



INCENDIOS FORESTALES

1



CENEPRED

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

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DE LA REGIÓN APURÍMAC

Julio 2022



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DE LA REGIÓN APURÍMAC.

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. Chrisna Karina Obregón Acevedo
Especialistas de la Subdirección de Gestión de la Información

Ing. William Mendoza Huamán
Coordinador de Enlace Regional CENEPRED: Cusco, Apurímac, Madre de Dios y Puno

Rodolfo Daniel Gil Anticona
Ingeniero Geógrafo
Consultor

Equipo Técnico del Gobierno Regional de Apurímac:

Ing. Julio Dueñas Duran
Director Regional de Defensa Nacional y Defensa Civil



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.....	8
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.....	14
7.1.2	Factores condicionantes climáticos	15
A)	Clima	16
B)	Vientos.....	17
C)	Irradiación solar.....	18
7.1.3	Modelamiento de los factores condicionantes	20
7.2	FACTOR DESENCADENANTE.....	22
7.2.1	Densidad de incendios forestales	23
A)	Registros históricos de ocurrencia de incendios forestales.....	23
B)	Focos de calor	24
C)	Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)	26
7.2.2	Modelamiento del factor desencadenante	26
7.3	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES	28
8	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	30
8.1	PATRIMONIALES.....	30
8.1.1	Patrimonio cultural	30
8.1.2	Patrimonio natural	31
8.1.3	Priorización del elemento expuesto	31
8.2	SOCIECONÓMICO	39
9	ESCENARIO DE RIESGO	39
10	CONCLUSIONES.....	44
11	RECOMENDACIONES.....	45
12	BIBLIOGRAFÍA.....	46
13	ANEXO DE MAPAS	48



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población del departamento de Apurímac.....	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	18
Tabla 7. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente.....	19
Tabla 8. Matriz de factores condicionantes	20
Tabla 9. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en la región Apurímac.	28
Tabla 10. Priorización del elemento expuesto según el tipo de ecosistema	32
Tabla 11. Priorización del elemento expuesto según estrategia de conservación.....	34
Tabla 12. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en la región Apurímac.....	40
Tabla 13. Elementos expuestos en el nivel de riesgo muy alto por incendios forestales	43
Tabla 14. Elementos expuestos en el nivel de riesgo alto por incendios forestales	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de Apurímac	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.....	14
Figura 10. Mapa de pendientes.....	15
Figura 11. Mapa de condiciones climáticas favorables.....	16
Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos.....	18
Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente	19
Figura 14. Mapa de factores condicionantes para incendios forestales.....	21
Figura 15. Incendios registrados por año en la región Apurímac	22
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en la región Apurímac.....	23
Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por provincia	23
Figura 18. Mapa de registros históricos de ocurrencia de incendios forestales.....	24
Figura 19. Mapa de focos de calor históricos de incendios forestales.....	25
Figura 20. Mapa de superficies afectadas por incendios forestales (cicatrices)	26
Figura 21. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2021)....	27
Figura 22. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales de la región Apurímac.	29
Figura 23. Elementos expuestos a incendios forestales.....	30
Figura 24. Priorización del elemento expuesto según el criterio de tipo de ecosistema	33
Figura 25. Priorización del elemento expuesto según el criterio de estrategia de conservación	35
Figura 26. Buffer generado para aplicar el criterio de priorización según influencia antrópica	36
Figura 27. Diagrama de flujo para la asignación de pesos a partir del cruce de los tres criterios.	36
Figura 28. Mapa de priorización del elemento expuesto ante la ocurrencia de incendios forestales ..	37
Figura 29. Mapa de elementos socioeconómicos, como parte de los elementos expuestos	39
Figura 30. Superficie en riesgo muy alto, por provincias	40
Figura 31. Superficie en riesgo alto, por provincias	41
Figura 32. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales en la región Apurímac.....	42



1 INTRODUCCIÓN

En la región de Apurímac 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 quemas 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, el deterioro del patrimonio cultural, y la contaminación de las aguas y del aire.

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, ha elaborado el presente trabajo, cuyo objetivo principal es desarrollar el escenario de riesgo por incendios forestales de la Región Apurímac.

El desarrollo de este estudio contó con la colaboración del Gobierno Regional de Apurímac, quien validó la información utilizada en las diferentes etapas del desarrollo metodológico del escenario de riesgo, así como los resultados del estudio.

El presente documento detalla de manera clara y sencilla la construcción del escenario de riesgo por incendios forestales, en el ámbito de la región Apurímac, con la finalidad de contar con una herramienta técnica de apoyo para la toma de decisiones 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.



3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el escenario de riesgo por incendios forestales de la región Apurímac.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

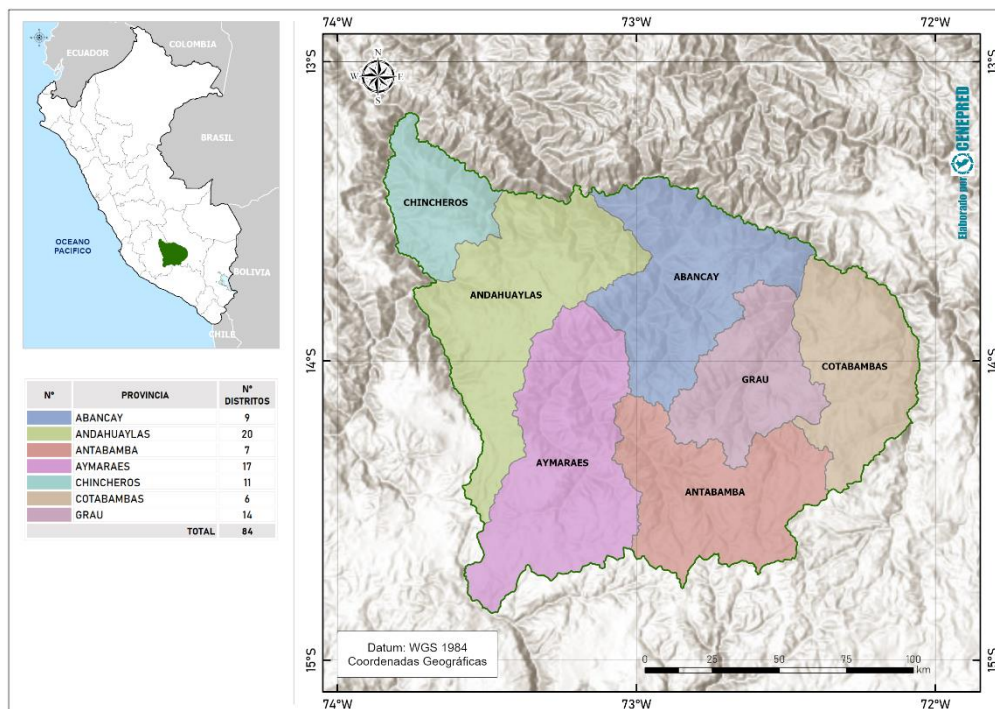
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a incendios forestales.
- Elaborar el mapa de los elementos expuestos a incendios forestales.
- Cuantificar los elementos expuestos en todos los niveles de riesgo de incendios forestales.

4 ASPECTOS GENERALES

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El departamento de Apurímac está situado ubicado en la región suroriental del territorio peruano, tiene como capital a la ciudad de Abancay. Sus límites son por el norte con los departamentos de Ayacucho y Cusco; por el este con el Departamento de Cusco; por el sur con los departamentos de Arequipa y Ayacucho y por el oeste con el departamento de Ayacucho. Su altitud va desde los 1,287 msnm (Cerro Cuchilla Esmeralda, distrito Ongoy – provincia de Chincheros) hasta los 5,430 msnm (Cerro Huaytane, distrito Oropesa-provincia de Antabamba). (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de Apurímac



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



4.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS

En el departamento de Apurímac, según el estudio de caracterización climática regional (PACC/SENAMHI, 2010), existen hasta cinco tipos de climas. Los valles formados por los ríos Chumbao, Pachachaca y Vilcabamba, presentan clima semiseco, templado con deficiencias de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificado como húmeda (C(o,i)B'2H3) seguido de un clima más frío y seco hacia mayor altitud sobre la zona central este de la región (C(o,i)C'H2). Sobre los 2,800 msnm al noroeste de la región se observa un clima desde lluvioso, frío con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, húmedo (B(o,i)C'H3) variando hacia el sur a un clima lluvioso a semifrío o con humedad relativa calificada como húmeda (B(o,i)D'H3), predominando este tipo de clima en el sector sur de la región Apurímac. El extremo suroeste de la región se presenta una pequeña zona con clima similar pero con periodos secos más prolongados (C(o,i,p)C'H2). El relieve de la Región es predominantemente de cadena montañosa abrupta. Según la ZEE de la Región Apurímac, el relieve presenta tres regiones, la zona alto andina, la zona mezo andina y la zona baja. Esto caracteriza un territorio de serranía agreste, con un sistema hídrico erosivo profundo y con presencia de alturas contrastantes que varían fuertemente en un territorio relativamente pequeño, desde unos 1000 msnm en su punto más bajo en el cañón del río Apurímac, confluencia con el río Pampas en el sector de Pasaje distrito de Pacobamba - Andahuaylas; hasta los 5450 msnm en su punto más alto en los Nevados de Chichas en los sectores de Chichas y Colepata, distrito de Oropesa - Antabamba. (Gobierno Regional de Apurímac - Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, 2014)

4.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Según el INEI 2017, el departamento de Apurímac tiene una población total 405 759 habitantes, donde 200 801 (49,5%) son hombres y 204 958 mujeres (50,5%); además, el 45,8% de la población (185 964 habitantes) pertenece al área urbana y el 54,2% (219 795 habitantes) corresponde al área rural.

Tabla 1. Población del departamento de Apurímac.

Ámbito	Población
Urbano	185 964
Rural	219 795
Total	405 759

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información de INEI 2018

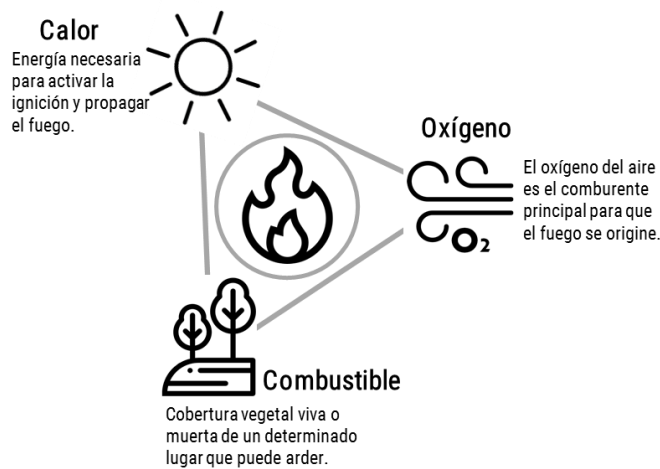
En el departamento de Apurímac, según los resultados del censo 2017, existen 181 374 viviendas particulares. De este total, el mayor porcentaje se registra en las casas independientes con 92,9% (168,495) seguido de las viviendas en casa de vecindad con 3,0% (5,441) y choza o cabaña con 2,6% (4,739); mientras que las viviendas que comprenden departamentos en edificio, viviendas en quinta, viviendas improvisadas y locales no destinados para habitación humana, representan en conjunto el 1,5%. (INEI, 2018)



5 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. (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2017) (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, 2016)

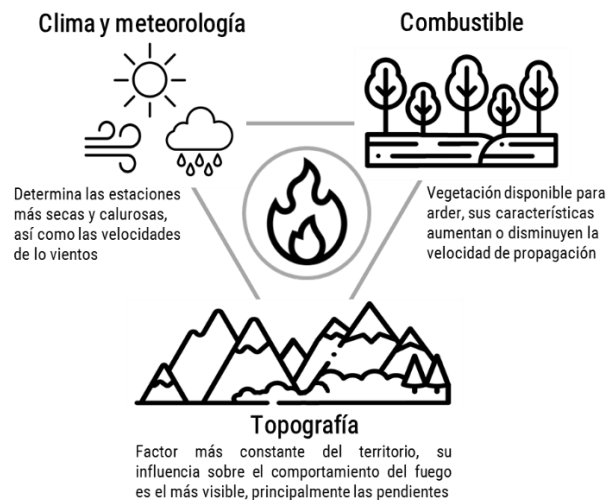
Figura 2. Triángulo del fuego para incendios forestales



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

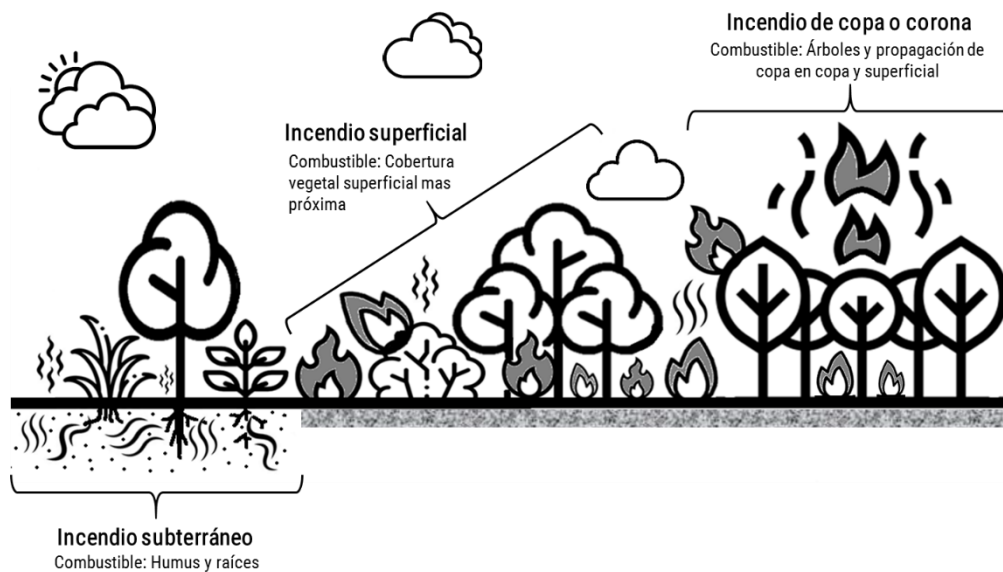


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



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 Ruiz, 2006) (Figura 4).

Figura 4. Tipología de los incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

6 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



7 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 – 2022)
- Ministerio del Ambiente (MINAM):
 - Registro histórico de incendios forestales (2003 - 2021),
 - Mapa Nacional de Ecosistemas (2019),
 - Pérdida de bosque 2001 – 2020
 - Mapa de cobertura vegetal (2016)
- 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)

8 ELABORACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO

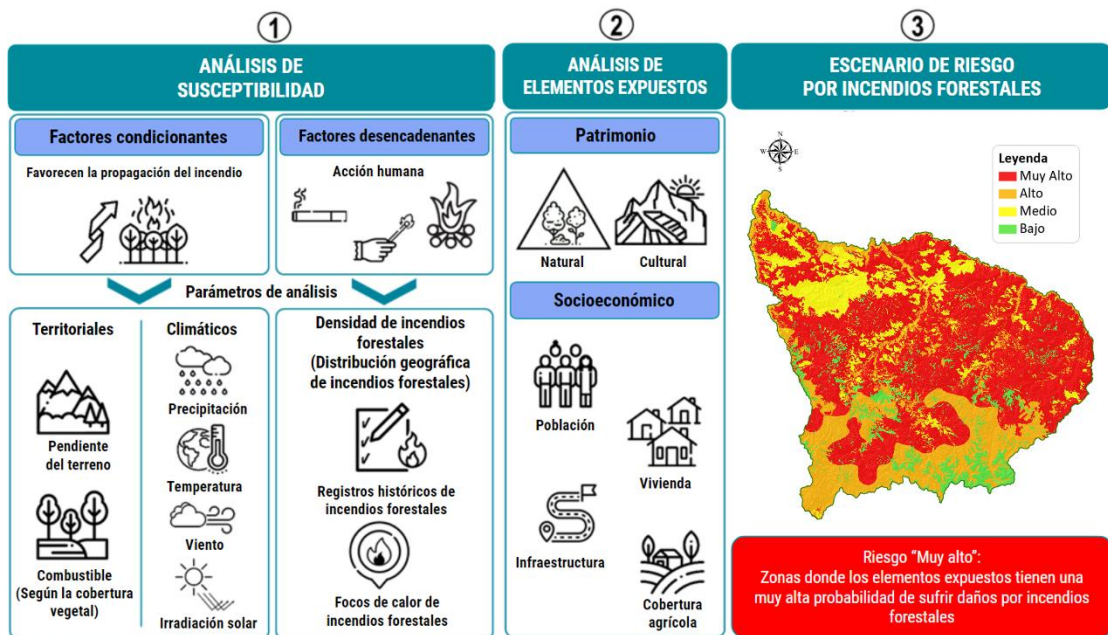
El modelo generado para obtener el escenario de riesgo por incendios forestales de la región Apurímac, se encuentra representado en la Figura 6.



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



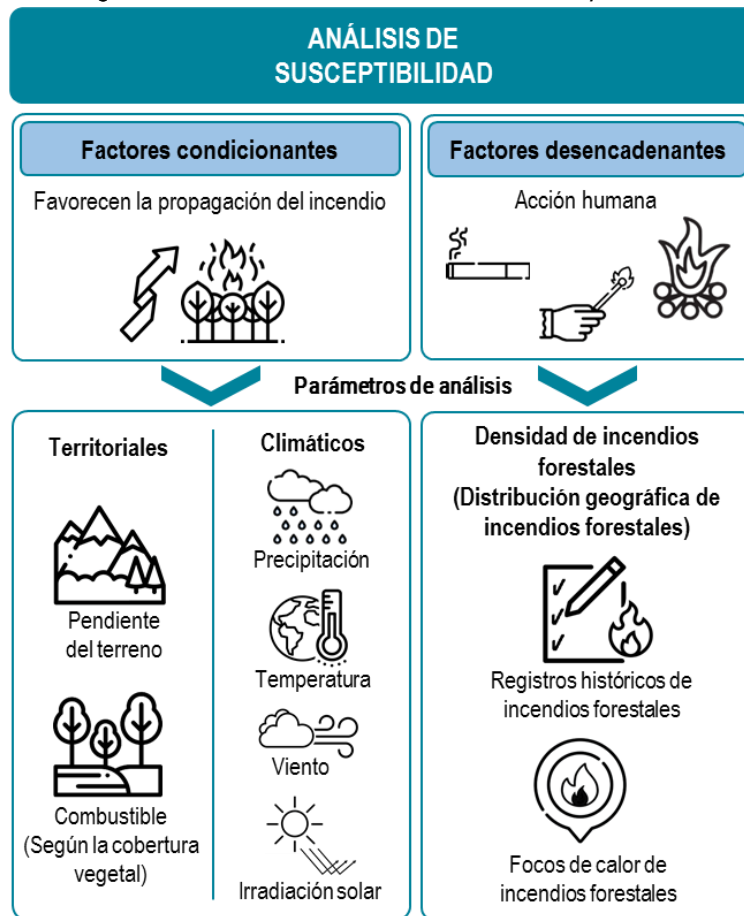
Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

8.1 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Este análisis permitirá conocer la predisposición del territorio del departamento de Apurímac 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

8.1.1 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. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2011); (Ministerio del Ambiente - Gobierno de la República de Panamá, 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 (2011) (Tabla 2). Para ello se utilizó como insumo el mapa de cobertura vegetal de la Zonificación Ecológica Económica de la Región Apurímac (MINAM 2016)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 (MINAM)	Combustible predominante
1	Área altoandina con escasa y sin vegetación	No combustibles
2	Área urbana	No combustibles
3	Bofedal	No combustibles
4	Centro minero	No combustible
5	Glaciar	No combustibles
6	Lagunas, lagos y cochas	No combustibles
7	Río	No combustibles
8	Bosque relicto altoandino	Arboles
9	Bosque relicto mesoandino	Arboles
10	Bosque relicto mesoandino de coníferas	Arboles
11	Bosque xérico interandino	Arboles
12	Plantación Forestal	Arboles
13	Agricultura costera y andina	Arbustos/pastos/hierbas
14	Matorral arbustivo	Arbusto
15	Pajonal andino	Pastos/hierbas

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

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

Tabla 3. *Ponderación de los tipos de combustibles*

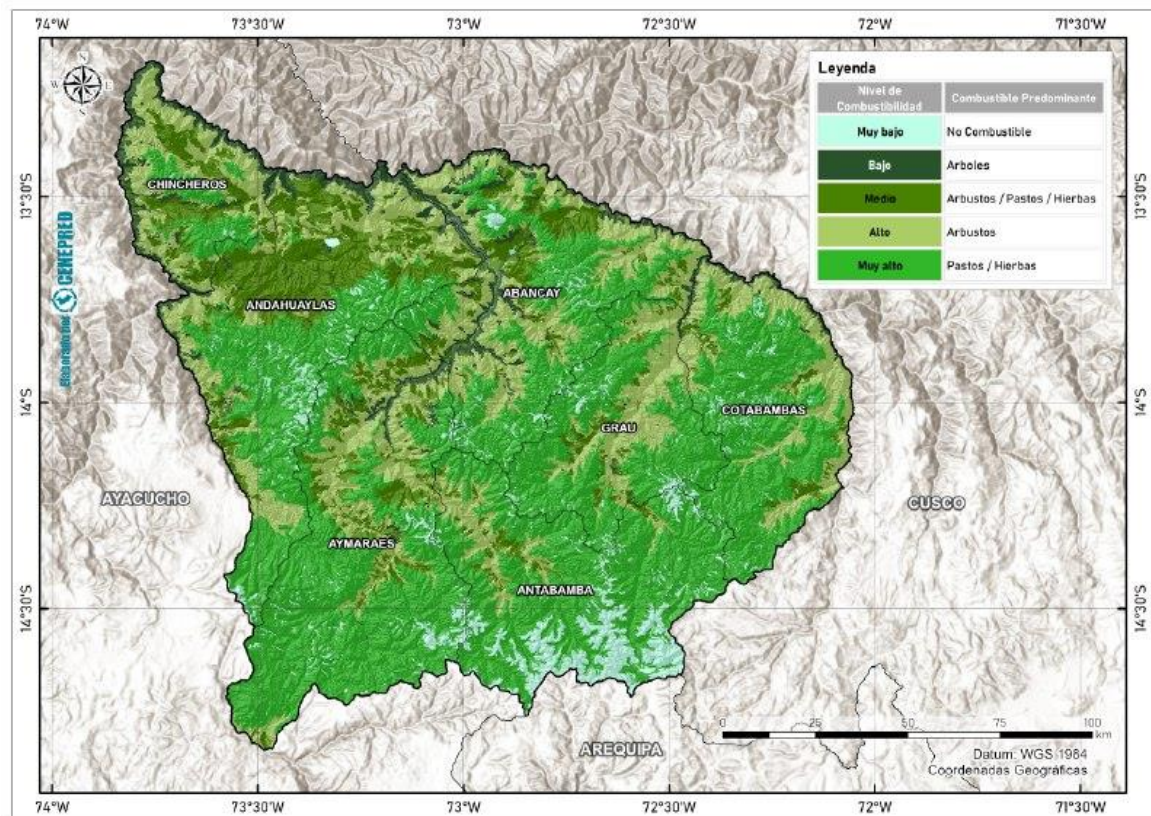
Combustible predominante	Nivel de combustibilidad	Peso asignado
No combustible	Muy bajo	1
Árboles	Bajo	2
Arbustos/Pastos/Hierbas	Bajo	3
Arbustos	Bajo	4
Pastos / Hierbas	Bajo	5

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

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



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

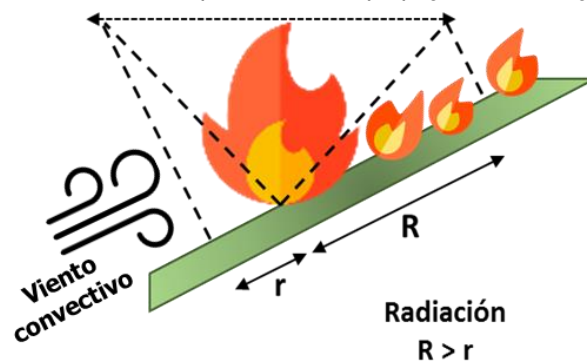


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

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



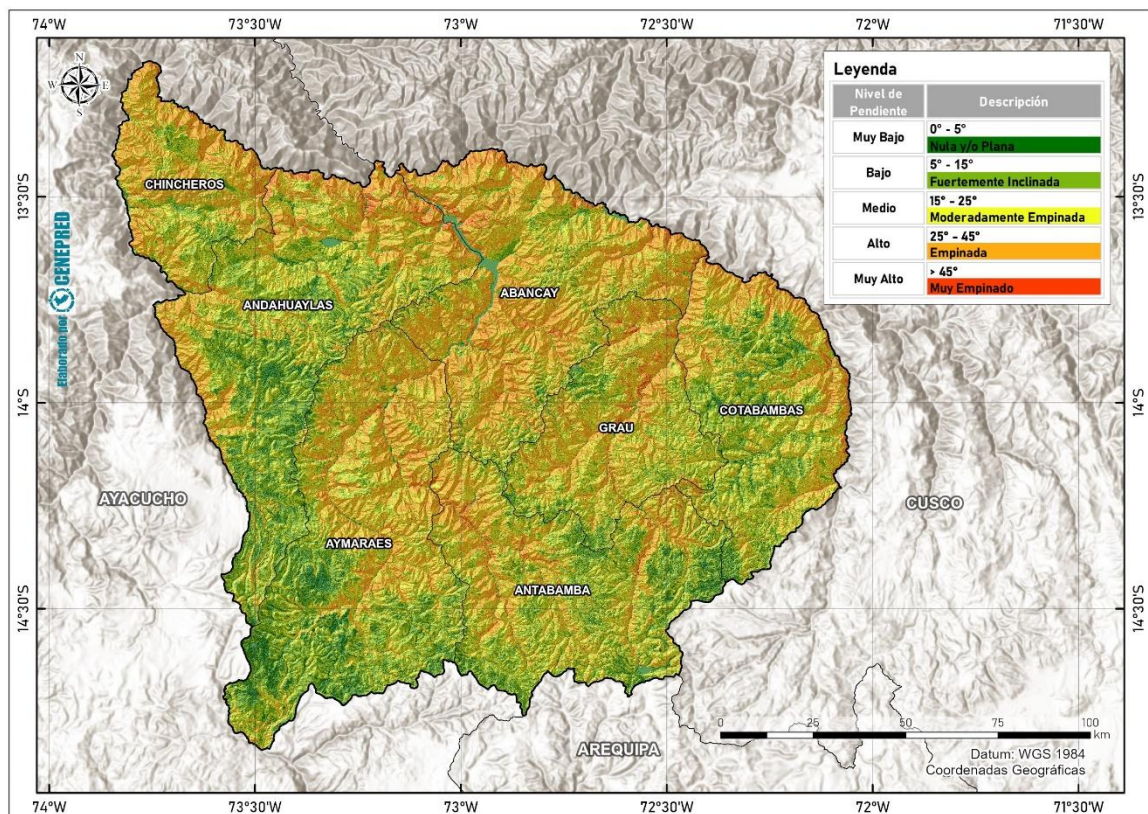
Para la elaboración del mapa de pendientes de la región Apurímac (Figura 10), se empleó como base, el modelo digital de elevación (30 metros de resolución) obtenido del proyecto ASTER Global DEM de la colección Terra ASTER de la Japan Space System. Por otro lado, los rangos de las pendientes se adaptaron de la propuesta del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), para de esta manera 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 INGENMET. 2020

Figura 10. Mapa de pendientes



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

8.1.2 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).

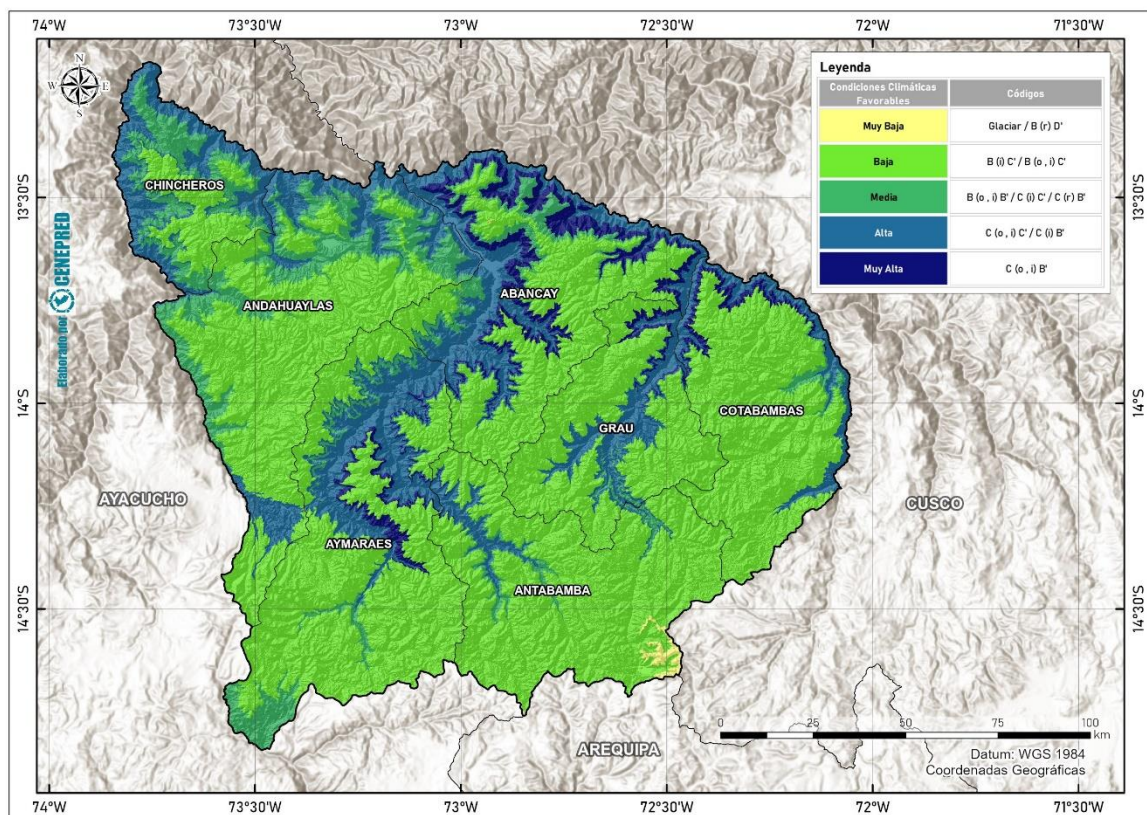
A) Clima

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, eficiencia térmica, concentración estacional de humedad, estas variables fueron categorizadas de acuerdo con lo requerido para el modelo de precipitación y temperatura.

Este modelo climático nacional se usó para el territorio de la región Apurímac. 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.

Figura 11. Mapa de condiciones climáticas favorables



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



Tabla 5. Ponderación de variables climáticas (Thornthwaite)

Código de clima	Precipitación efectiva	Concentración estacional de Humedad	Eficiencia Térmica	Peso
Glaciar	Glaciar	Glaciar	Glaciar	1
B (r) D'	Lluvioso	Humedad abundante todas las estaciones del año	Semifrígido	1
B (i) C'	Lluvioso	Invierno seco	Frío	2
B (o , i) C'	Lluvioso	Otoño e invierno secos	Frío	2
B (o , i) B'	Lluvioso	Otoño e invierno secos	Templado	3
C (i) C'	Semiseco	Invierno seco	Frío	3
C (r) B'	Semiseco	Humedad abundante todas las estaciones del año	Templado	3
C (o , i) C'	Semiseco	Otoño e invierno secos	Frío	4
C (i) B'	Semiseco	Invierno seco	Templado	4
C (o , i) B'	Semiseco	Otoño e invierno secos	Templado	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED con datos de 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, Ivandic, & Besold, 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 Apurímac 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).

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> "

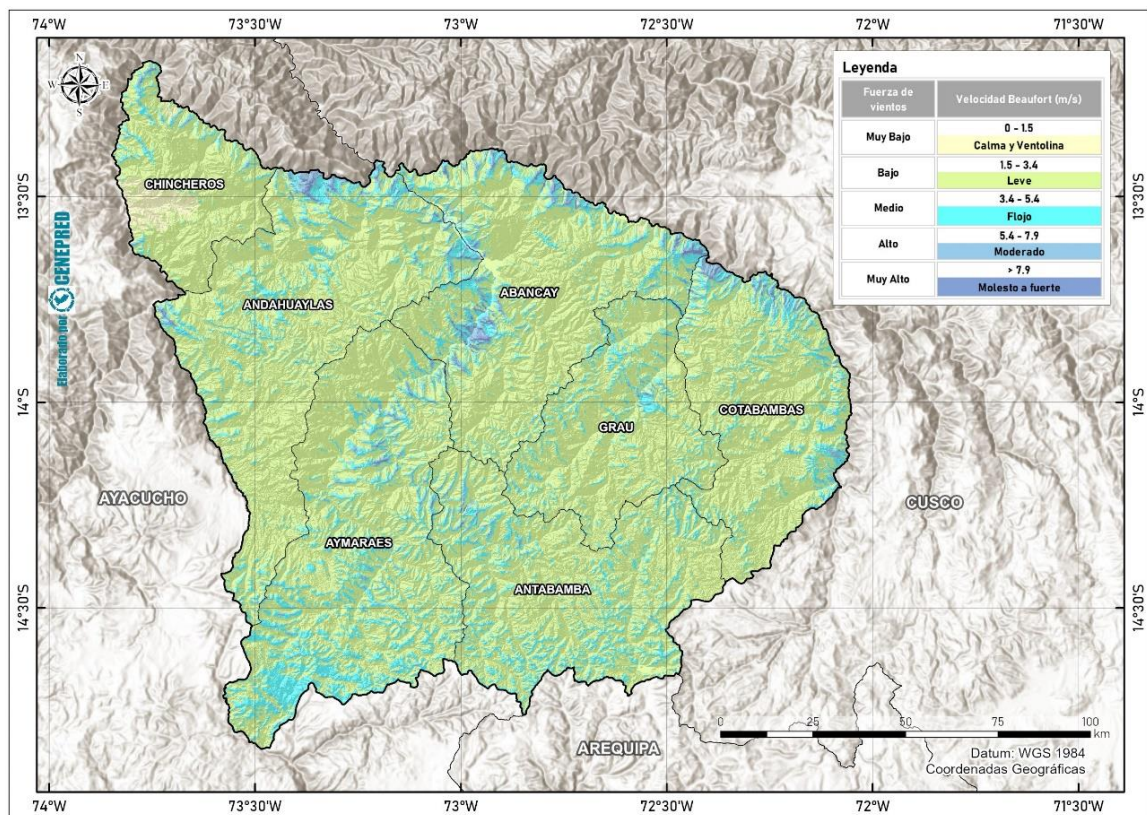


Tabla 6. Fuerza del viento y efectos en tierra según Beaufort

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

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 López, 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, s.f.)



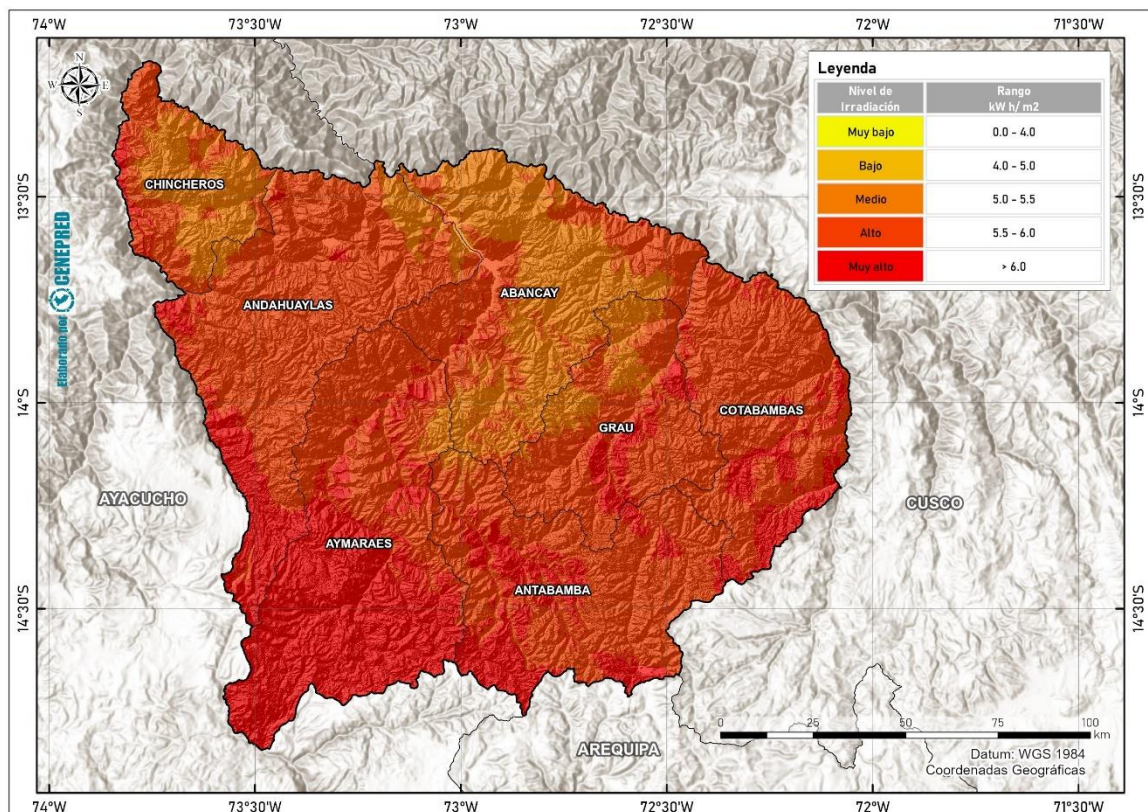
Durante el año, las zonas de mayor incidencia e irradiación de energía solar del territorio de Apurímac se encuentran principalmente en el sector suroeste, donde se dispone más de 6.0 kW h/m² de energía solar irradiada, mientras que las zonas de altos valores de irradiación solar predominan en casi la totalidad del departamento de Apurímac (Valores de 5.5 a 6.0 kW h/m²). Asimismo, existen valores medios (Valores de 5.0 a 5.5 kW h/m²) en la zona central y noroeste del departamento de Apurímac. 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

Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente



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

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>



8.1.3 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 validados por el equipo técnico de especialistas del Gobierno Regional de Apurímac encargado de esta actividad, con base en su experiencia y conocimiento del territorio.

Tabla 8. *Matriz de factores condicionantes*

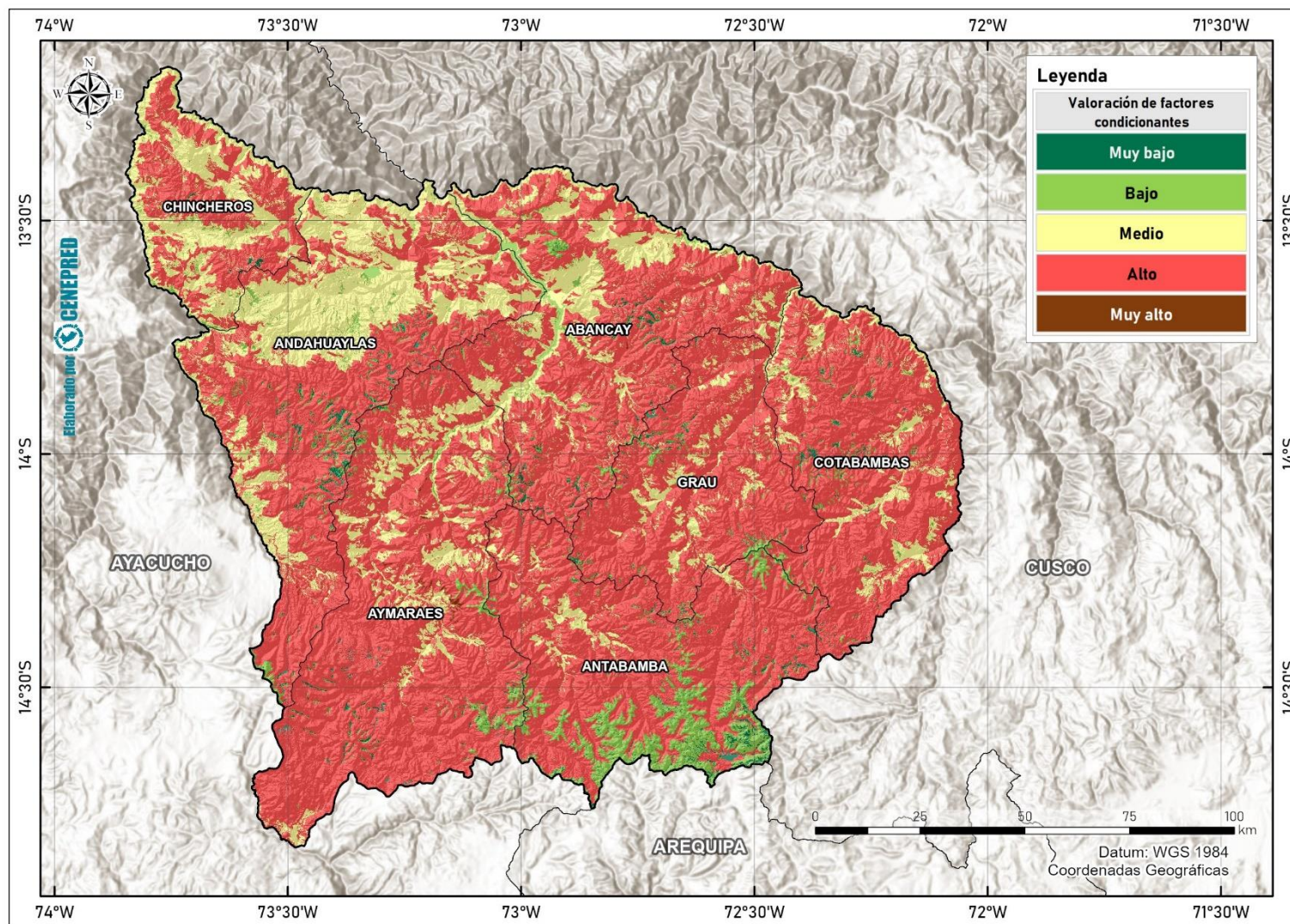
Parámetros de análisis		Peso asignado
F. C. Territoriales	Combustible	0.55
	Pendiente	0.20
F. C. Climáticos	Climas (Thornthwaite)	0.15
	Vientos	0.05
	Irradiación solar	0.05

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



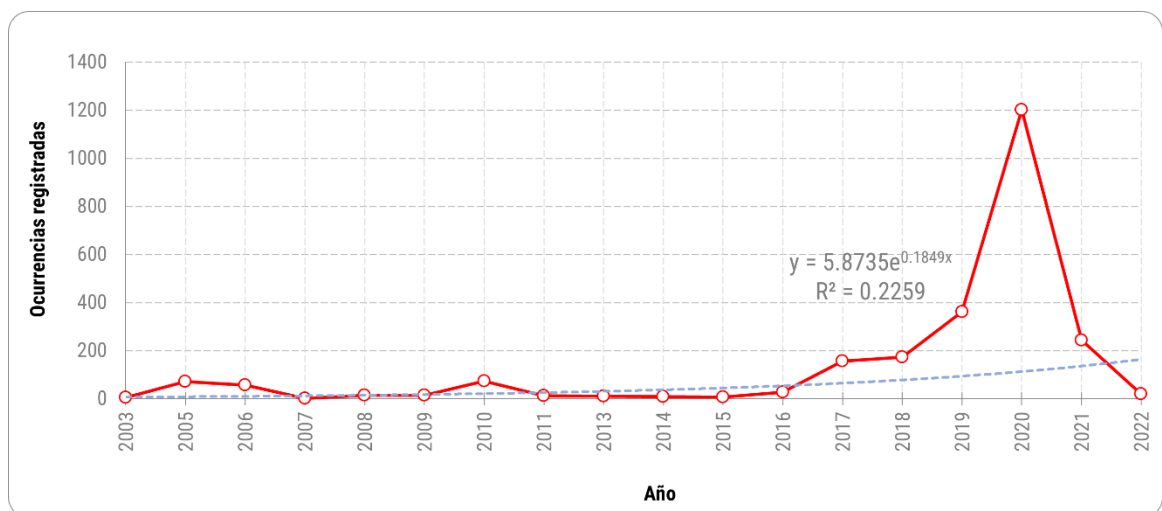
8.2 FACTOR DESENCADENANTE

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (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, el 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 (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, 2016)⁴.

Para la región Apurímac, la información estadística correspondiente a los registros históricos de emergencias de incendios forestales (SERFOR 2020, INDECI 2021, MINAM 2021)⁵ del periodo analizado entre 2003-2022, muestra un incremento exponencial de ocurrencias registradas entre los años 2018 y 2020 (Figura 15).

Figura 15. Incendios registrados por año en la región Apurímac



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

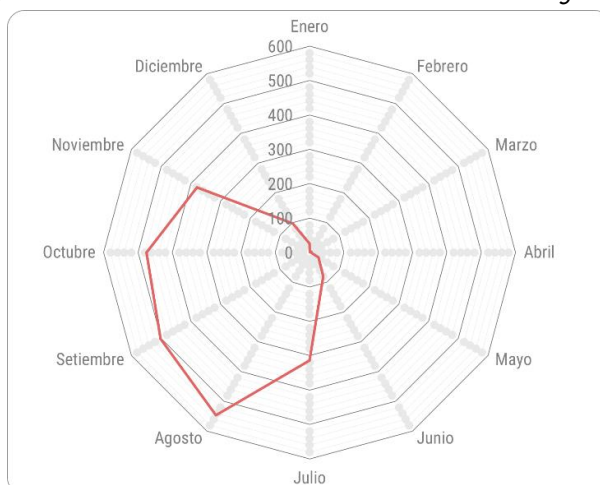
Así mismo, se identificó para la región, que la mayoría de los incendios se han generado en los meses de agosto, setiembre y octubre. Este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (Manta, 2017) (Manta Nolasco &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

⁴ Referenciado en (SERFOR, 2018)

⁵ Información analizada con un corte hasta el mes de abril del 2022.



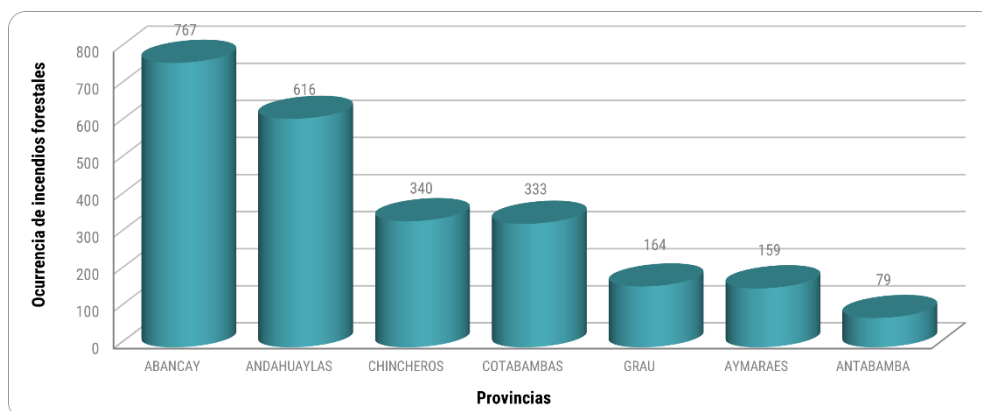
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en la región Apurímac



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

Al organizar las frecuencias de incendios forestales por provincias durante el periodo 2003-2022, el resultado concluye que las provincias con mayores registros de incendios forestales son: Abancay y Andahuaylas. (Figura 17).

Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por provincia



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

8.2.1 Densidad de incendios forestales

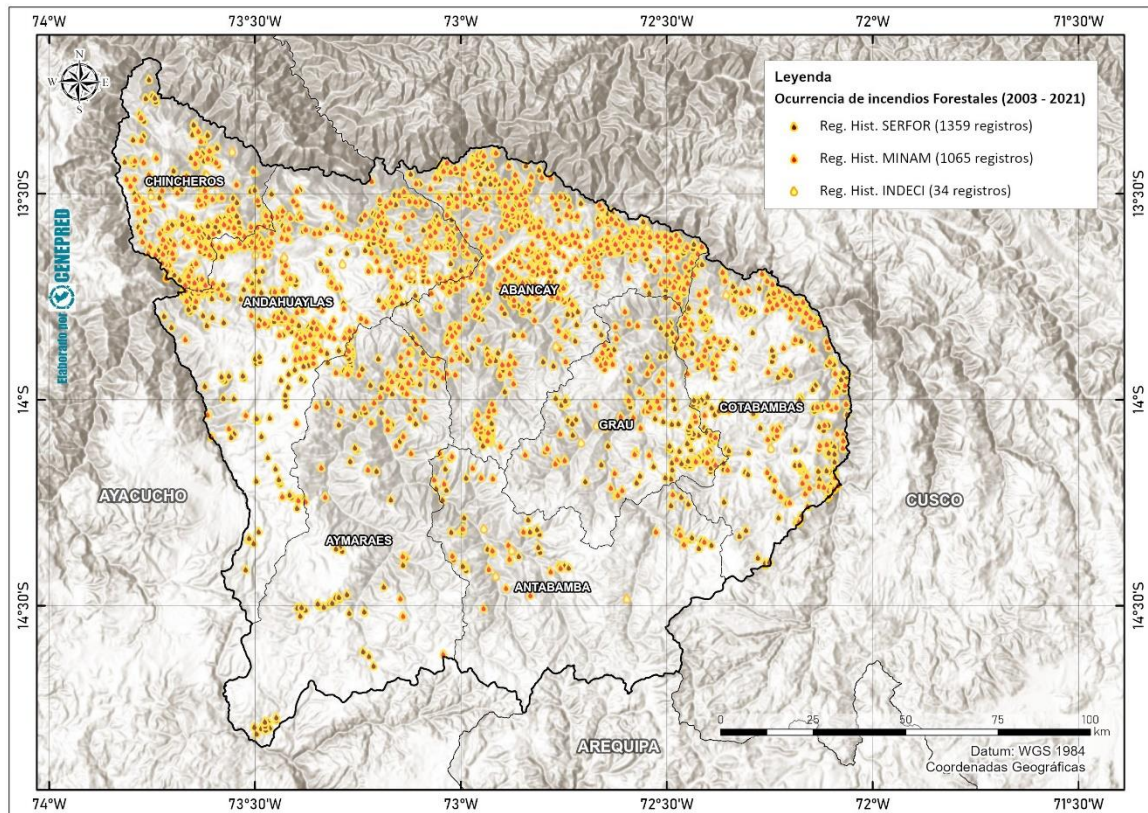
Para la obtención del mapa se elaboró un registro general de la ubicación espacial de incendios forestales con toda la información recopilada, pertenecientes a diferentes fuentes, con la finalidad de contar con una base de datos estandarizada, el tratamiento de estos datos se realizó de la siguiente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

A) Registros históricos de ocurrencia de incendios forestales

Se utilizaron los registros y emergencias históricas de incendios forestales del INDECI, 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, Oliva, Giglio, & Csiszar, 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, Oliva, Giglio, & Csiszar, 2018):

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

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



Donde:

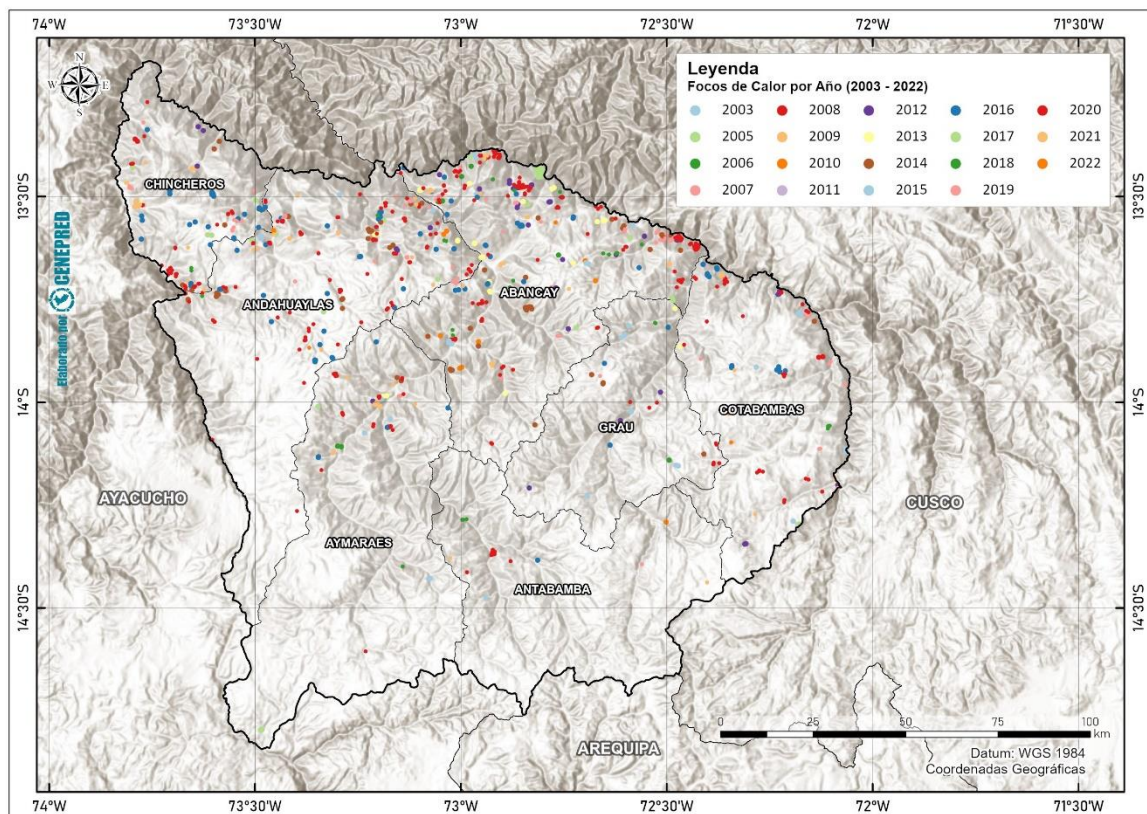
BT_4 : Temperatura de brillo en grados Kelvin

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, Descloitres, Justice, & Kaufman, 2003)

- ii. Otra fuente de focos de calor históricos de incendios forestales, son los que fueron proporcionados por el SERFOR, los mismos que 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

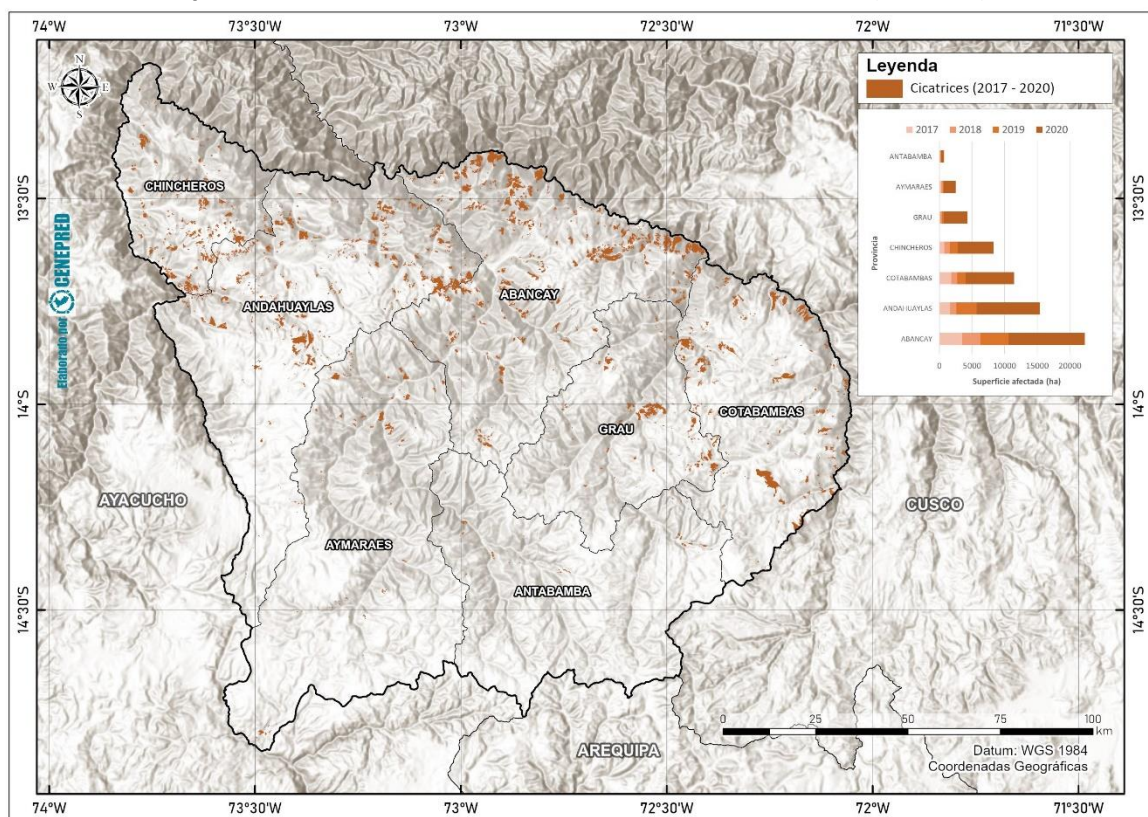


C) Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)

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 en su mayoría a las registradas en los años previos. De acuerdo con Ojo Público (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)



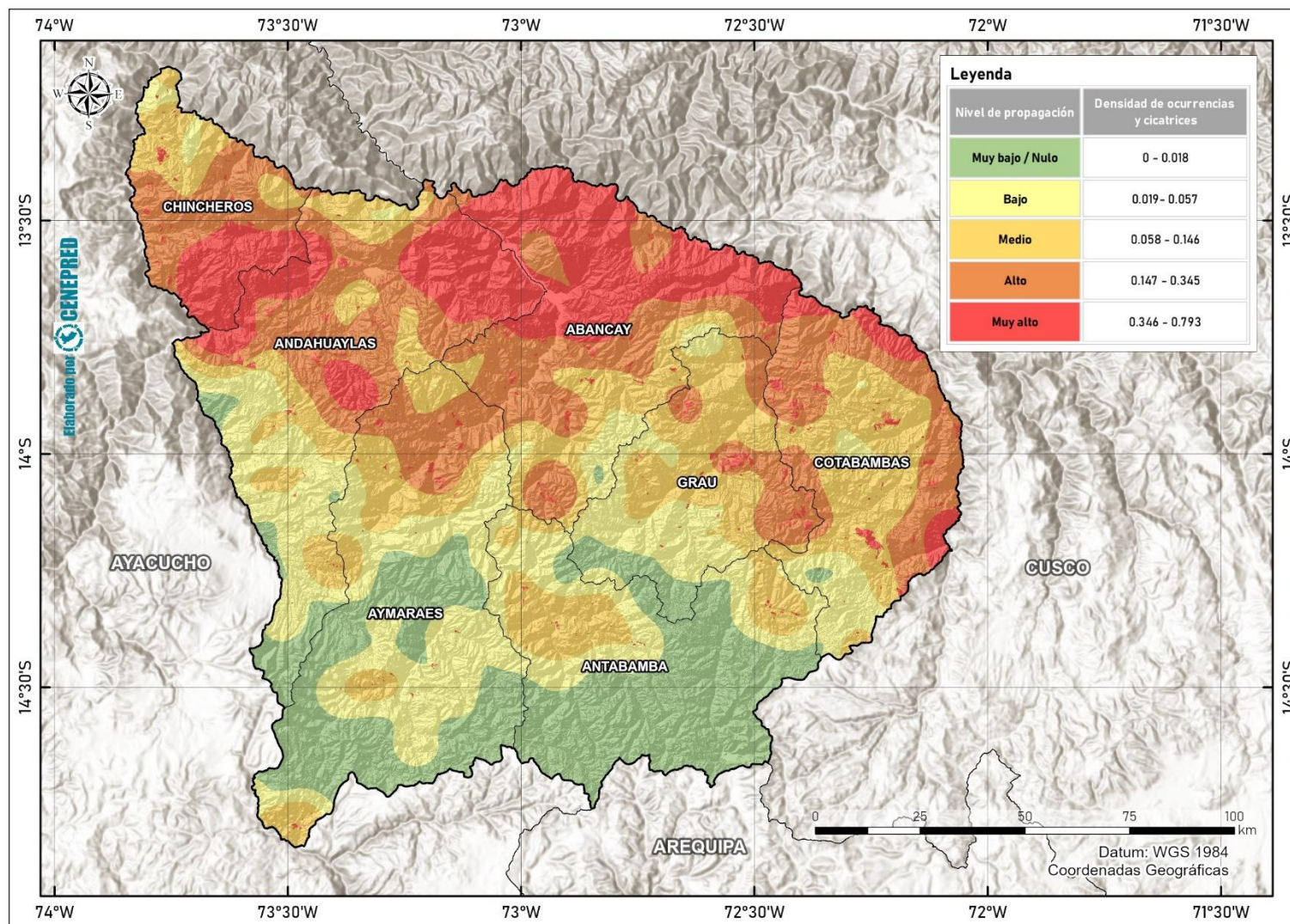
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

8.2.2 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 Apurímac, durante el periodo 2003 – 2022. Posteriormente, se le incluyeron las superficies afectadas del 2017 – 2022, asignándoles valor 5, para obtener el mapa final de factor desencadenante (Figura 21).



Figura 21. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2021)



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



8.3 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).

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

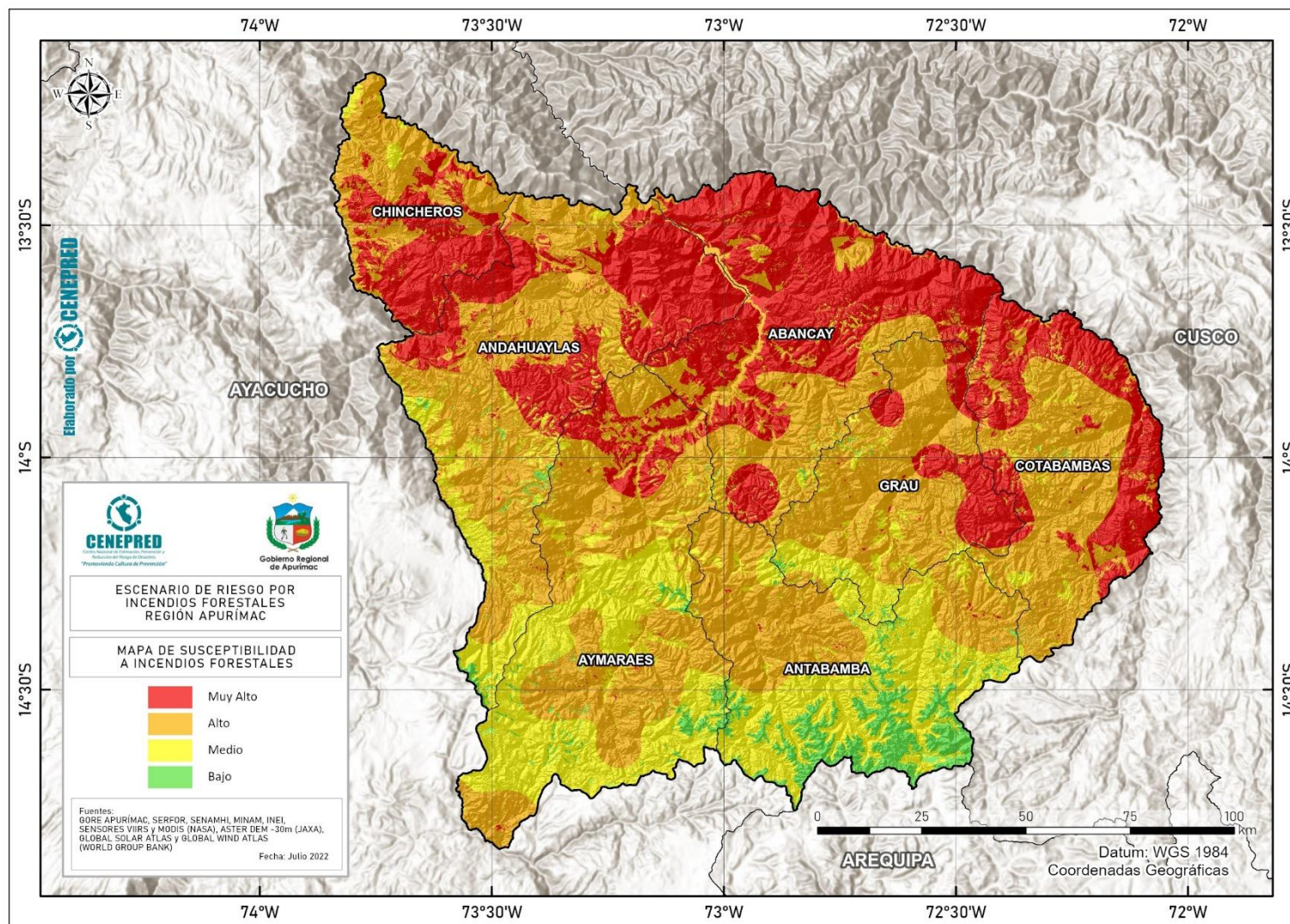
Tabla 9. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en la región Apurímac.

Nivel	Área aprox. (Ha)	Porcentaje (%)
Muy Alto	607,250.72	28.78%
Alto	1,025,277.18	48.59%
Media	399,175.05	18.92%
Bajo	78,146.47	3.70%

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022



Figura 22. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales de la región Apurímac.



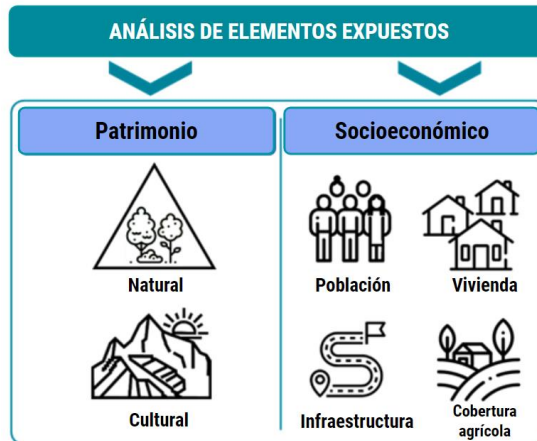
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



9 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

9.1 PATRIMONIALES

9.1.1 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; **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 Apurímac, serán evaluados mediante la exposición a los niveles de riesgo de acuerdo a su ubicación geolocalizada por el Ministerio de Cultura.

9.1.2 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”. (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2018)

De acuerdo a lo mencionado este análisis ha considerado a los principales **ecosistemas** que forman parte del patrimonio natural de la región Apurímac, 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. (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 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 (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, 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.

9.1.3 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 o ponderación 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

La priorización de las unidades de análisis sobre ecosistemas tiene como base el criterio utilizado en el Escenario de Riesgo por Incendios Forestales (CENEPRED, 2020), el cual se fundamenta en los alcances de priorización de 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. El resultado final se muestra en la tabla 10 y la figura 24.

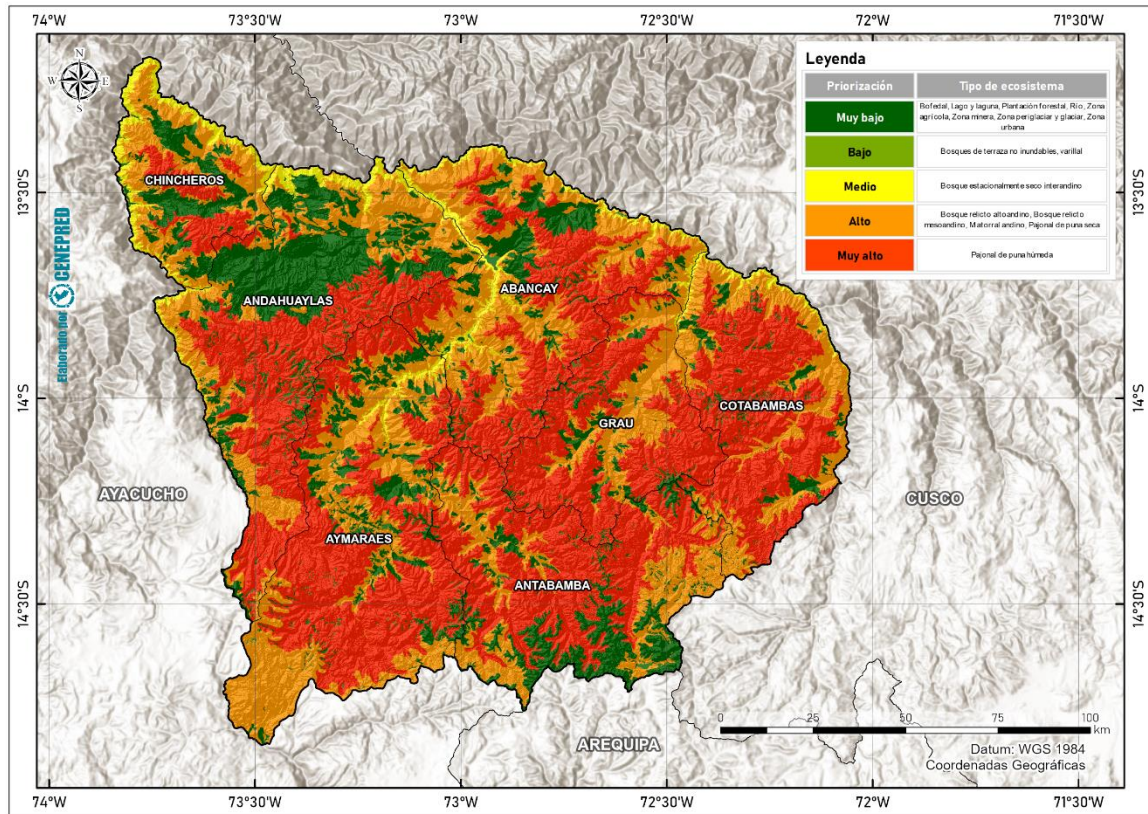
Tabla 10. *Priorización del elemento expuesto según el tipo de ecosistema*

ID	TIPO DE ECOSISTEMA	PRIORIDAD POR TIPO DE ECOSISTEMA	VALOR
1	Bofedal	Muy baja	1
2	Lago y laguna	Muy baja	1
3	Plantación forestal	Muy baja	1
4	Río	Muy baja	1
5	Zona agrícola	Muy baja	1
6	Zona minera	Muy baja	1
7	Zona periglacial y glaciar	Muy baja	1
8	Zona urbana	Muy baja	1
9	Bosque estacionalmente seco interandino	Media	3
10	Bosque relictos altoandino	Alta	4
11	Bosque relictos mesoandino	Alta	4
12	Matorral andino	Alta	4
13	Pajonal de puna seca	Alta	4
14	Pajonal de puna húmeda	Muy Alta	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022



Figura 24. Priorización del elemento expuesto por 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 vulnerables 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).

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).



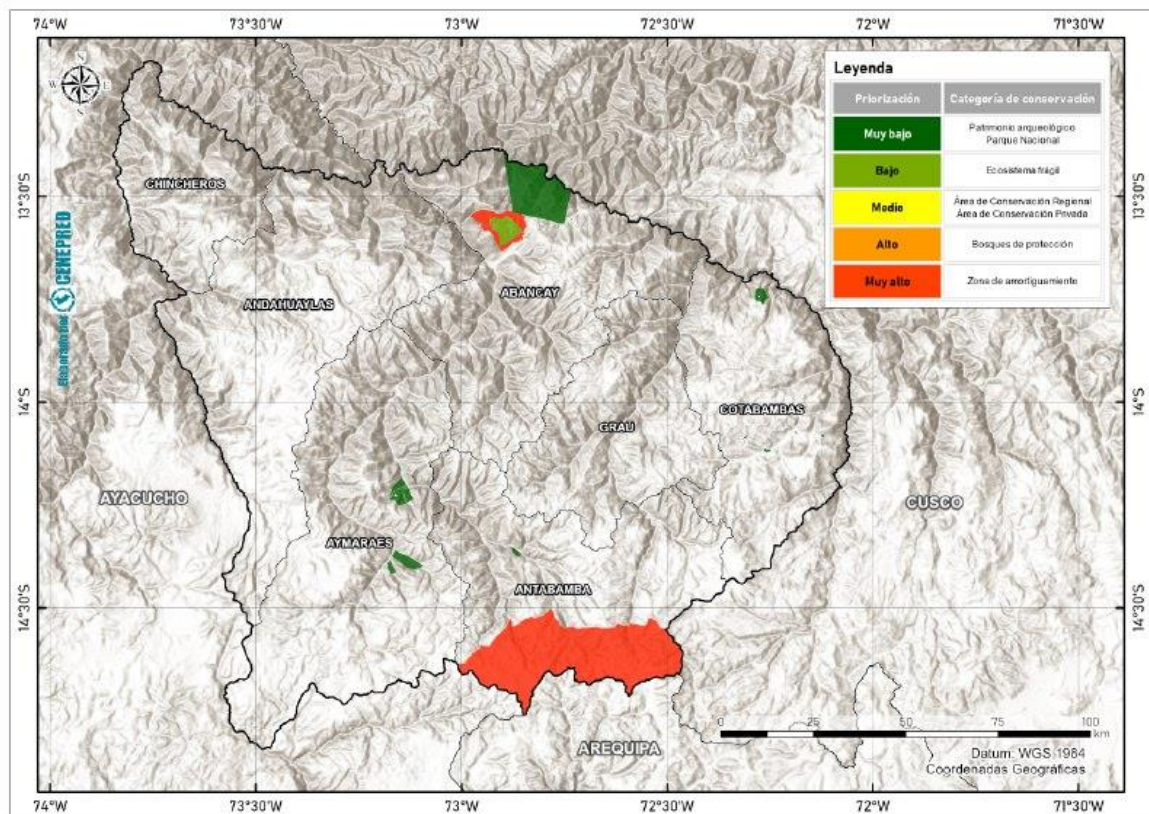
Tabla 11. Priorización del elemento expuesto según estrategia de conservación

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. La presente categoría cuenta con un nivel de resiliencia Muy Alto.	Muy bajo	1
2	Parque Nacional	Uso indirecto (investigación, educación, turismo, recreación). No permite intervención. La presente categoría cuenta con un nivel de resiliencia Muy Alto.	Muy bajo	1
3	Ecosistema frágil	Ecosistemas cuya condición de fragilidad hace que sea mayor la necesidad de protección de este espacio y se establece legalmente su delimitación para el respectivo cuidado. La presente categoría cuenta con un nivel de resiliencia Alto.	Bajo	2
4	Área de Conservación Regional	Uso directo (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 de Caza. La presente categoría cuenta con un nivel de resiliencia Medio.	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 propia y en forma voluntaria. La presente categoría cuenta con un nivel de resiliencia Medio.	Medio	3
6	Bosque de protección	Uso directo de recursos silvestres. Uso indirecto (turismo, recreación, investigación y educación). Permitido el uso y aprovechamiento de la fauna silvestre y de productos forestales diferentes a la madera. La presente categoría cuenta con un nivel de resiliencia Bajo.	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. La presente categoría cuenta con un nivel de resiliencia Muy Bajo.	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

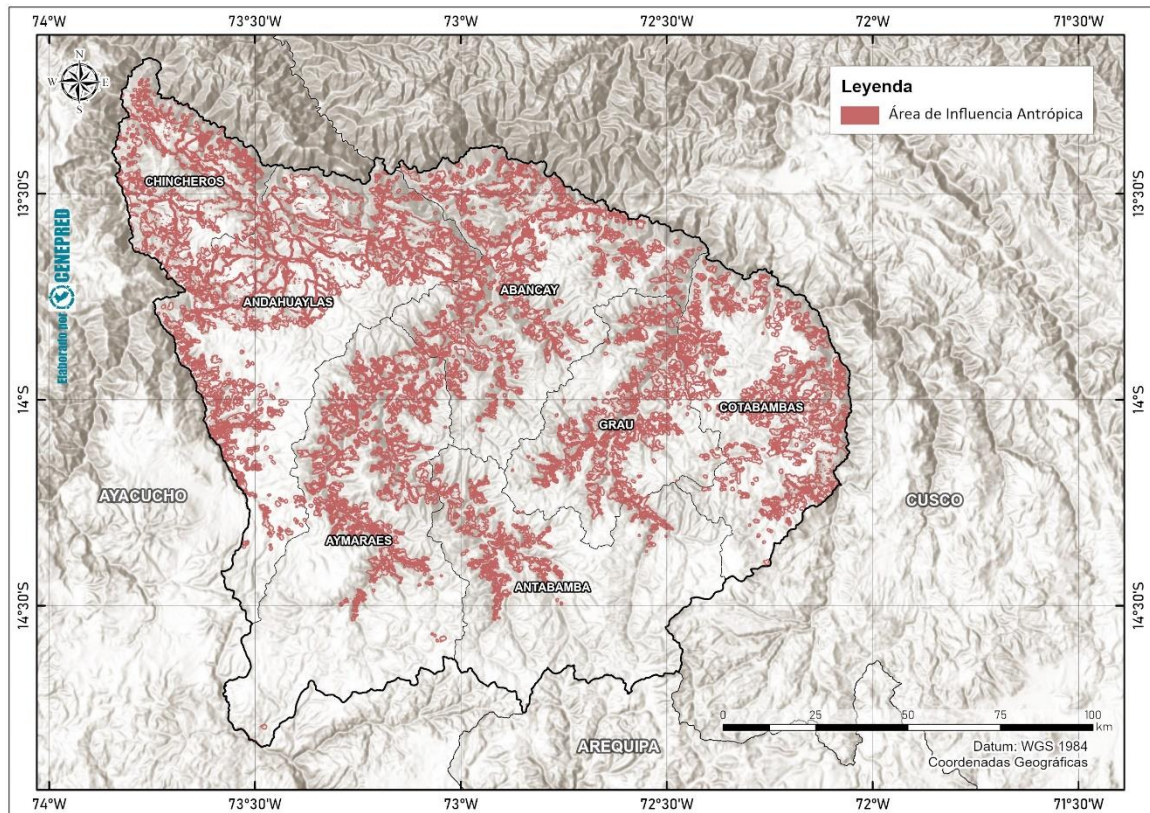
C) Priorización por área de influencia antrópica

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: (1) Pérdida de bosque 2001 - 2020 del MINAM/Geobosques; y (2) cobertura agrícola 2020 del MIDAGRI.



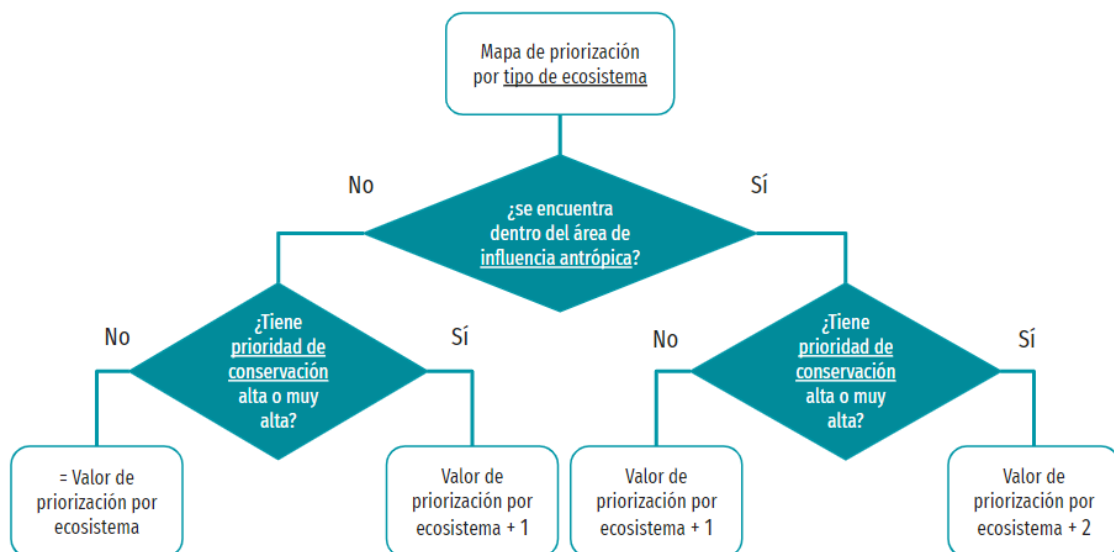
Figura 26. Buffer generado para aplicar el criterio de priorización según influencia antrópica



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

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.



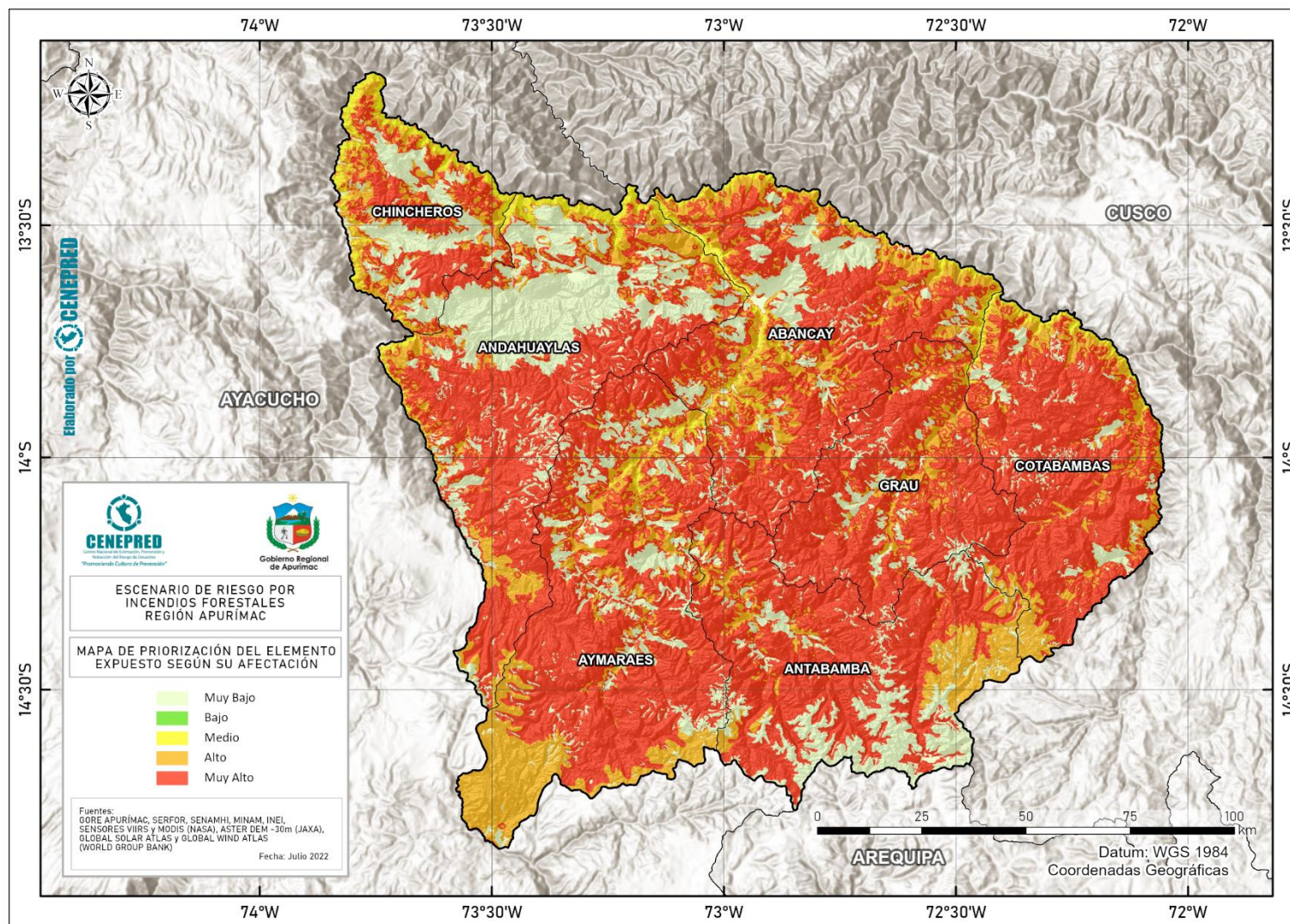
Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022



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



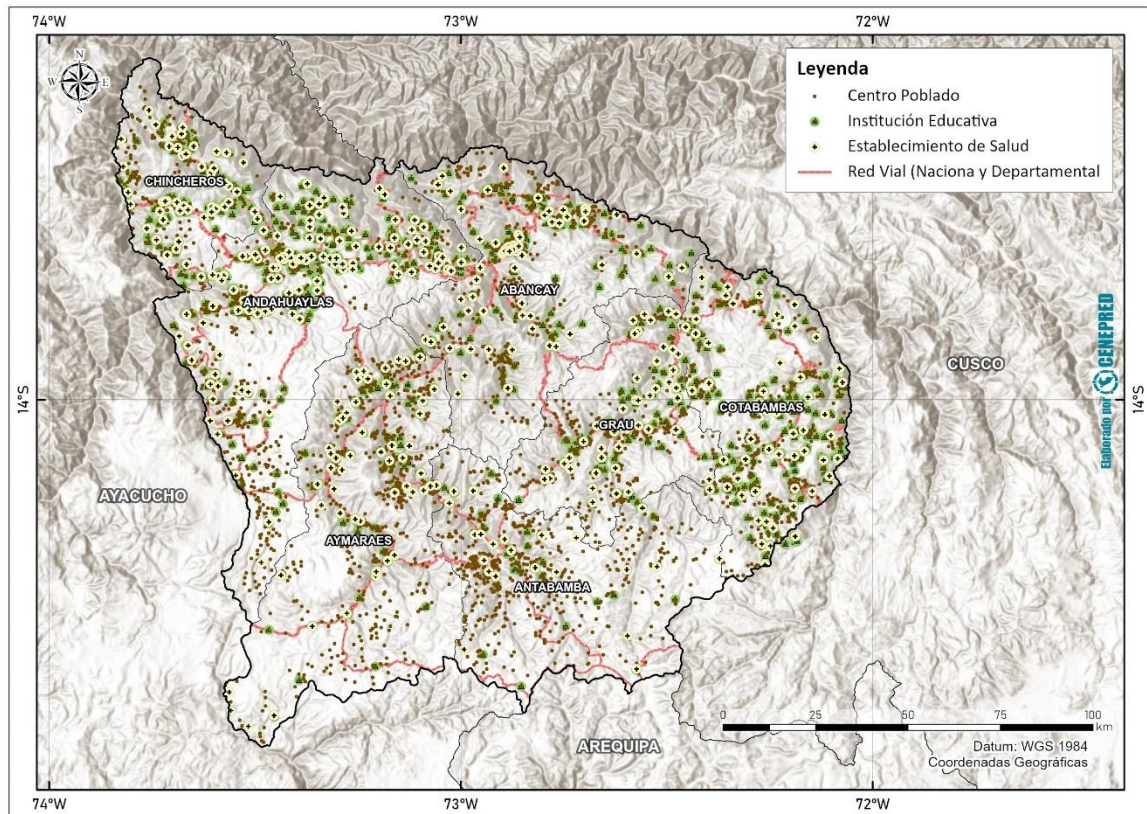
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



9.2 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

10 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 Apurímac, las áreas de mayor riesgo (niveles alto y muy alto) representan el 80.43% del territorio de la región Apurímac (Tabla 12), distribuidas principalmente en las provincias de Aymaraes (con 353,363.60 ha



comprometidas), Abancay (con 290,511.75 ha comprometidas), Andahuaylas (con 263,174.71 ha comprometidas) y Antabamba (con 249,937.57 ha comprometidas), como se muestra en las figuras 30 y 31.

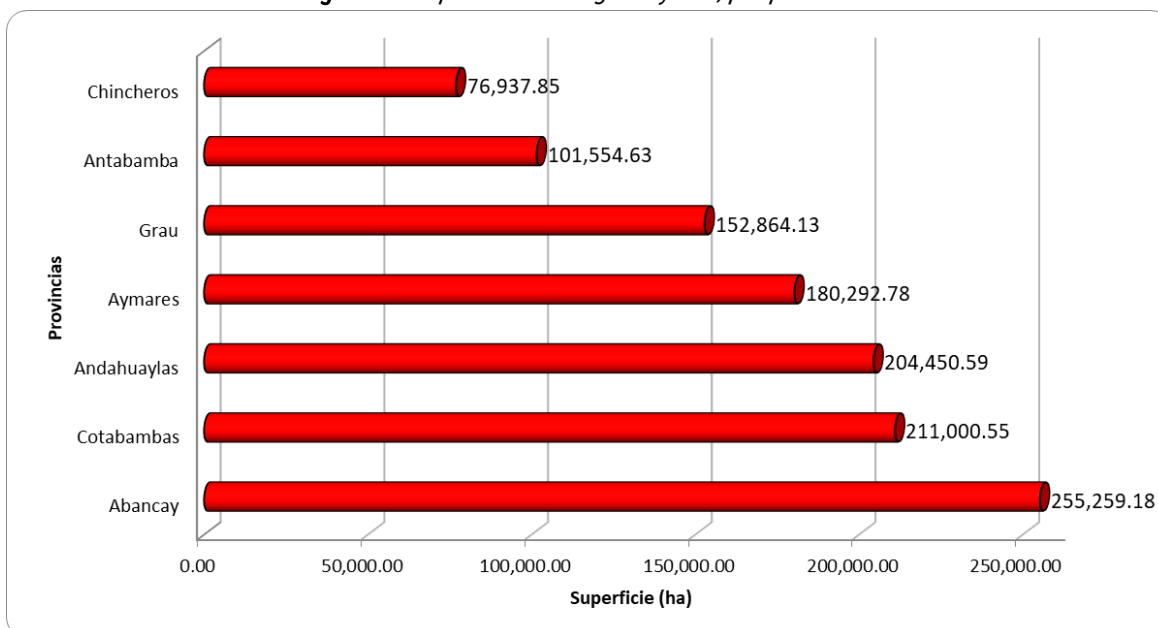
En la figura 32 se muestra el mapa de distribución de las áreas según el nivel de riesgo por incendios forestales en la región Apurímac.

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

Nivel	Área aprox. (Ha)	Porcentaje (%)
Muy alto	1,182,359.71	56.04%
Alto	514,304.43	24.38%
Medio	261,177.62	12.38%
Bajo	152,007.66	7.20%
Total	2,109,849.42	100.00%

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

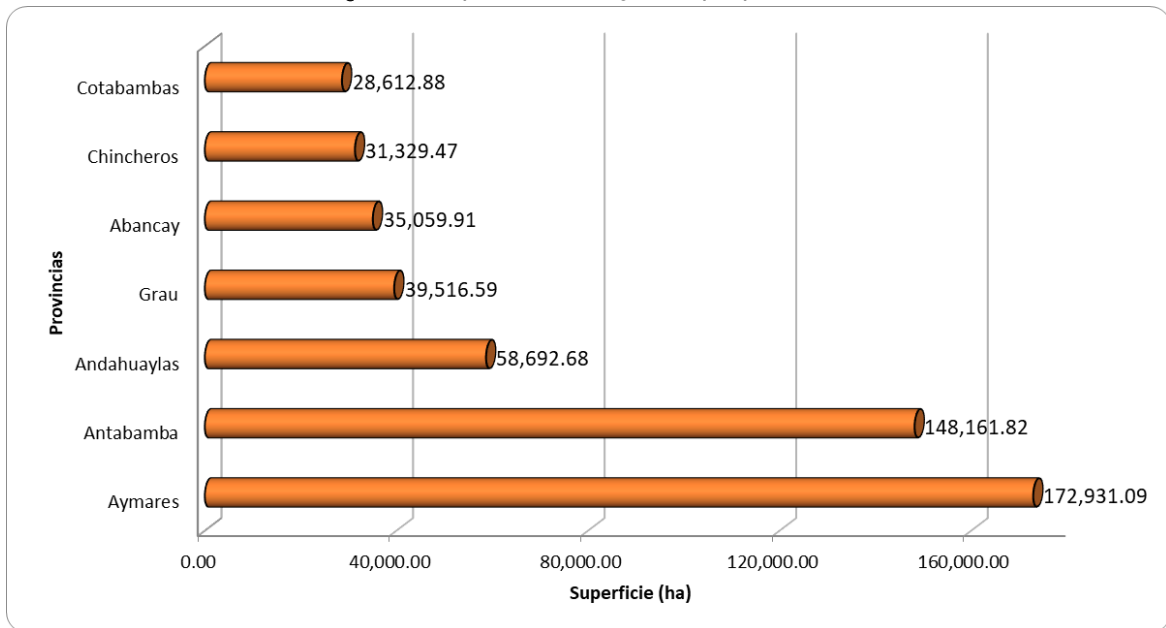
Figura 30. Superficie en riesgo muy alto, por provincias



Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022



Figura 31. Superficie en riesgo alto, por provincias

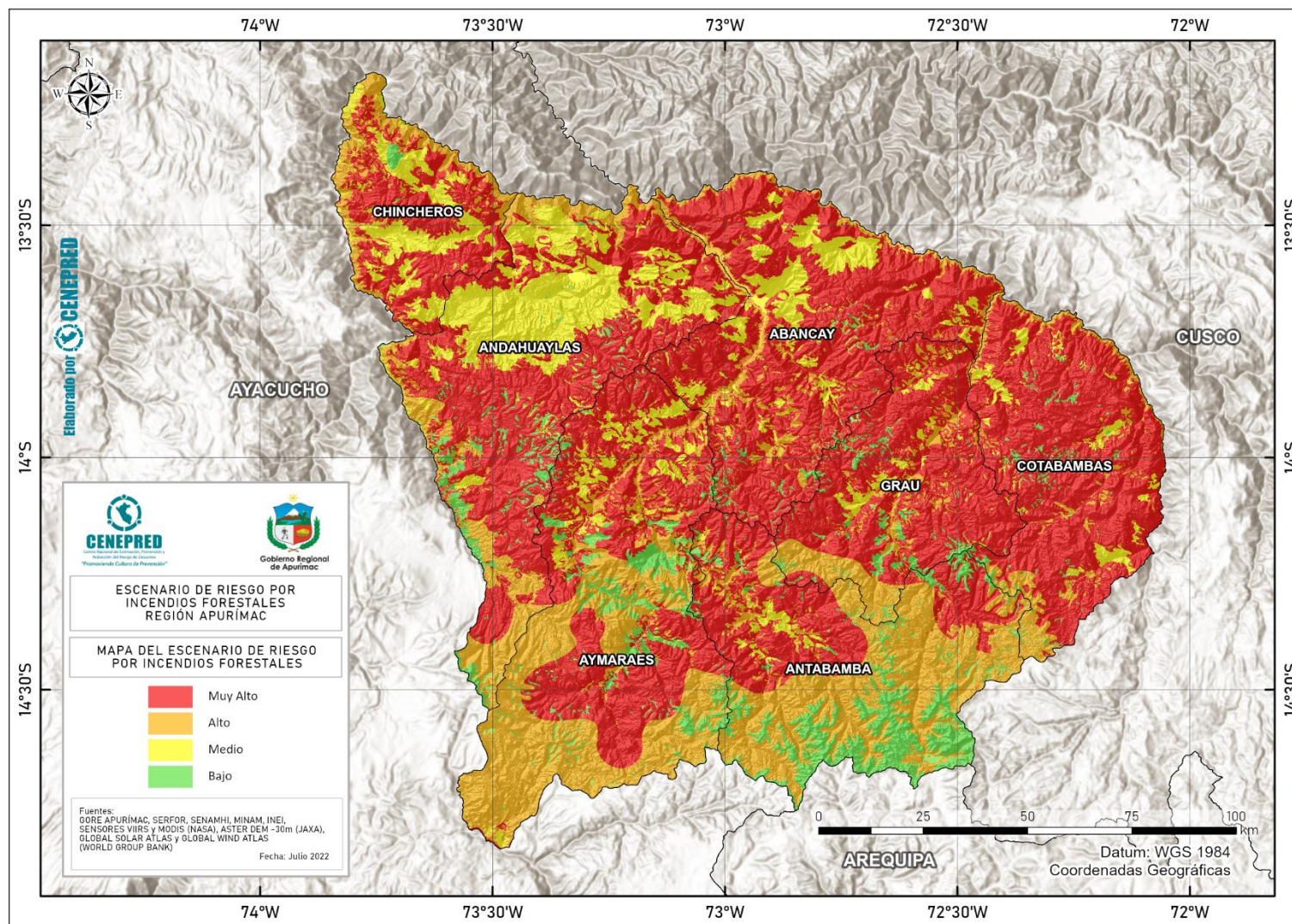


Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

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.



Figura 32. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales en la región Apurímac



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



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 Arqueológica	Sitio Arqueológico	Otros (Paisaje cultural, Parq. Arqueológico)	Pajonal de puna húmeda	Pajonal de puna seca	Matorral Andino	Bosque recito mesoandino	Bosque recito altoandino	Bosque estacionalmente seco interandino	Ecosistema no agrupado	Población y Vivienda			Cobertura Agrícola (Ha)	Infraestructura		
												Centros Poblados	Viviendas	Población		Establecimiento de Salud	Instituciones Educativas	Carretera (km)
1	Abancay	0	0	2	135,646.85	0.00	111,554.92	3,965.89	581.77	2,995.49	514.25	248	1,982	4,888	17,905.73	11	69	253.92
2	Andahuaylas	0	1	0	139,516.98	0.00	62,310.95	1,225.04	0.00	666.44	731.15	181	1,510	4,264	19,994.26	8	38	234.22
3	Antabamba	0	2	1	86,294.23	46.78	14,901.56	151.87	5.53	0.00	154.66	207	563	1,096	2,860.43	4	15	66.74
4	Aymaraes	2	2	3	134,146.95	50.81	44,475.88	834.77	2.84	375.84	405.65	238	1,362	3,684	6,507.46	6	24	139.54
5	Chincheros	1	2	0	27,884.86	0.00	47,221.00	249.46	24.82	1,345.68	211.98	71	656	2,147	12,553.58	1	18	54.49
6	Cotabambas	0	52	2	153,913.29	26.28	55,328.78	0.00	790.08	586.95	355.13	324	5,628	17,644	25,294.33	25	175	187.58
7	Graú	0	4	0	114,606.00	0.00	37,797.75	0.44	165.89	34.17	259.87	204	2,586	7,747	11,133.96	22	90	243.79
Total		3	63	8	792,009.17	123.87	373,590.86	6,427.47	1,570.93	6,004.57	2,632.69	1,473	14,287	41,470	96,249.75	77	429	1,180.28

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 Arqueológica	Sitio Arqueológico	Otros (Paisaje cultural, Parq. Arqueológico)	Pajonal de puna húmeda	Pajonal de puna seca	Matorral Andino	Bosque recito mesoandino	Bosque recito altoandino	Bosque estacionalmente seco interandino	Ecosistema no agrupado	Población y Vivienda			Cobertura Agrícola (Ha)	Infraestructura		
												Centros Poblados	Viviendas	Población		Establecimiento de Salud	Instituciones Educativas	Carretera (km)
1	Abancay	0	0	2	1,854.93	0.00	12,968.90	771.86	188.27	19,169.16	106.79	37	452	1,048	1,661.61	3	11	33.22
2	Andahuaylas	0	0	1	13,018.70	3,708.66	26,061.98	1,507.52	0.00	14,198.59	197.14	77	925	2,573	4,868.60	6	26	65.12
3	Antabamba	0	1	1	83,596.24	50,938.69	12,752.29	295.71	74.95	0.00	503.93	224	400	1,209	2,155.45	6	19	81.49
4	Aymaraes	1	4	8	70,914.77	59,084.91	34,786.47	3,158.91	43.58	4,536.66	405.74	132	379	983	4,493.69	5	20	111.01
5	Chincheros	1	1	0	49.52	0.00	13,362.05	149.50	6.01	17,701.84	60.36	41	234	708	3,818.71	2	12	11.23
6	Cotabambas	0	11	2	1,295.04	10,888.15	9,555.39	0.00	75.77	6,726.06	72.41	71	743	4,033	3,652.59	6	20	16.63
7	Graú	0	1	0	20,031.30	0.00	18,997.81	41.12	57.24	291.63	97.50	86	773	2,138	7,061.67	1	27	17.59
Total		2	18	14	190,760.50	124,620.41	128,484.90	5,924.62	445.83	62,623.95	1,443.87	668	3,906	12,692	27,712.31	29	135	336.29

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



11 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 2003-2021 la tendencia es ascendente; y se muestra un aumento exponencial de ocurrencias principalmente entre los años 2018 y 2020. Se desconoce si esa tendencia pueda deberse a la creciente accesibilidad de datos y tecnologías, o a algún otro evento en particular.
- De acuerdo con la base de datos de ocurrencias/emergencias de incendios forestales en el periodo 2003 - 2021 (provenientes del SINPAD-INDECI, MINAM y SERFOR), la provincia del departamento de Apurímac con mayor cantidad eventos ocurridos a lo largo de este periodo fue: Abancay. Asimismo, los resultados del escenario de riesgo muestran que las provincias con mayores niveles de riesgo (alto y muy alto) son: Aymaraes (con 353,223.87 ha comprometidas), Abancay (con 290,319.09 ha comprometidas), Andahuaylas (con 263,143.28 ha comprometidas) y Antabamba (con 249,716.44 ha comprometidas).
- El resultado del escenario de riesgo por incendios forestales nos muestra que el 56.04% (1,182,359.71 ha aproximadamente) del territorio de la región Apurímac está expuesto a riesgo muy alto. Así mismo el 24.38% (514,304.43 ha aproximadamente) está expuesto a riesgo alto.
- Del análisis detallado del patrimonio, se concluye que los ecosistemas con nivel de riesgo muy alto por incendios forestales son principalmente: el pajonal de puna húmeda (792,009.17 ha), y el matorral andino (373,590.86 ha). En cuanto a los ecosistemas con nivel alto de riesgo, los predominantes también son: el pajonal de puna húmeda (190,760.50 ha), pajonal de puna seca (124,620.41 ha), y el matorral andino (128,484.90 ha).
- Dentro de los elementos socioeconómicos expuestos, existen 1,473 centros poblados de la región Apurímac que presentan un nivel de riesgo muy alto ante incendios forestales. Asimismo, 96,249.75 ha de área agrícola, 77 establecimientos de salud, 429 instituciones educativas y 1,180.28 km de carretera muestran un nivel de riesgo muy alto ante incendios forestales. Mientras que, aquellos elementos que cuentan con un nivel alto de riesgo son 27,712.31 ha de área agrícola, 668 centros poblados, 29 establecimientos de salud, 135 instituciones educativas y 336.29 km de carretera.



12 RECOMENDACIONES

- Es necesario que las entidades técnicas competentes en incendios forestales de la región Apurímac, desarrollen bases de datos de manera articulada, estandarizada y georreferenciada, que integren 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 Apurímac, 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, se trabajé con información a escalas más detalladas siguiendo y adecuándola 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.



13 BIBLIOGRAFÍA

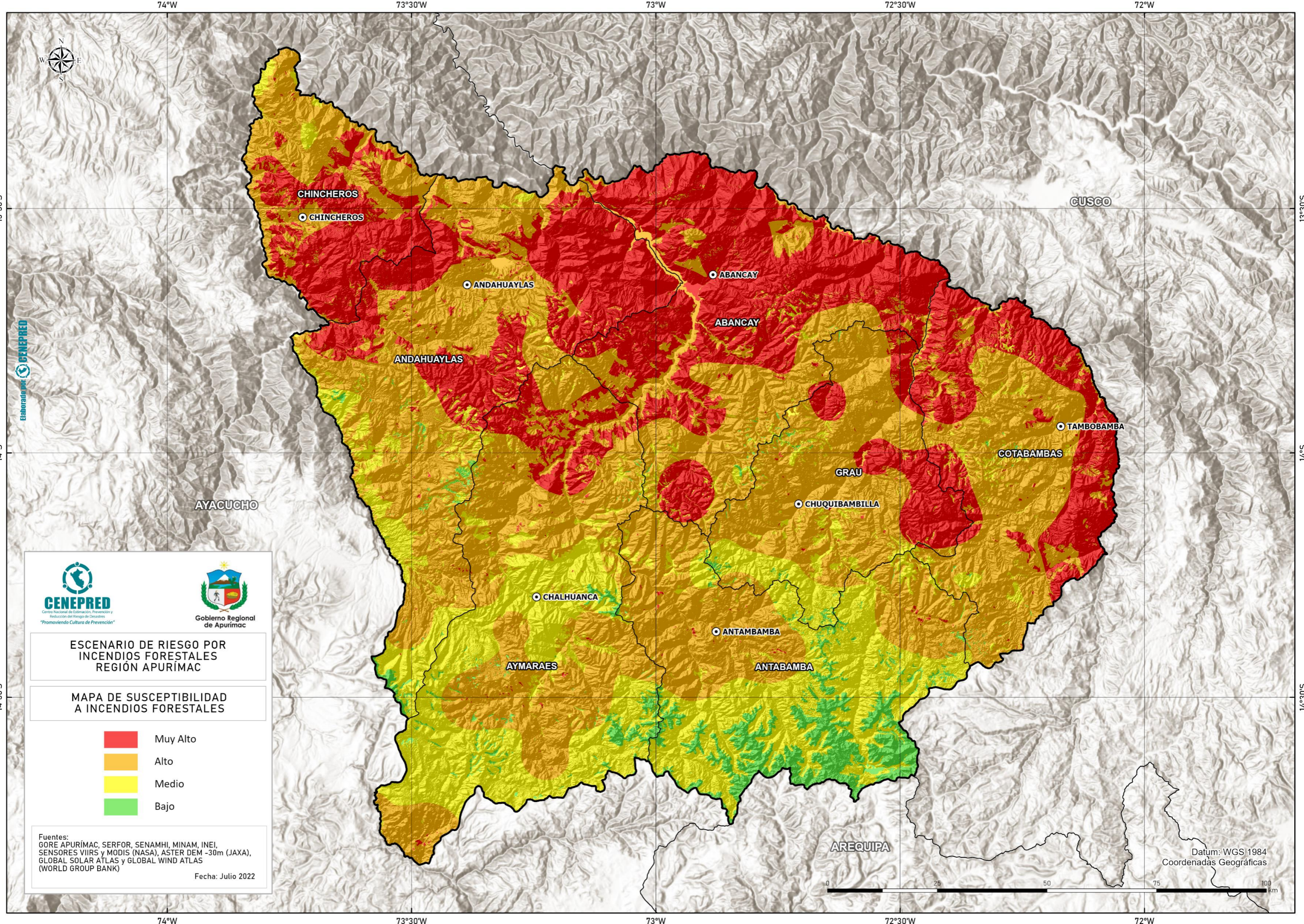
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2020). *Escenario de riesgo por incendios forestales*. Lima.
- EDUCARM. (s.f.). *Bloque: Incendios Forestales*. Obtenido de <http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/tema1incendios.pdf>
- Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental. (2021). *Estrategia y Plan de Acción Regional de la Diversidad Biológica de la Región Huanuco*. Huanuco: Gobierno Regional de Huanuco.
- Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., & Kaufman, Y. J. (2003). An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87, 273-282.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100,000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (01 de Octubre de 2018). *Tomo I - Departamento de Apurímac*. In INEI (Ed.). Obtenido de Resultados definitivos Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1570/10TOMO_01.pdf
- Johnson, E. A., & Miyanishi, K. (2001). *Forest fires - Behavior and ecological effects*. California: Academic Press.
- Manta Nolasco, M. I., & León, H. (2004). Los incendios forestales en el Perú: Grave problema por resolver. *Floresta*, 32, 179-189.
- Manta, N. M. (2017). *Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ministerio del Ambiente - Gobierno de la República de Panamá. (2015). *METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN DE CAUSAS QUE PROVOCAN LOS INCENDIOS FORESTALES*. Obtenido de METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN DE CAUSAS
- Moscovich, F. A., Ivandic, F., & Besold, L. (2014). *Manual de combate de incendios forestales y manejo de fuego*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Ojo Público. (9 de noviembre de 2021). *Los incendios forestales asfixian a las regiones de la Amazonía del Perú*. Obtenido de <https://ojo-publico.com/3145/los-incendios-forestales-asfixian-la-amazonia-del-peru#:~:text=El%202020%20estos%20desastres%20en,%2C%20Puno%2C%20Hu%C3%A1nucayo%20y%20Jun%C3%ADn>
- Omi, P. N. (2005). *Forest fire : a reference handbook*. In ABC-CLIO Inc (Ed.), *Contemporary World Issues*. 2005: ABC-CLIO.



- Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, I., & Csiszar, I. (2014). The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing of Environment*, 143, 85-96.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2016). *Manual para el control de incendios forestales - Parque Nacional del Manu*. Lima.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2018). *Estrategia de gestión del riesgo de incendio forestal en el sistema nacional de áreas naturales protegidas por el estado*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/475395/estrategia_incendio-forestal-baja.pdf
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2017). Acta de acuerdo del grupo de trabajo interinstitucional.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). *Lineamientos para la identificación de ecosistemas frágiles y su incorporación en la lista sectorial de ecosistemas frágiles*. Obtenido de <https://www.serfor.gob.pe/portal/lineamientos/lineamiento-para-la-identificacion-de-ecosistemas-fragiles-y-su-incorporacion-en-la-lista-nacional-de-ecosistemas-fragiles>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales (p.55)*. Obtenido de <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2020). *Protocolo de actuación interinstitucional para gestionar y proteger los ecosistemas incluidos en la lista sectorial de ecosistemas frágiles*. Lima.
- Smith, J. (2001). *The Facts on File Dictionary of Weather and Climate (The Facts on File Science Dictionaries)*. Checkmark Books.
- USAID. (2015). *Reporte de Evaluación del Manejo de Incendios Forestales en el Perú*.
- Villers Ruiz, M. d. (2006). Incendios Forestales. *CIENCIAS*, 61-66.
- Zárate López, L. G. (2004). *Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Ingeniería Química.



14 ANEXO DE MAPAS



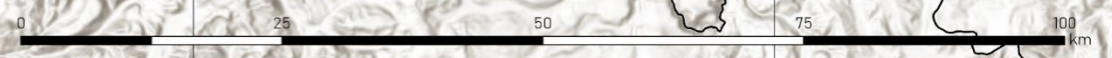
**ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES
REGIÓN APURÍMAC**

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD
A INCENDIOS FORESTALES**

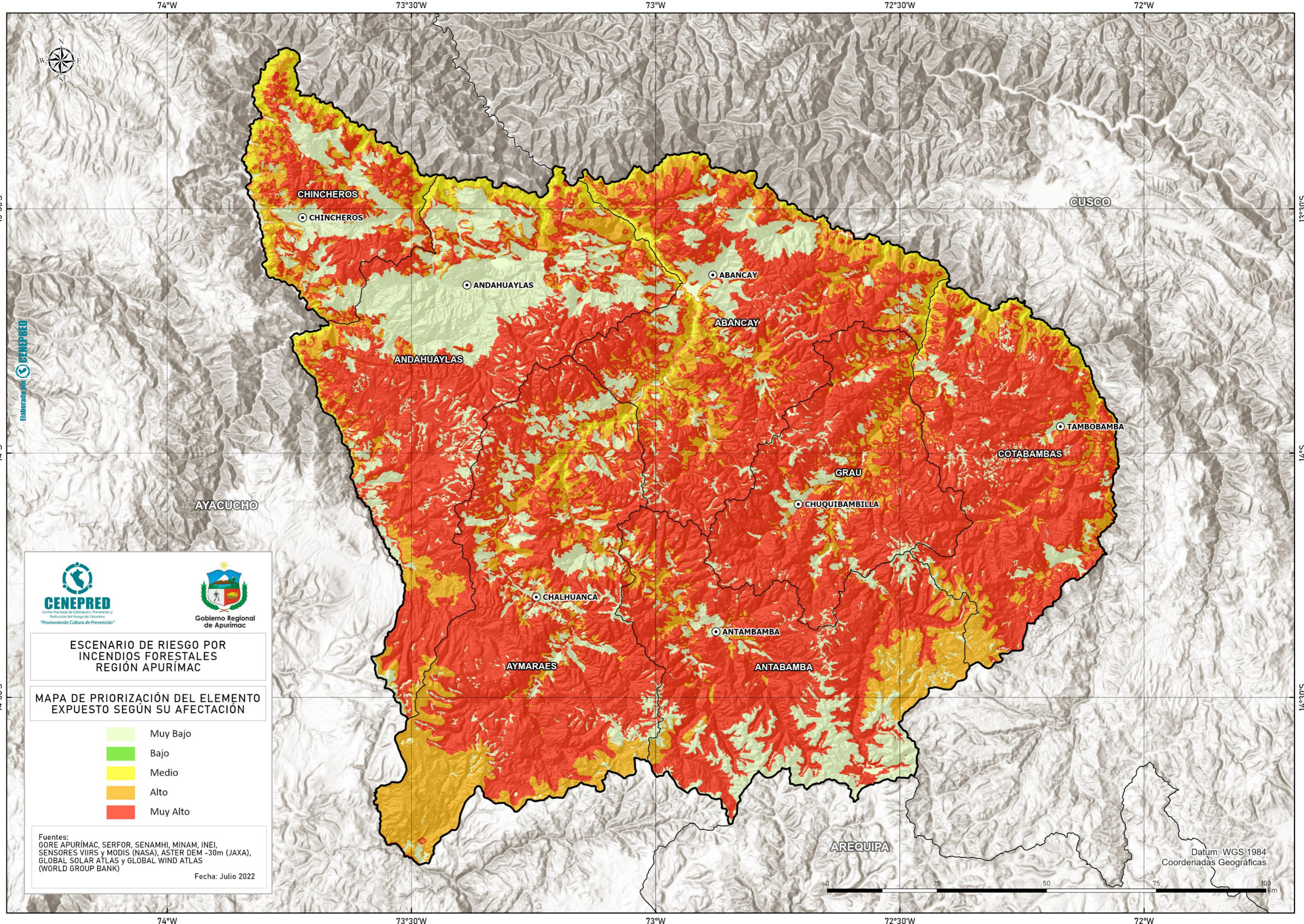
- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo

Fuentes:
GORE APURÍMAC, 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



Elaborado por CENEPRED



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



Gobierno Regional
de Apurímac

**ESCENARIO DE RIESGO POR
INCENDIOS FORESTALES
REGIÓN APURÍMAC**

**MAPA DE PRIORIZACIÓN DEL ELEMENTO
EXPUESTO SEGÚN SU AFECTACIÓN**

	Muy Bajo
	Bajo
	Medio
	Alto
	Muy Alto

Fuentes:
GORE APURÍMAC, 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

74°W

73°30'W

73°W

72°30'W

72°W

13°30'S

13°30'S

14°S

14°S

14°30'S

14°30'S

74°W

73°30'W

73°W

72°30'W

72°W

CHINCHEROS

○ CHINCHEROS

○ ANDAHUAYLAS

○ ABANCAY

CUSCO

ANDAHUAYLAS

ABANCAY

○ TAMBOBAMBA

COTABAMBAS

AYACUCHO

GRAU

○ CHUQUIBAMBILLA

○ CHALHUANCA

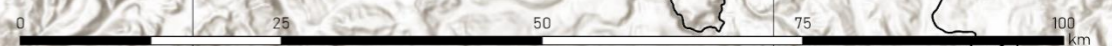
○ ANTAMBAMBA

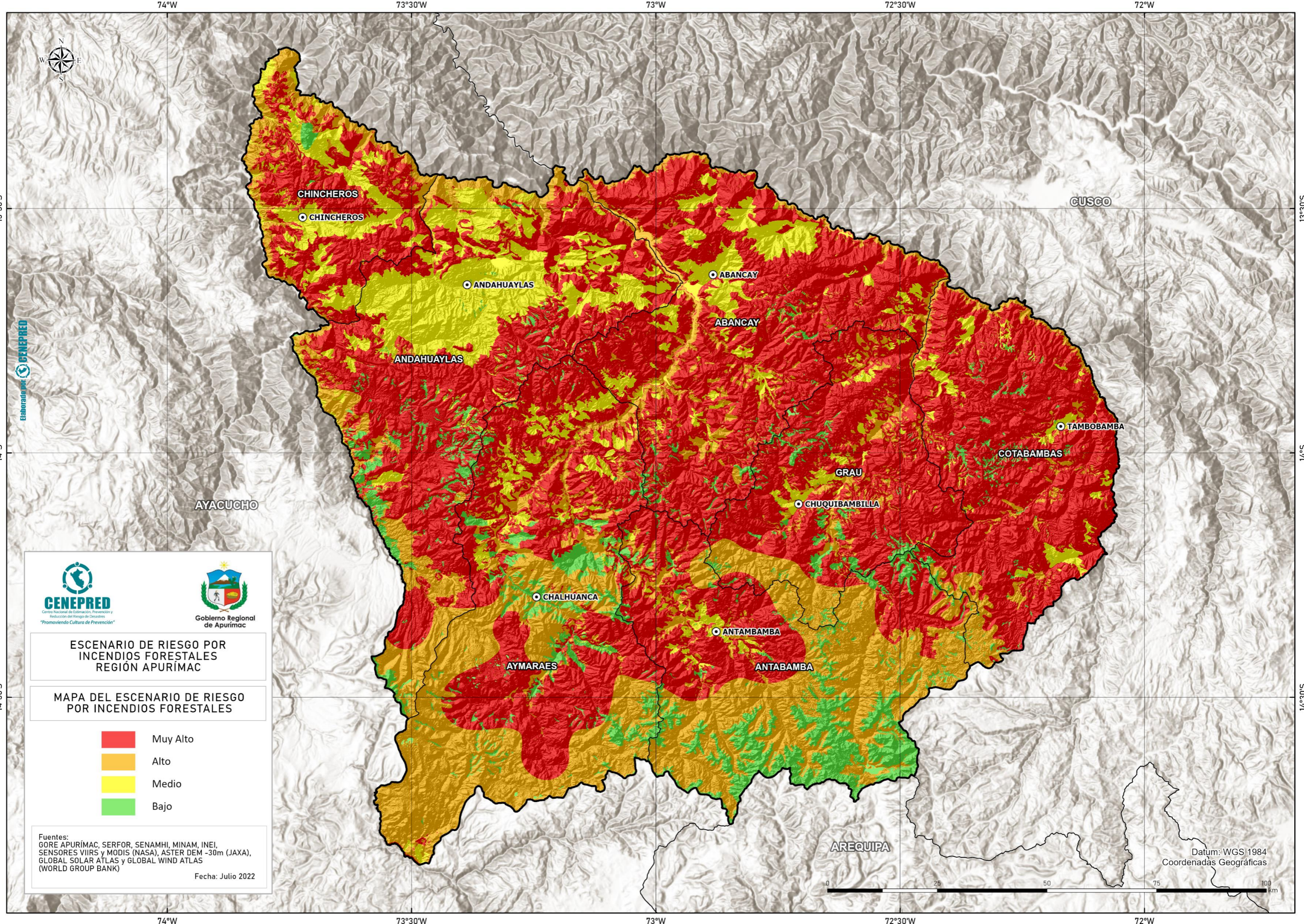
AYMARAES

ANTAMBAMBA

AREQUIPA

Datum: WGS 1984
Coordenadas Geográficas





74°W

73°30'W

73°W

72°30'W

72°W

13°30'S

14°S

14°30'S

13°30'S

14°S

14°30'S

74°W

73°30'W

73°W

72°30'W

72°W



Elaborado por CENEPRED



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES REGIÓN APURÍMAC

MAPA DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo

Fuentes:
GORE APURÍMAC, 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



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