla 10. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en el Perú

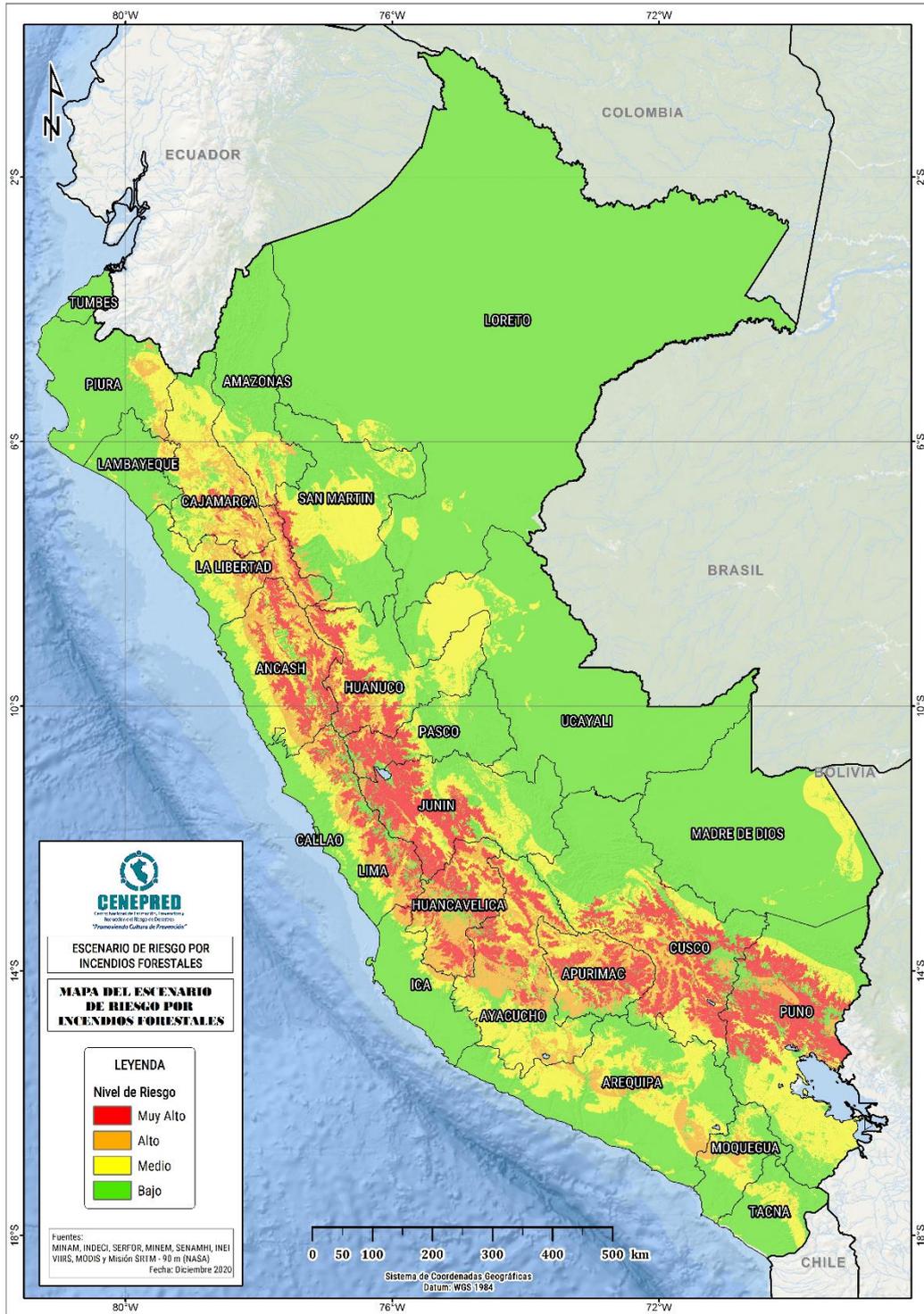
Nivel	Área aprox. (km ²)	Porcentaje (%)
Muy alto	110,706.17	8.6
Alto	82,559.24	6.4
Medio	216,396.31	16.8
Bajo	875,553.88	68.1
Total	1,285,215.60	100

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

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 11 y 12.



Figura 22. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



Tabla 11. Elementos expuestos en el nivel de riesgo muy alto por incendios forestales

NIVEL DE RIESGO		MUY ALTO															
DEPARTAMENTOS		Patrimonio cultural			Patrimonio natural-Ecosistemas (ha)						Socioeconómico						
		Zona Arqueológica Monumental	Paisaje Cultural	Sitio Arqueológico	Bosque relicto altoandino	Bosque relicto mesoandino	Bosque relicto montano de vertiente occidental	Jalca	Matorral andino	Pajonal de puna húmeda	Población y vivienda			Predios rurales (ha)	Infraestructura		
											Centros Poblados	Población	Vivienda		Establec. de Salud	Instituciones Educativas	Carretera (km)
1	AMAZONAS	0	0	0	0	0	0	22,304.67	0	0	9	351	97	0	0	0	0
2	ANCASH	3	5	97	2,331.02	0	0	35,202.66	3,119.59	982,742.48	453	6,990	1,823	13,529.46	4	49	116.8
3	APURIMAC	0	0	25	45.64	143.97	0	0	2,891.40	742,569.85	508	19,234	6,230	12,297.08	26	177	359.5
4	AREQUIPA	0	0	0	0	0	0	0	0	3,662.53	16	316	123	0	0	4	0
5	AYACUCHO	4	2	83	124.59	49.54	0	0	2,237.36	772,367.90	500	10,012	3,532	7,504.67	13	119	256.1
6	CAJAMARCA	0	0	29	0	0	70.75	186,292.75	396.88	0	113	13,131	3,553	50,802.59	7	124	120.2
7	CUSCO	2	0	9	271.58	21.60	0	0	4,493.52	1,692,990.78	2,015	66,878	20,811	46,186.02	25	363	415.3
8	HUANCAVELICA	2	4	50	530.60	58.27	0	0	1,948.60	797,447.15	1,226	43,807	12,687	3,371.90	57	427	432.4
9	HUANUCO	1	16	54	10.04	19.78	0	220,898.14	1,235.36	611,386.49	984	21,364	6,294	2,807.78	13	174	56.9
10	ICA	0	0	4	34.29	0	0	0	122.03	27,475.19	13	395	187	0	1	1	1.5
11	JUNIN	1	4	37	13.65	0	0	0	747.99	1,372,543.52	1,069	42,649	12,578	5,698.60	76	351	352.9
12	LA LIBERTAD	0	2	20	13.41	0	3.74	265,114.89	1,017.81	0	88	9,084	2,339	51,178.78	1	36	73.5
13	LAMBAYEQUE	0	0	0	0	0	0.13	738.72	47.19	0	0	0	0	1.96	0	0	6.9
14	LIMA	0	4	41	1,254.20	0	0	0	2,273.95	725,608.89	354	6,490	1,469	1,554.37	7	19	42.6
15	PASCO	0	4	38	15.12	0	0	35.60	430.38	459,759.21	861	35,063	7,806	1,900.55	62	212	45.9
16	PUNO	3	6	118	485.33	0	0	0	0	1,950,378.53	2,663	108,597	40,092	83,482.07	69	712	492.2
17	SAN MARTIN	0	2	1	0	0	0	102,779.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totales		16	49	606	5,129.49	293.16	74.63	833,367.39	20,962.04	10,138,932.53	10,872	384,361	119,621	280,315.82	361	2,768	2,772.70

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINCUL, INEI, MINSA, MINEDU, MIDAGRI, MINEM, MTC. 2020



Tabla 12. Elementos expuestos en el nivel de riesgo alto por incendios forestales

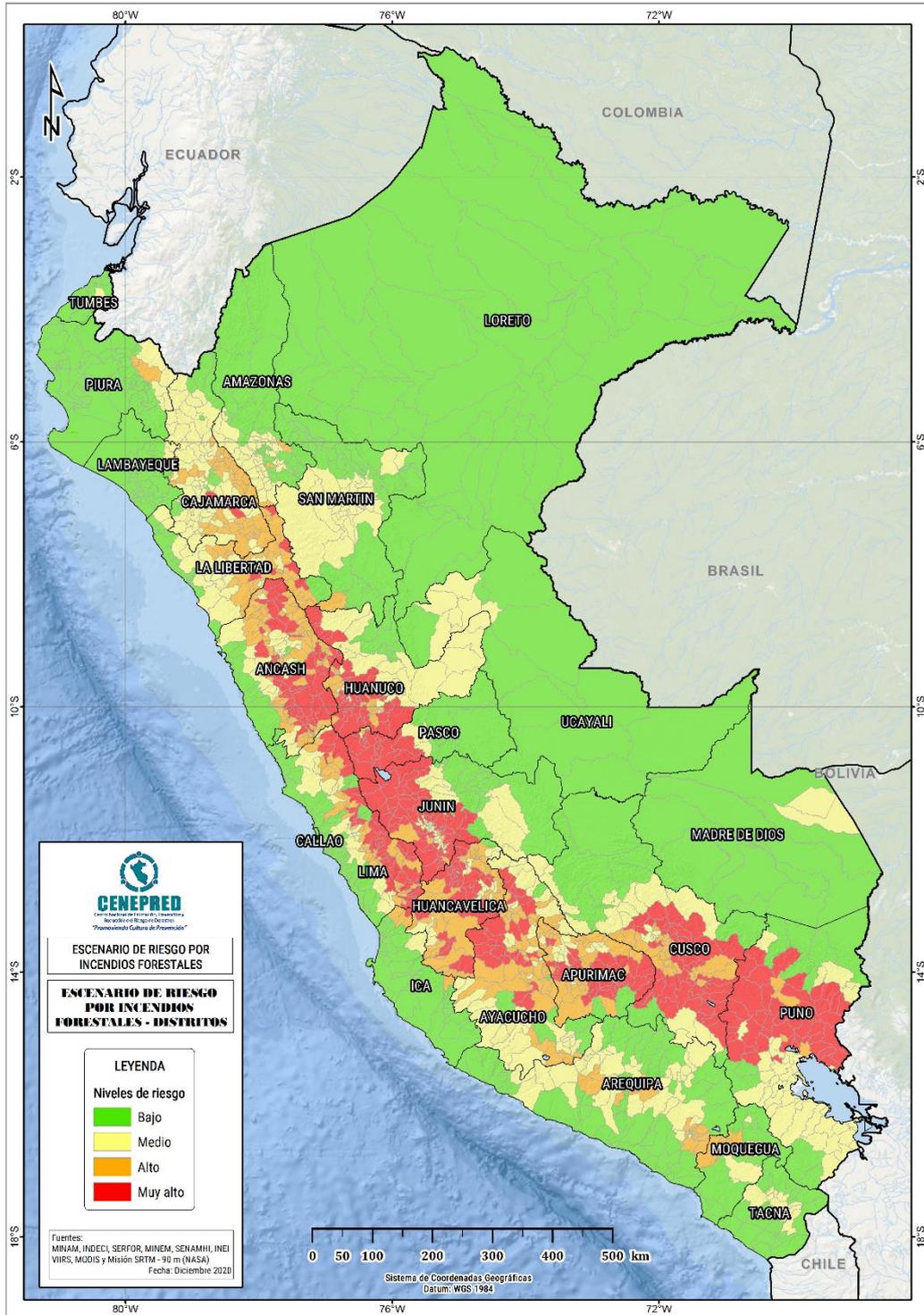
NIVEL DE RIESGO		ALTO															
		Patrimonio cultural			Patrimonio natural-Ecosistemas (ha)							Socioeconómico					
		Zona Arqueológica Monumental	Paisaje Cultural	Sitio Arqueológico	Bosque relicto altoandino	Bosque relicto mesoandino	Bosque relicto montano de vertiente occidental	Jalca	Matorral andino	Pajonal de puna húmeda	Población y vivienda			Predios rurales (ha)	Infraestructura		
											Centros Poblados	Población	Vivienda		Establec. de Salud	Instituciones Educativas	Carretera (km)
1	AMAZONAS	0	1	0	0	0	104,684.81	26,444.73	0	76	2,675	777	4,308.11	5	11	183.7	
2	ANCASH	12	4	187	2,485.64	0	4,109.63	785,142.72	44,259.67	1,085	42,671	12,816	51,888.89	49	317	1,034.0	
3	APURIMAC	0	6	58	1,642.69	934.65	0	432,081.85	235,362.91	979	32,607	10,914	48,355.71	70	372	1,227.4	
4	AREQUIPA	0	6	51	861.98	35.76	0	570,305.03	0	194	17,368	6,045	9,668.50	20	146	140.2	
5	AYACUCHO	0	7	158	522.12	386.60	0	578,111.92	544,116.49	960	37,467	12,684	43,795.70	43	359	634.4	
6	CAJAMARCA	0	15	74	0	0	1,097.62	36,161.75	673,169.97	0	1,040	115,053	34,017	210,191.88	102	924	650.2
7	CUSCO	3	0	3	2,706.98	52.93	0	0	534,500.84	92,569.07	1,609	89,673	27,810	48,917.21	46	468	723.1
8	HUANCAVELICA	0	14	98	453.46	47.13	0	0	448,255.33	407,944.59	1,509	41,221	13,244	16,043.34	72	469	528.4
9	HUANUCO	0	4	52	159.64	99.21	0	48,251.27	198,398.38	5,193.85	657	29,901	8,563	7,708.01	20	225	243.2
10	ICA	1	1	6	2.11	10.78	0	0	111,339.75	140.87	98	2,686	527	304.16	4	23	54.7
11	JUNIN	0	0	7	47.55	0	0	0	63,990.20	97,354.53	194	11,650	3,445	781.37	18	78	187.3
12	LA LIBERTAD	0	8	112	39.86	0	143.53	155,984.33	458,099.30	0	796	86,421	21,079	106,487.75	36	409	844.8
13	LAMBAYEQUE	1	2	3	0	0	251.64	13,254.56	40,864.22	0	72	8,258	2,229	1,437.05	5	39	147.8
14	LIMA	3	54	99	333.73	40.87	0	0	474,511.25	94,084.35	626	23,229	7,285	4,628.69	41	175	377.2
15	MOQUEGUA	0	6	56	519.53	0	0	0	203,371.05	0	79	2,866	1,268	1,388.84	8	33	250.0
16	PASCO	1	6	18	65.07	0	0	10.79	36,184.50	35,011.81	267	19,514	4,906	141.20	28	107	62.9
17	PIURA	0	0	2	0	0	146.72	0	189,179.89	0	244	30,267	7,517	4,305.97	19	216	271.6
18	PUNO	3	1	18	1,092.09	0	0	0	136.48	188,424.57	345	5,419	2,357	16,949.27	7	70	59.7
19	SAN MARTIN	0	0	0	0	0	127,780.06	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0
20	TACNA	0	0	0	180.57	0	0	0	13,969.55	0	5	32	15	20.37	0	1	25.9
Totales		24	135	1,002	11,113	1,608	1,640	490,237	5,838,057	1,744,463	10,836	598,980	177,499	577,322	593	4,442	7,647

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINCUL, INEI, MINSA, MINEDU, MIDAGRI, MINEM, MTC. 2020



El resultado obtenido fue generalizado al nivel distrital, para poder cuantificar los distritos prioritizados por niveles de riesgo muy alto y alto, tal como se muestra en la Figura 23.

Figura 23. Mapa de escenario de riesgo por incendios forestales por distritos



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



Las Tablas 13 y 14, muestran los distritos expuestos a riesgo muy alto y alto por departamentos

Tabla 13. *Distritos por departamentos expuestos a riesgo muy alto por incendios forestales*

NIVEL DE RIESGO MUY ALTO	
DEPARTAMENTOS	N° DE DIST.
JUNIN	59
ANCASH	54
CUSCO	51
PUNO	44
HUANCAVELICA	39
HUANUCO	39
LIMA	38
APURIMAC	36
AYACUCHO	25
PASCO	19
LA LIBERTAD	7
CAJAMARCA	3
ICA	1
TOTAL	415

Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

Tabla 14. *Distritos por departamentos expuestos a riesgo alto por incendios forestales*

NIVEL DE RIESGO ALTO	
DEPARTAMENTOS	N° DE DIST.
ANCASH	74
AYACUCHO	49
CAJAMARCA	43
HUANCAVELICA	43
LIMA	37
APURIMAC	34
CUSCO	30
LA LIBERTAD	28
AREQUIPA	22
HUANUCO	12
JUNIN	8
MOQUEGUA	7
AMAZONAS	4
PUNO	4
ICA	3
PIURA	2
PASCO	1
SAN MARTIN	1
TOTAL	402

Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



10 CONCLUSIONES

- En los registros históricos de incendios forestales, compilados de las diferentes fuentes de información, se ha priorizado trabajar en la temporalidad del 2003 a 2020 (18 años), por una estandarización de registros completos mensuales de todas las bases de datos generadas por las entidades oficiales.
- De acuerdo a la Figura 15, sobre el número de incendios forestales registrado por años, del periodo analizado entre (2003-2020), se muestra un aumento exponencial de ocurrencias en los tres últimos años (2018-2020). Sin embargo, aún no se ha establecido si este incremento tendría correlación con la mayor accesibilidad a nuevos recursos tecnológicos de geolocalización de estos eventos.
- De acuerdo a la base de datos de ocurrencias de incendios forestales del periodo 2003-2020, los departamentos con mayor cantidad de ocurrencia de eventos son Cusco, Apurímac, Puno, Ancash y Pasco.
- Según el mapa de susceptibilidad a incendios forestales, generado en el presente estudio, el 26.7% (343,168.7 km²) de nuestro país presenta niveles alto y muy alto.
- El resultado del escenario de riesgo por incendios forestales nos muestra que el 8.6% (110,706.17 km²) de nuestro territorio nacional está expuesto a riesgo muy alto. Así mismo el 6.4% (82,559.24 km²) está expuesto a riesgo alto.
- Respecto a las jurisdicciones distritales generalizadas en el escenario de riesgo obtenemos que 415 distritos se encuentran expuestos a riesgo muy alto siendo los departamentos con mayor cantidad: Junín (59), Ancash (54), Cusco (51) y Puno (44). De igual manera obtenemos que 402 distritos se encuentran expuestos a riesgo alto siendo los departamentos con mayor cantidad de distritos en este nivel: Ancash (74), Ayacucho (49), Cajamarca (43) y Huancavelica (43).



11 RECOMENDACIONES

- A las entidades técnicas competentes en incendios forestales, desarrollar de forma articulada, el inventario nacional de incendios forestales en una base de datos estandarizada y georreferenciada que integre los registros de las diferentes fuentes recopiladoras, considerando las características del evento 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 a nivel sectorial, para implementar medidas preventivas y correctivas del riesgo.
- 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 nacional, por tanto, se recomienda que, para trabajos a nivel regional o 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 que vienen trabajando en todos los procesos de la gestión del riesgo de desastres.
- Los resultados obtenidos corresponden al nivel de riesgo alto y muy alto; sin embargo, para mayor conocimiento de la totalidad de los distrito y elementos expuestos a este riesgo, se recomienda consultar la base de datos adjuntos al presente trabajo, los cuales consignan el nivel de riesgo identificado por cada uno de ellos (Muy alto, alto, medio, bajo).



12 BIBLIOGRAFÍA

- CENEPRED. (2018). *Caracterización del peligro por incendios forestales*.
<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/5619>
- CENEPRED. (2019). *Escenarios de riesgo por incendios forestales de la región Ancash*.
https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//8155_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales-en-el-departamento-ancash.pdf
- EDUCARM. (n.d.). Bloque: Incendios Forestales. In *Diapositivas en power point*.
<http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/tema1incendios.pdf>
- 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. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. In *Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario*.
<http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- INEI. (2018a). *Perfil sociodemográfico del Perú - Informe nacional*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/
- INEI. (2018b). Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas - Tomo I. In INEI (Ed.), *Censos económicos*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/
- Johnson, E., & Miyanishi, K. (2001). *Forest fires - Behavior and ecological effects* (Academic Press (ed.)).
- 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.
- Manta, María. (2007). Evaluación de las causas naturales y socioeconómicas de los incendios forestales en América del Sur. *Wildfire*, 1-17.
- MINAM. (2013). *Informe Nacional del Estado del ambiente 2012 - 2013*.
- MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva*. (MINAM (ed.); Primera).
- MINAM. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas - Memoria Descriptiva* (p. 119). www.minam.gob.pe
- MINAM. (2020). *Propuesta del Plan sectorial de Prevención y Reducción del Riesgo ante Incendios Forestales*.
- MINEM. (2016). *Atlas eólico del Perú*.
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/publicaciones/Atlas_Eolico_Final.pdf
- 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_-

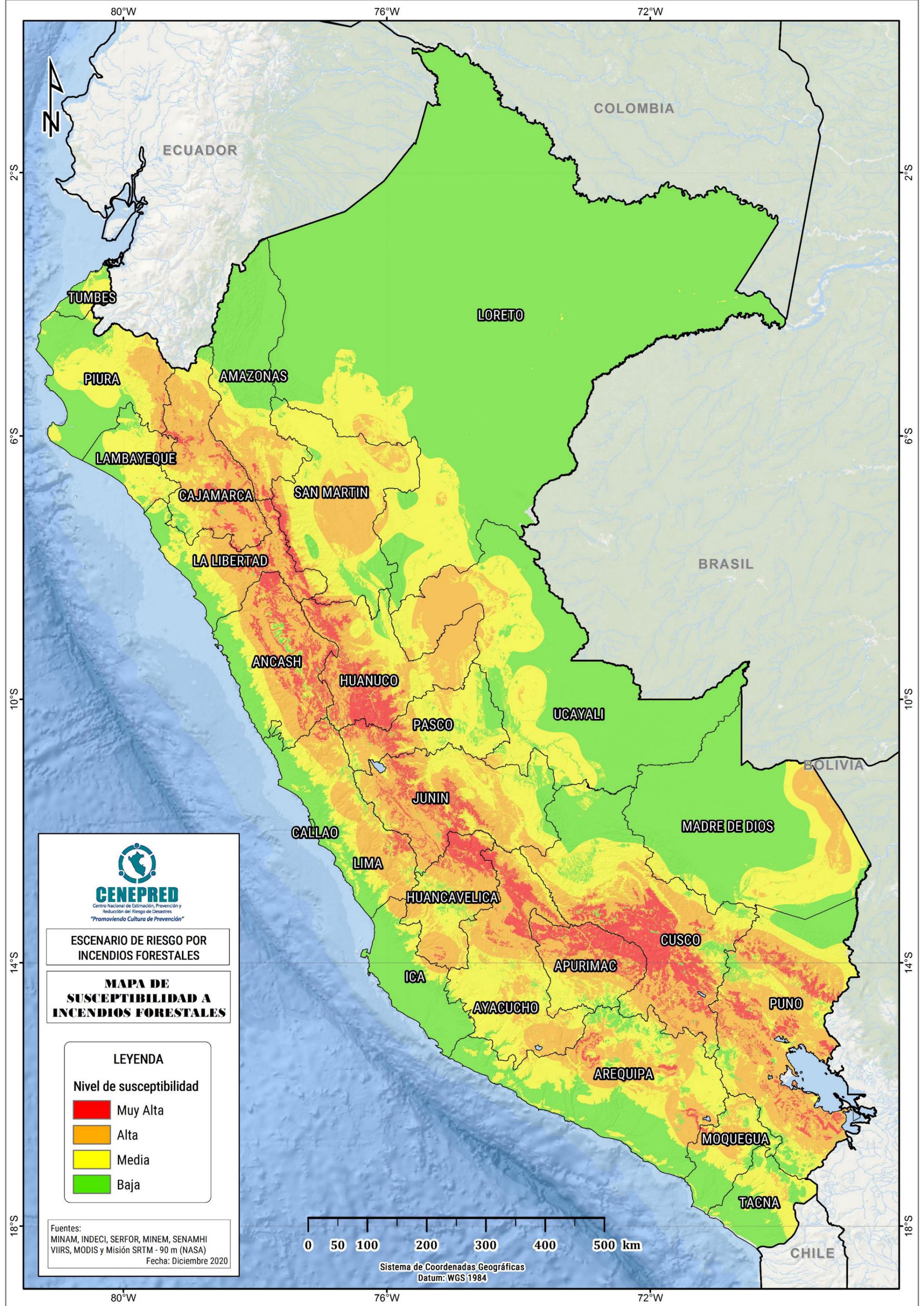


_manual_de_combate_de_incendios_forestales_y_ma.pdf

- Omi, P. (2005). Forest fires : a reference handbook. In ABC-CLIO Inc (Ed.), *Contemporary World Issues*.
- Ley N° 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación, del 21 de julio del 2004, 22 (2004).
- Reglamento de Intervenciones Arqueológicas, del 3 de octubre del 2014, 2 (2014).
- 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. (2003). *Atlas de energía solar del Perú* (SENAMHI (ed.)).
- 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.



13 ANEXO DE MAPAS



CENEPRED

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

"Promoviendo Cultura de Prevención"

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA

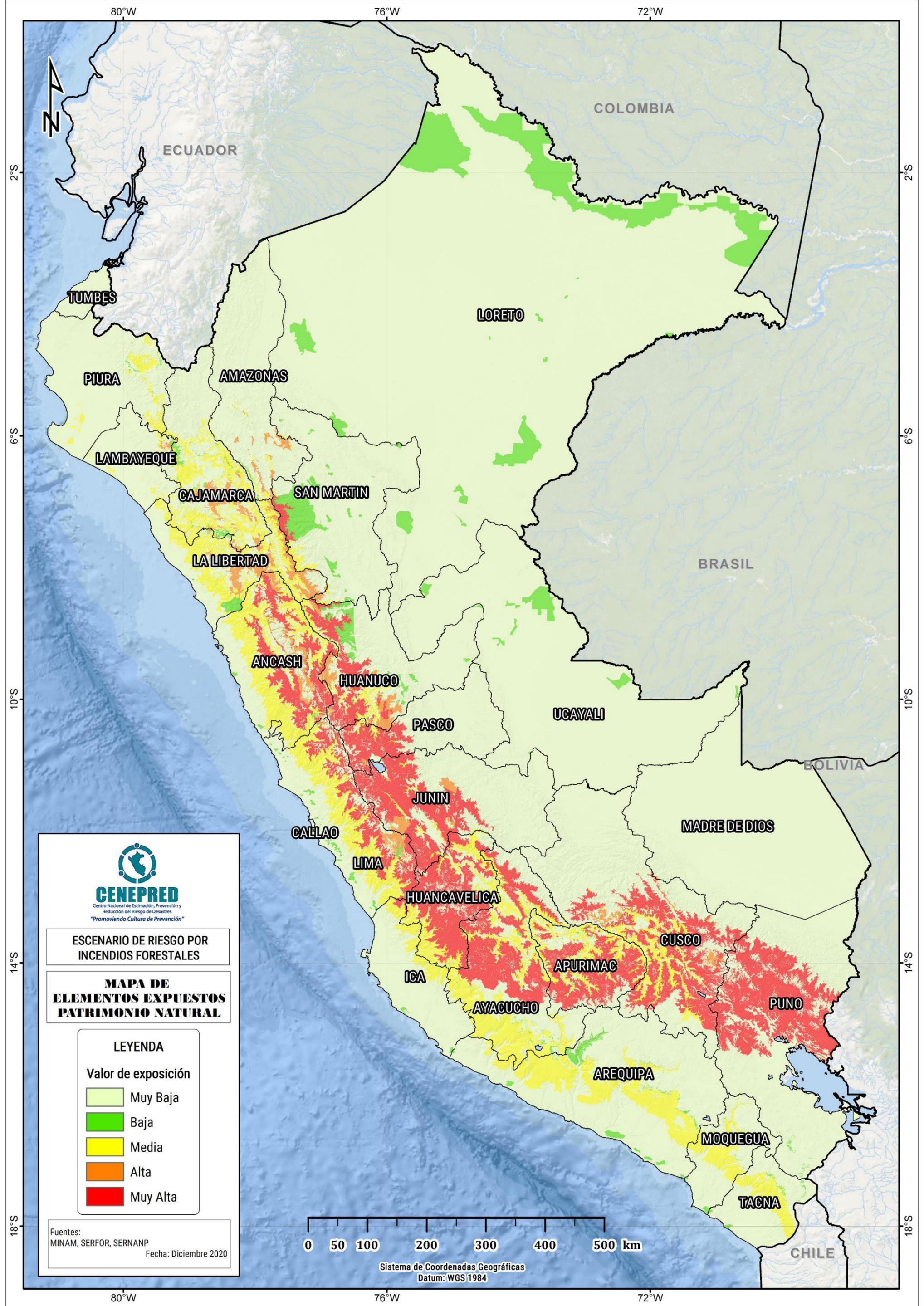
Nivel de susceptibilidad

- Muy Alta
- Alta
- Media
- Baja

Fuentes:
 MINAM, INDECI, SERFOR, MINEM, SENAMHI
 VIIRS, MODIS y Misión SRTM - 90 m (NASA)
 Fecha: Diciembre 2020



Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum: WGS 1984



CENEPRED

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

"Promoviendo Cultura de Prevención"

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS PATRIMONIO NATURAL

LEYENDA

Valor de exposición

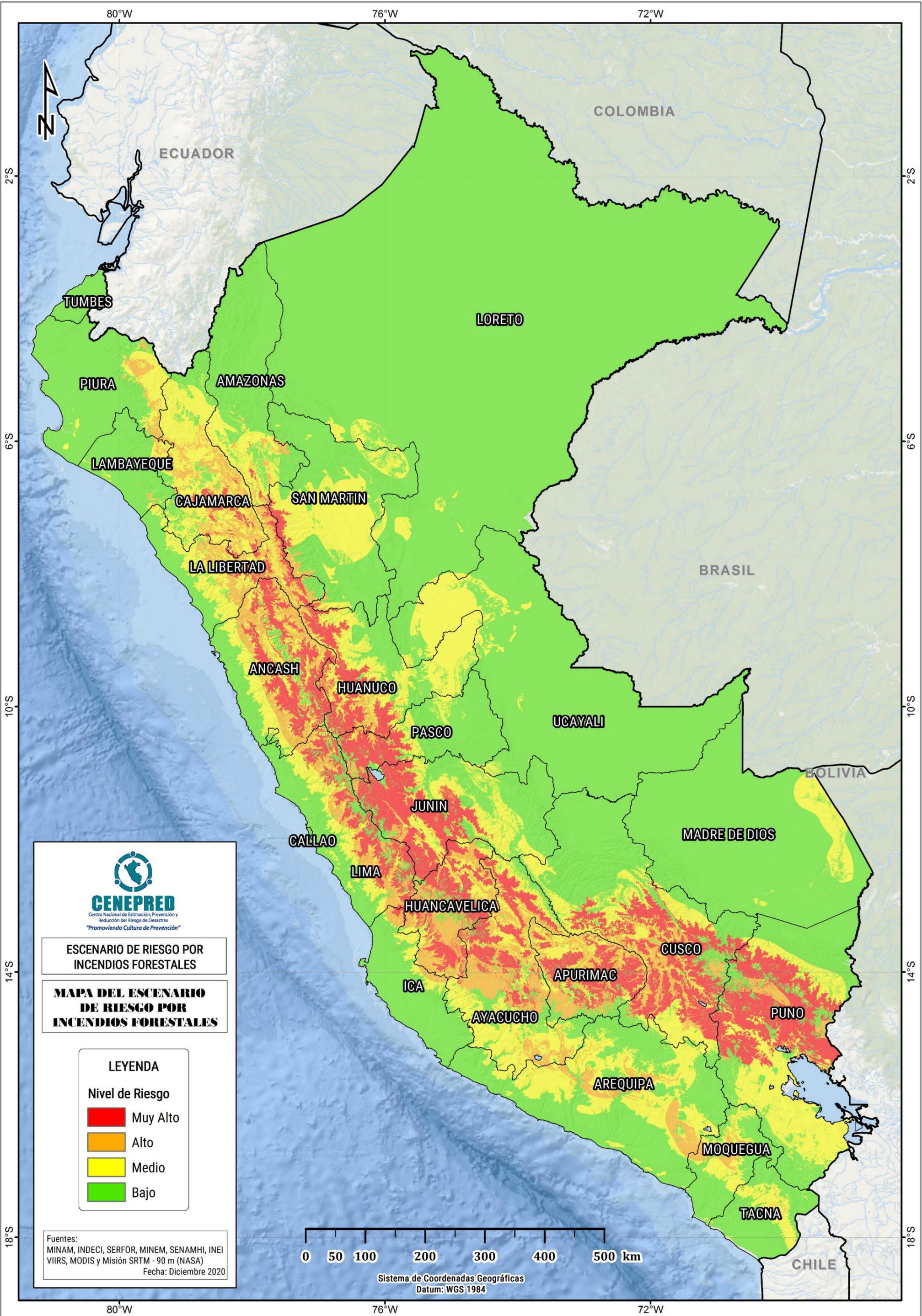
- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

Fuentes: MINAM, SERFOR, SERNANP

Fecha: Diciembre 2020



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 1984



CENEPRED

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

"Promoviendo Cultura de Prevención"

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

MAPA DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA

Nivel de Riesgo

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo

Fuentes:
 MINAM, INDECI, SERFOR, MINEM, SENAMHI, INEI
 VIIRS, MODIS y Misión SRTM - 90 m (NASA)
 Fecha: Diciembre 2020



Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum: WGS 1984



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

www.cenepred.gob.pe

 CENEPRED

 @CENEPRED

 CENEPRED

 CENEPRED PERU

 CENEPRED PERU