



INCENDIOS FORESTALES



CENEPRED

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

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DE LA REGIÓN CUSCO

Enero 2021



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DE LA REGION CUSCO.

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

Ing. William Mendoza Huamán

Coordinador de Enlace Regional CENEPRED: Cusco, Apurímac, Madre de Dios y Puno

Equipo Técnico del Gobierno Regional del Cusco:

Ing. Roberto Vidal Abarca León

Ing. Mario Ramos Huamani

Sr. Paul Méndez Rondan



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	19
C)	Irradiación solar	21
7.1.3	Modelamiento de los factores condicionantes	23
7.2	FACTOR DESENCADENANTE.....	25
7.2.1	Densidad de incendios forestales	27
A)	Registros históricos de ocurrencia de incendios forestales	27
B)	Focos de calor.....	28
C)	Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)	29
7.2.2	Modelamiento del factor desencadenante	30
7.3	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES	32
8	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	33
8.1	PATRIMONIALES	34
8.1.1	Patrimonio cultural	34
8.1.2	Patrimonio natural	34
8.2	SOCIECONÓMICO	37
9	ESCENARIO DE RIESGO	37
10	CONCLUSIONES	41
11	RECOMENDACIONES	42
12	BIBLIOGRAFÍA	43
13	ANEXO DE MAPAS	45



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población del departamento de Cusco.....	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 (Thorntwaite)	17
Tabla 6. Fuerza del viento y efectos en tierra según Beaufort	19
Tabla 7. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente.....	21
Tabla 8. Matriz de factores condicionantes	23
Tabla 9. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en la región Cusco.	33
Tabla 10. Elementos expuestos – patrimonio natural priorizado	35
Tabla 11. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en el Perú.....	37
Tabla 11. Elementos expuestos en el nivel de riesgo muy alto por incendios forestales	40
Tabla 12. Elementos expuestos en el nivel de riesgo alto por incendios forestales	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de Cusco.	6
Figura 2. Triángulo del fuego para incendios forestales.....	8
Figura 3. Factores de propagación del fuego para incendios forestales	8
Figura 4. Tipología de los incendios forestales	9
Figura 5. Metodología del escenario de riesgo por incendios forestales.....	9
Figura 6. Modelo del Escenario de riesgo por incendios forestales	11
Figura 7. Modelamiento de los factores de susceptibilidad.....	12
Figura 8. Mapa de combustible a partir de la cobertura vegetal.....	14
Figura 9. Influencia de la pendiente en la propagación del fuego.....	15
Figura 10. Mapa de pendientes.....	16
Figura 11. Mapa de condiciones climáticas favorables.....	18
Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos.....	20
Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente	22
Figura 14. Mapa de factores condicionantes para incendios forestales.....	24
Figura 15. Incendios registrados por año en la región Cusco	25
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en la región Cusco	26
Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por provincia	26
Figura 18. Mapa de registros históricos de ocurrencia de incendios forestales.....	27
Figura 19. Mapa de focos de calor históricos de incendios forestales.....	29
Figura 20. Mapa de áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices).....	30
Figura 21. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2020)....	31
Figura 22. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales de la región Cusco.	32
Figura 23. Elementos expuestos a incendios forestales.....	33
Figura 24. Mapa de priorización elementos expuestos a incendios forestales – patrimonio natural..	36
Figura 25. Áreas en riesgo muy alto por provincias.....	38
Figura 26. Áreas en riesgo alto por provincias.....	38
Figura 27. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales	39



1 INTRODUCCIÓN

El Cusco es la región con la mayor cantidad de emergencias históricas registradas por ocurrencias de incendios forestales originados por la acción humana, las cuales están relacionados principalmente 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, 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 de la Región Cusco.

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

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

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



2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

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

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

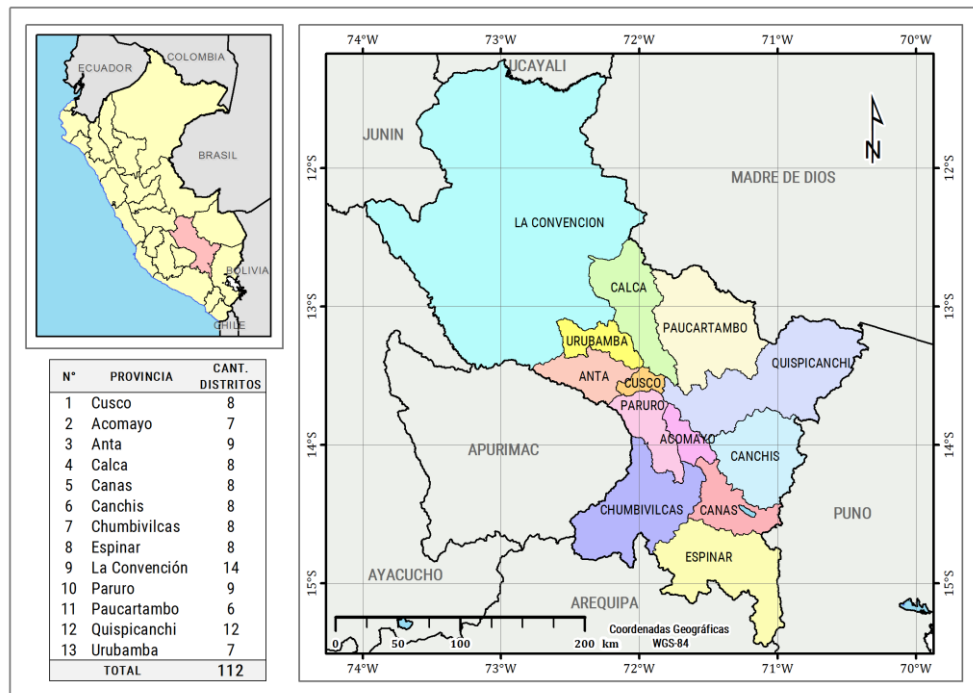
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a incendios forestales.
- Elaborar el mapa de los elementos expuestos a incendios forestales.
- Cuantificar los elementos expuestos en todos los niveles de riesgo de incendios forestales.

3 ASPECTOS GENERALES

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El departamento de Cusco está situado en la región suroriental del territorio peruano, tiene como capital a la ciudad del Cusco. Sus límites son por el norte con el departamento de Ucayali; por el este con los departamentos de Madre de Dios y Puno; por el sur con el departamento de Arequipa y por el oeste con los departamentos de Apurímac y Ayacucho. Su altitud está entre los 277 msnm (Isla Mishahua, distrito Echarate) y los 6372 msnm (Nevado Auzangate, distrito Ocongate) (INEI, 2018)

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de Cusco.



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



3.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS

Cusco constituye uno de los espacios geográficos más diversos del país en cuanto a geomorfología, clima, suelo, vegetación y fauna. En general la región presenta cuatro grandes unidades fisiográficas: la cordillera occidental, cordillera oriental, faja subandina y llano amazónico, que en conjunto dan un matiz complejo a su relieve, esto también hace posible una diversificación de 22 tipos climáticos (Gobierno regional del Cusco, 2005).

Con respecto a las principales unidades de cobertura vegetal, la distribución geográfica y superficie de los bosques o comunidades de árboles representan el 44.1 % de la superficie regional, la superficie de comunidades pajonales y herbáceas equivalen al 33.3 %, mientras que las comunidades de matorrales representan el 6.3 % de la superficie total (Gobierno Regional de Cusco, 2016)

3.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

El departamento de Cusco tiene una población total 1'205,527 habitantes, donde 596,525 son hombres y 609,002 mujeres, el 60.7% de la población pertenece al área urbana y el 39,3% corresponde al área rural; A su vez se han cuantificado un total de 444,986 viviendas particulares, el 50.5% corresponden al área urbana y el 49.5% al área rural.

Tabla 1. Población del departamento de Cusco

Ambito	Hombres	Mujeres	Total
Urbano	356,428	374,824	731,252
Rural	240,097	234,178	474,275
Total	596,525	609,002	1,205,527

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

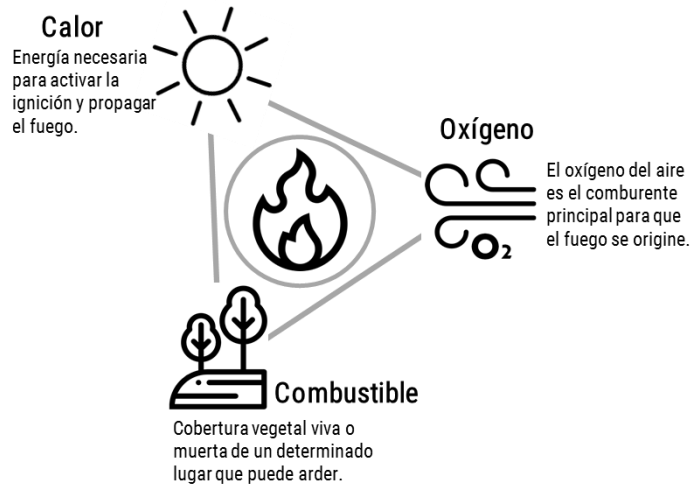
Asimismo, del total de viviendas, 323,572 se encuentran con personas presentes, de las cuales 82.2% disponen de alumbrado eléctrico conectado a la red pública; sin embargo, el 17.8% restante aún carece de este servicio. Además, el 79.6% de las viviendas cuenta acceso al servicio de agua potable; mientras que, el 20.4% restante accede a este recurso mediante otras fuentes (INEI, 2018).

4 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

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



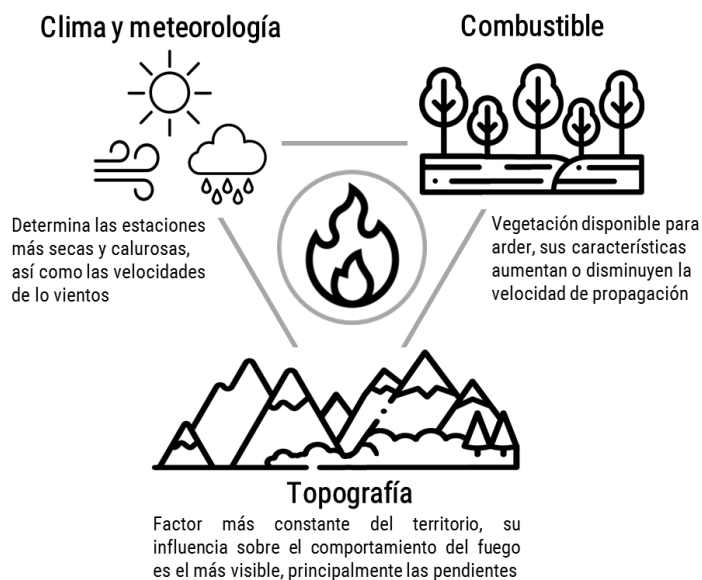
Figura 2. Triángulo del fuego para incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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

Figura 3. Factores de propagación del fuego para incendios forestales



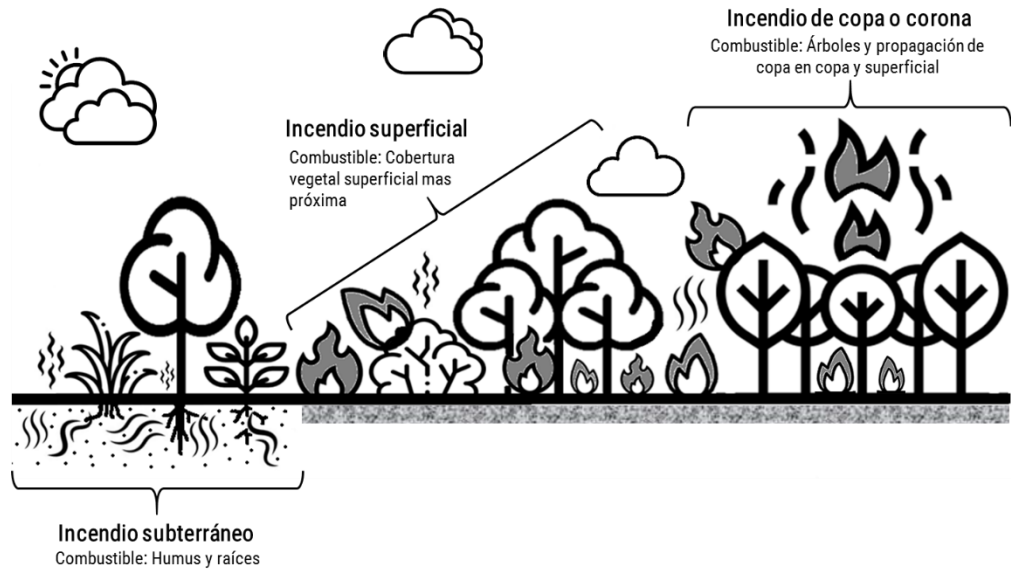
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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



generar llamas y 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

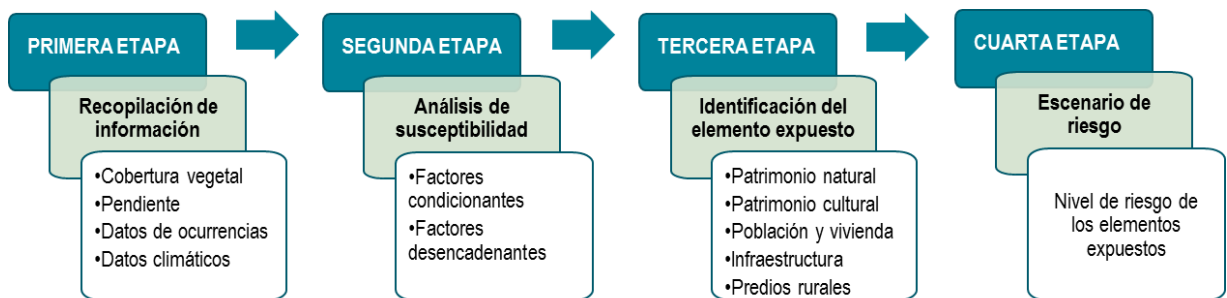


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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:

- Gobierno Regional del Cusco: Mapa de cobertura vegetal de Cusco (2016).
- Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco (DDCC): Registros histórico de incendios forestales de Cusco (2015-2020), Sitios arqueológicos de la provincia de Cusco.
- Policía Nacional del Perú – Región Policial Cusco: Registros histórico de incendios forestales de Cusco (2017-2020).
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR): Cicatrices de incendios forestales (2018), alertas de incendios forestales (2018 – 2020), focos de calor de incendios forestales (2012 – 2020).
- Ministerio del Ambiente (MINAM): 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).
- World Bank Group: Atlas solar global (2019), Atlas de vientos global (2019).
- Ministerio de Cultura (MINCUL): Información de monumentos arqueológico.
- Otras fuentes:
 - i. Mapa de pendientes elaborado por el CENEPRED con base en la información proveniente del ASTER Global DEM de la colección Terra ASTER de la Japan Space System.
 - 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

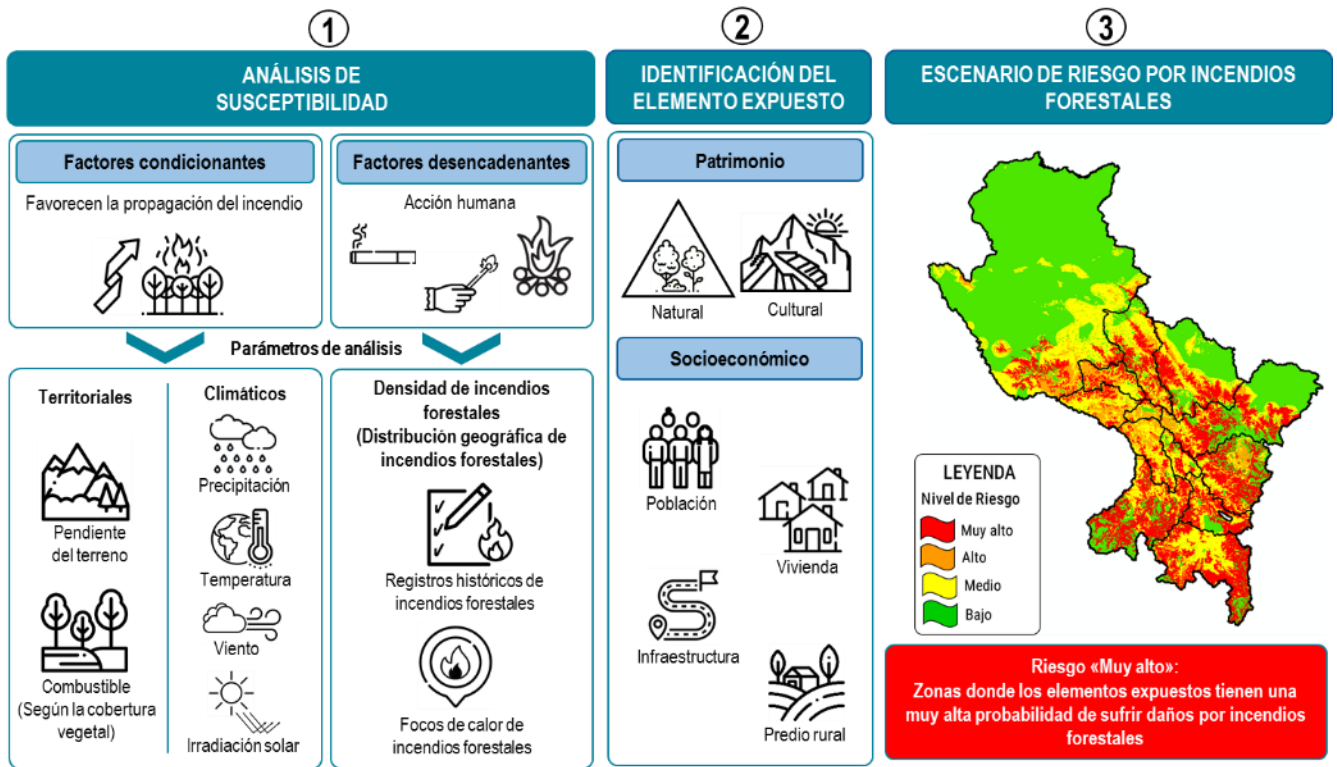
El modelo generado para obtener el escenario de riesgo por incendios forestales de la región Cusco, se encuentra representado en la Figura 6.

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

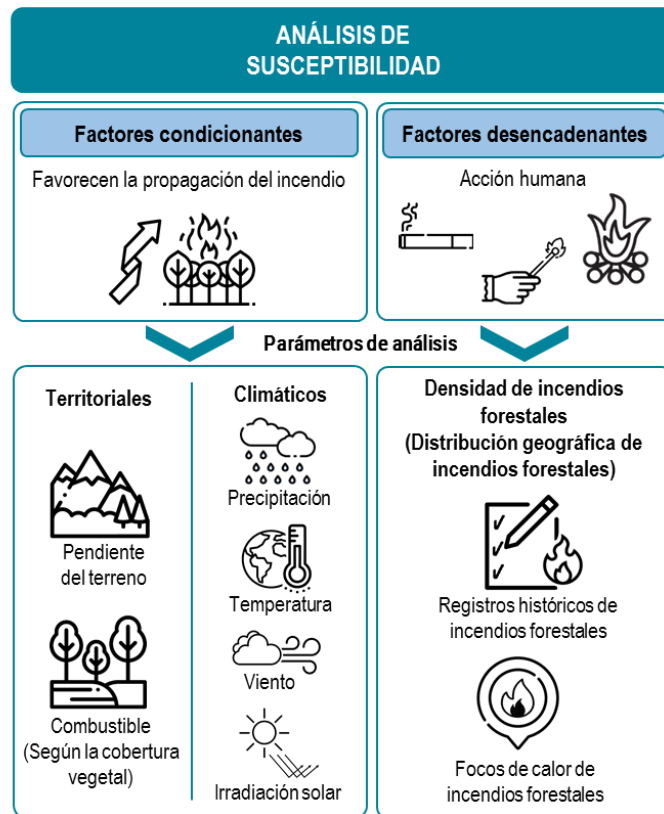
7.1 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Este análisis permitirá conocer la predisposición del territorio nacional a la ocurrencia de incendios forestales, 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 quemadas (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 2). Para ello se utilizó como insumo el mapa de cobertura vegetal (Gobierno Regional de Cusco, 2016), homologado a las unidades del mapa nacional descritas por el MINAM (2015)¹

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



Tabla 2. Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal

Cobertura vegetal (Corine Land Cover - Nivel 3)	Combustible predominante	Cobertura vegetal (Corine Land Cover - Nivel 3)	Combustible predominante
Aguajal	No combustible	Matorral Húmedo Submontano	Arbusto
Area con intervencion antropica	No combustible	Matorral Húmedo Subnival	Arbusto
Area urbana	Area urbana	Matorral Pluvial Altimontano	Arbusto
Bofedal	No combustible	Matorral Pluvial Montano	Arbusto
Bosque Húmedo Altimontano	Arboles/Arbustos	Matorral Semiarido Montano	Arbusto
Bosque Húmedo Altoandino	Arboles/Arbustos	Matorral Semiarido Submontano	Arbusto
Bosque Húmedo Basal	Arboles	Matorral Subhúmedo Altimontano	Arbusto
Bosque Húmedo Basimontano	Arboles	Matorral Subhúmedo Altoandino	Arbusto
Bosque Húmedo Montano	Arboles	Matorral Subhúmedo Montano	Arbusto
Bosque Húmedo Submontano	Arboles	Matorral Subhúmedo Submontano	Arbusto
Bosque Pluvial Altimontano	Arboles	Nevados	No combustible
Bosque Pluvial Basimontano	Arboles	Pacal	No combustible
Bosque Pluvial Montano	Arboles	Pajonal Húmedo Altimontano	Pajonal
Bosque Pluvial Submontano	Arboles	Pajonal Húmedo Altoandino	Pajonal
Bosque Semiarido Montano	Arboles	Pajonal Húmedo Subnival	Pajonal
Bosque Semiarido Submontano	Arboles	Pajonal Subhúmedo Altimontano	Pajonal
Bosque Subhúmedo Altimontano	Arboles	Pajonal Subhúmedo Altoandino	Pajonal
Bosque Subhúmedo Altoandino	Arboles	Pastizal Húmedo Altimontano	Pastos/hierbas
Bosque Subhúmedo Basimontano	Arboles	Pastizal Húmedo Altoandino	Pastos/hierbas
Bosque Subhúmedo Montano	Arboles	Pastizal Húmedo Subnival	Pastos/hierbas
Bosque Subhúmedo Submontano	Arboles	Pastizal Pluvial Basimontano	Pastos/hierbas
Herbazal Altoandino	Hierbas	Pastizal Pluvial Montano	Pastos/hierbas
Herbazal Húmedo Basimontano	Hierbas	Pastizal Semiarido Montano	Pastos/hierbas
Lagunas	No combustible	Pastizal Subhúmedo Altoandino	Pastos/hierbas
Matorral Húmedo Altimontano	Arbusto	Plantacion forestal	Arboles
Matorral Húmedo Altoandino	Arbusto	Puyal	Arboles
Matorral Húmedo Basimontano	Arbusto	Río	No combustible
Matorral Húmedo Montano	Arbusto	Vegetación Crioturpada	No combustible
Matorral Húmedo Montano Bajo	Arbusto	Vegetación Saxicola	No combustible

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

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

Tabla 3. Ponderación de los tipos de combustibles

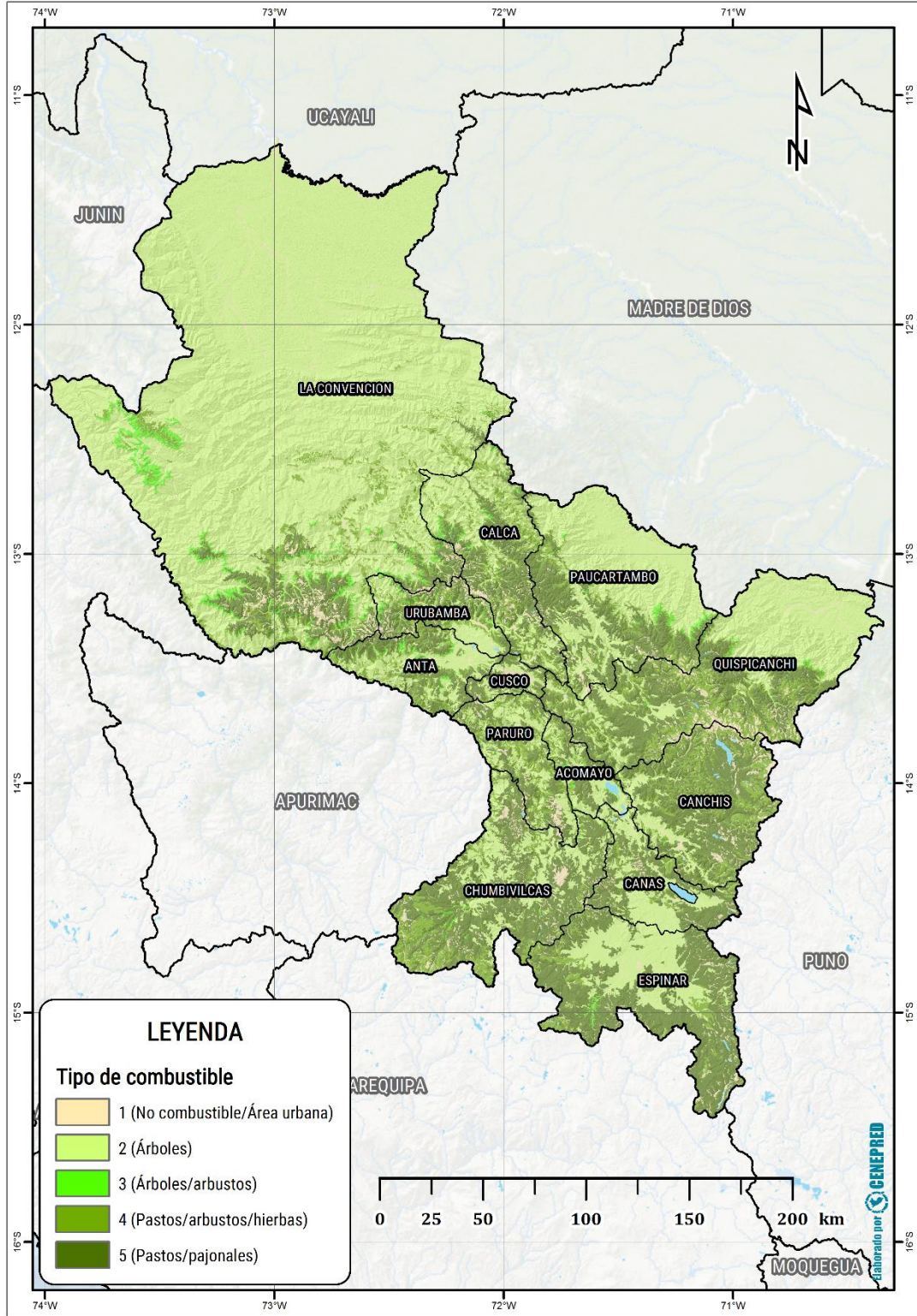
Combustible predominante	Nivel de combustibilidad	Peso asignado
Pajonal	Muy alto	5
Pasto	Muy alto	5
Arbusto	Alto	4
Hierbas	Alto	4
Pastos/hierbas	Alto	4
Arboles/Arbustos	Medio	3
Arboles	Bajo	2
Area urbana	Muy bajo/Nulo	1
No combustible	Muy bajo/Nulo	1

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



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

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



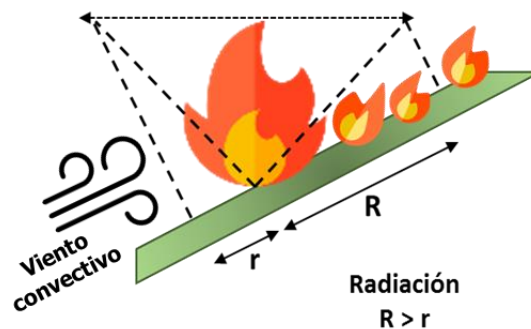
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



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 de pendientes de la región Cusco (Figura 10), elaborado por el CENEPRED (2018), usó como base el modelo digital de elevación (30 metros de resolución) obtenido del proyecto ASTER Global DEM de la colección Terra ASTER de la Japan Space System, los rangos de las pendientes se adaptaron de la propuesta del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), para luego asignar un peso a cada rango (Tabla 4).

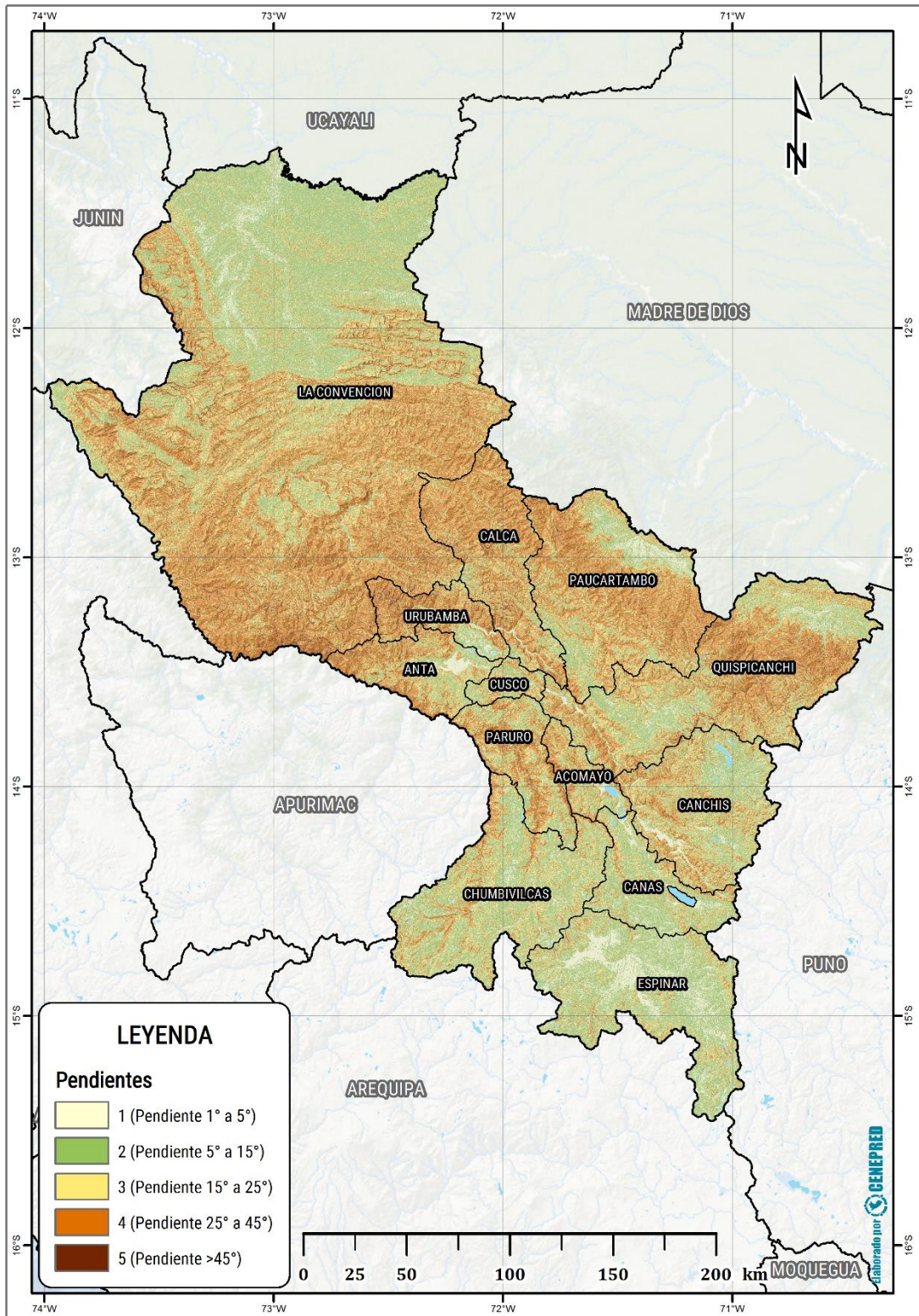
Tabla 4. Ponderación de las pendientes

Pendiente del terreno en grados	Nivel de pendiente	Peso 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).

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

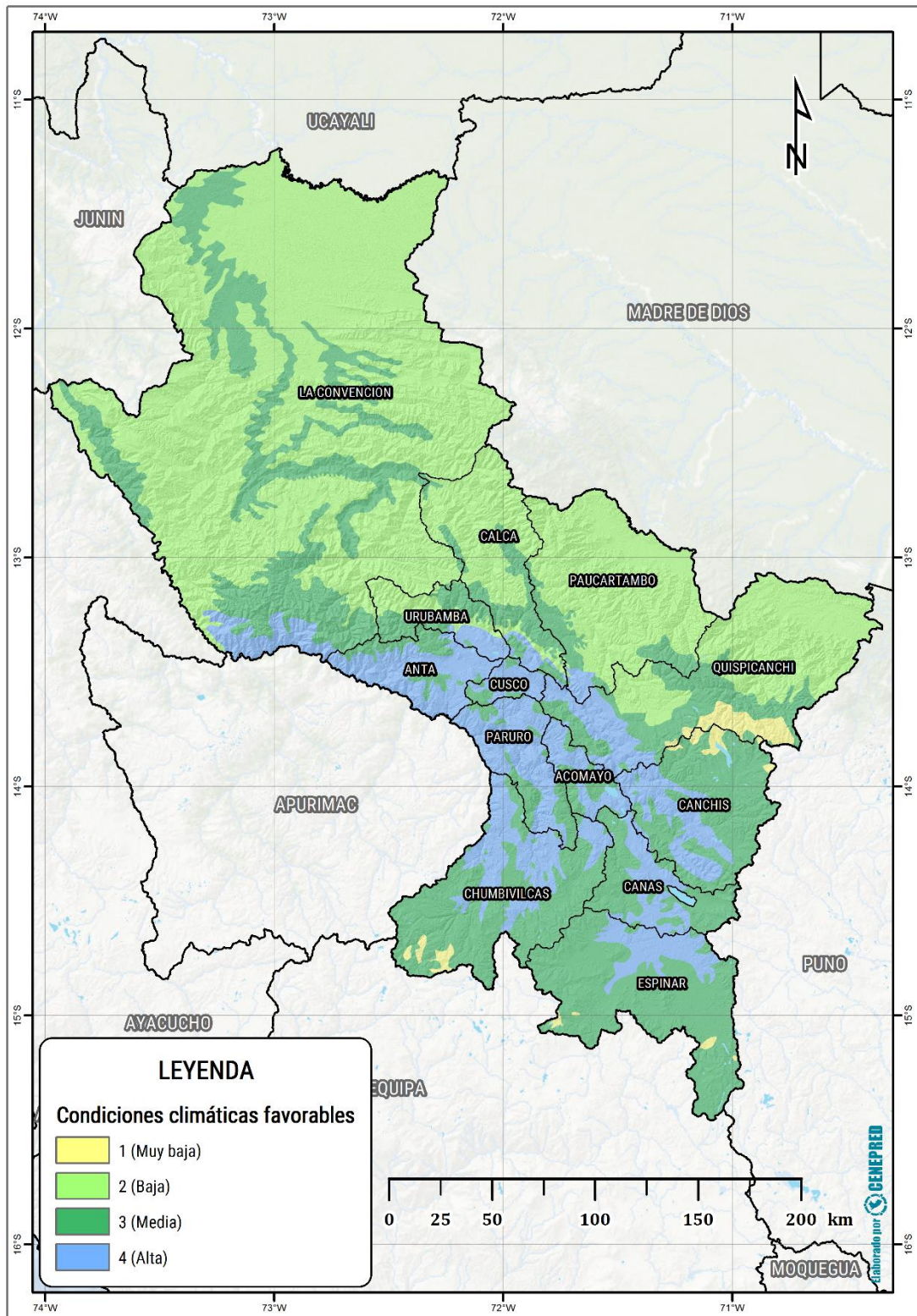
Tabla 5. Ponderación de variables climáticas (Thornthwaite)

Código de clima	Precipitación efectiva	Distribución de la precipitación durante el año	Temperatura eficiente	Humedad relativa	Peso asignado
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
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) C' H3	Lluvioso	Precipitación abundante en todas las estaciones del año	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
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).

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 Cusco se usarán los datos obtenidos a 10 metros de la superficie y para su clasificación se tomó como referencia la escala Beaufort para la fuerza del viento a partir de la velocidad y sus efectos en tierra (Tabla 6) y (Figura 12).

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

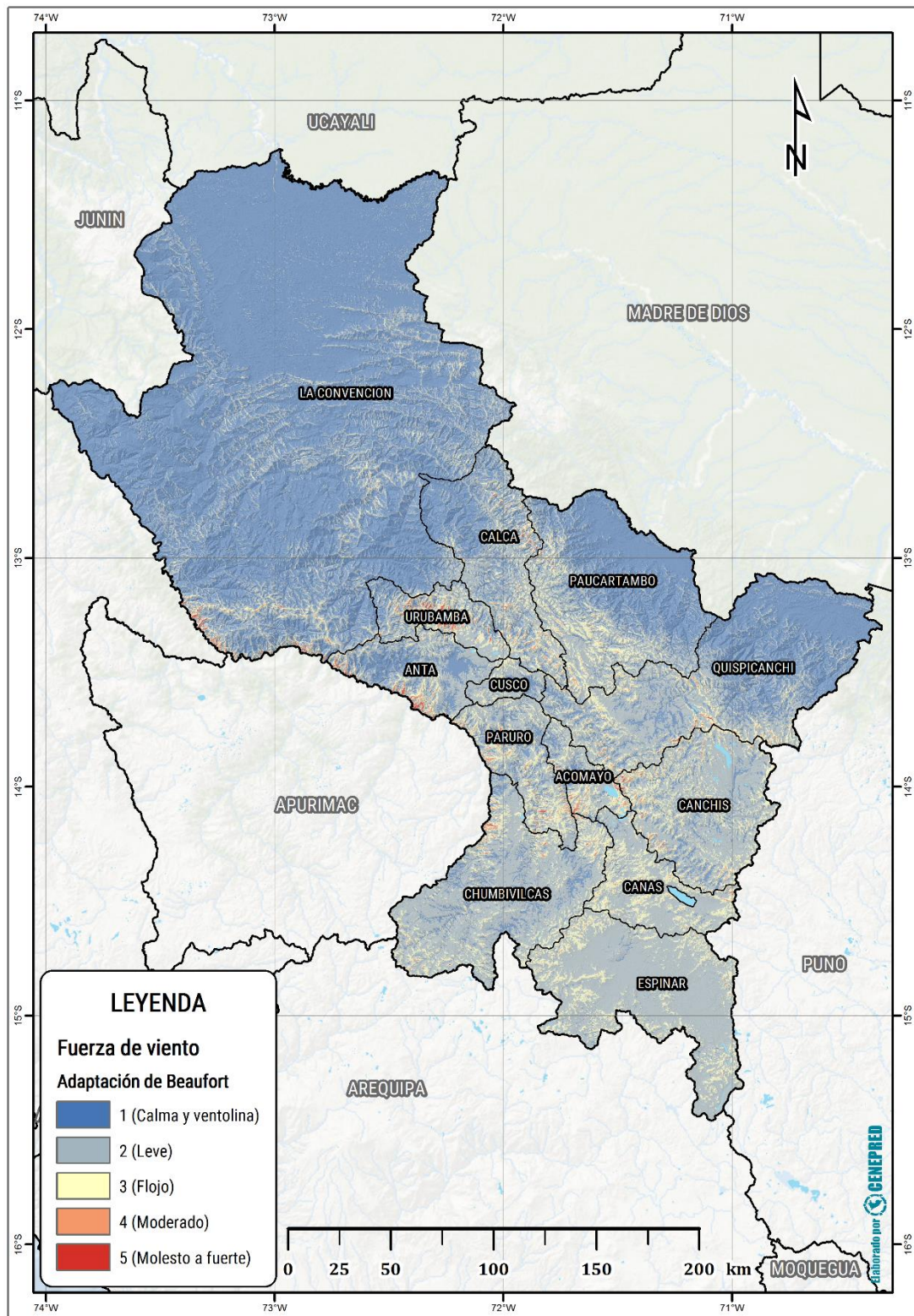
Grado Beaufort	Velocidad Beaufort (m/s)	Descripción	Peso asignado
0 a 1	0 - 1.5	Calma y ventolina	1
2	1.5 - 3.4	Leve	2
3	3.4 - 5.4	Flojo	3
4	5.4 - 7.9	Moderado	4
Mayor a 5	>7.9	Molesto a fuerte	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

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



Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del Global Wind Atlas (World Bank Group). 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, las zonas de mayor incidencia e irradiación de energía solar del territorio del Cusco, se encuentra principalmente en el sector sur, donde se dispone de 6.0 a 6.5 kW h/m² de energía solar irradiada, mientras que las zonas de bajos valores de irradiación solar las encontramos en el norte y están principalmente en los sectores amazónicos del departamento (Valores de 4.5 a 5.0 kW h/m²). Esta información fue obtenida del Atlas Solar Global, iniciativa de datos abiertos meteorológicos y de radiación solar de países específicos realizadas por el Banco Mundial³, ver Tabla 7 y Figura 13.

Tabla 7. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente

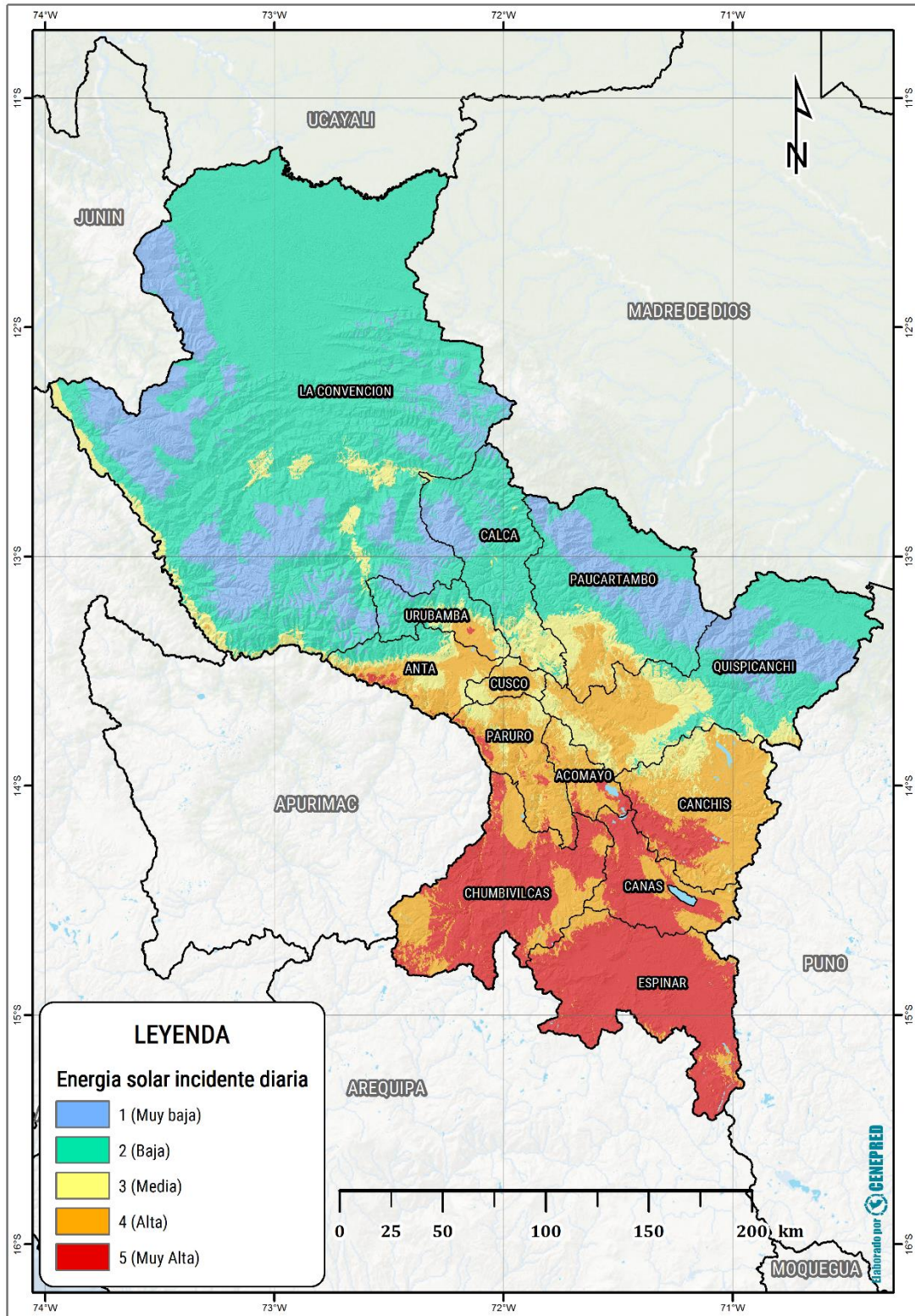
Rango kW h/m ²	Nivel de energía solar incidente	Peso asignado
6.5 - 7.0	Muy Alto	5
6.0 - 6.5	Muy Alto	5
5.5 - 6.0	Alto	4
5.0 - 5.5	Medio	3
4.5 - 5.0	Bajo	2
4.0 - 4.5	Bajo	2
0.0 - 4.0	Muy bajo	1

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

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



Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente



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



7.1.3 Modelamiento de los factores condicionantes

La Tabla 8, muestra los pesos asignados a los parámetros de evaluación, según los factores condicionantes: territoriales y climáticos. En la Figura 14 se muestra el mapa resultado de este modelo.

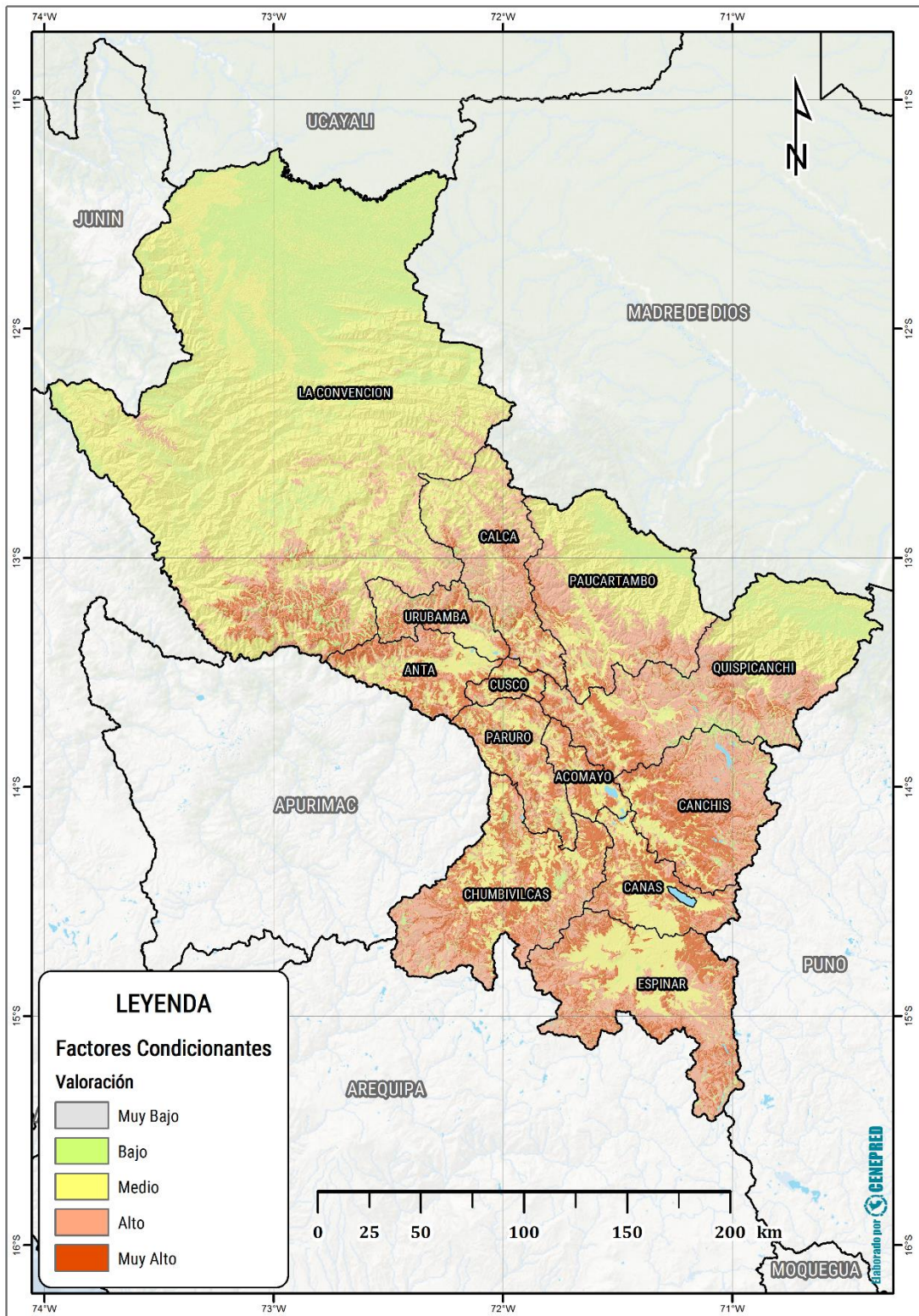
Tabla 8. *Matriz de factores condicionantes*

Parámetros de análisis		Peso asignado
F.C territoriales	Pendiente	0.15
	Combustible	0.5
F.C climáticos	Climas (Thornthwaite)	0.25
	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



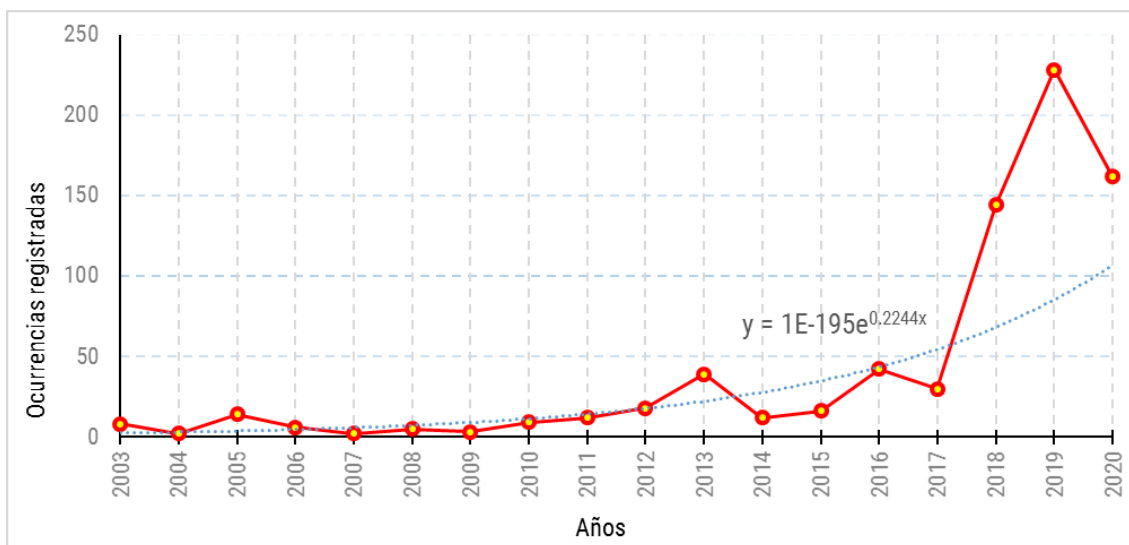
7.2 FACTOR DESENCADENANTE

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

Figura 15. Incendios registrados por año en la región Cusco



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del GORE Cusco, PNP Cusco, INDECI. (2020)

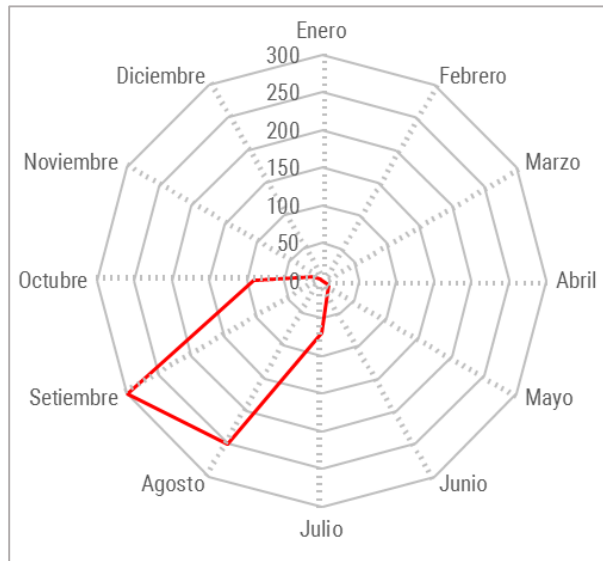
Así mismo, se identificó para la región, que la mayoría de incendios se han generado entre los meses de julio a octubre. Este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (Manta, 2017; Manta & León, 2004) (Figura 16).

⁴ Referenciado en (SERFOR, 2018)

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



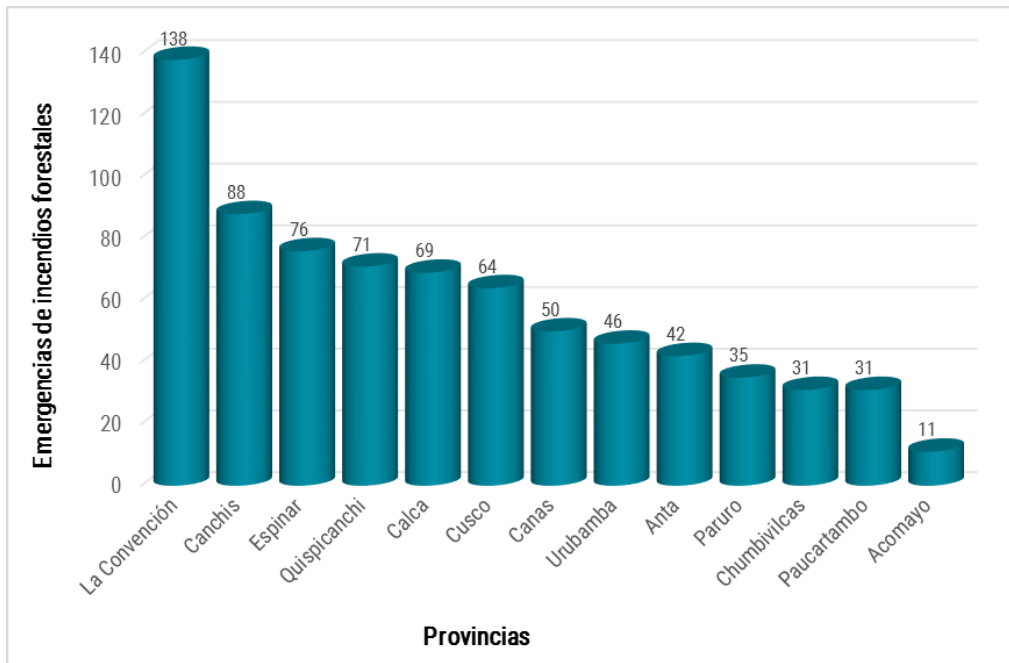
Figura 16. *Tendencia mensual de incendios forestales en la región Cusco*



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del GORE Cusco, PNP Cusco, INDECI. (2020)

Al organizar las frecuencias de incendios forestales por provincias durante el periodo 2003-2020, el resultado concluye que las provincias con mayores registros de incendios forestales son: La Convención, Canchis, Espinar, Quispicanchi y Calca (Figura 17).

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



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del GORE Cusco, PNP Cusco, INDECI. (2020)



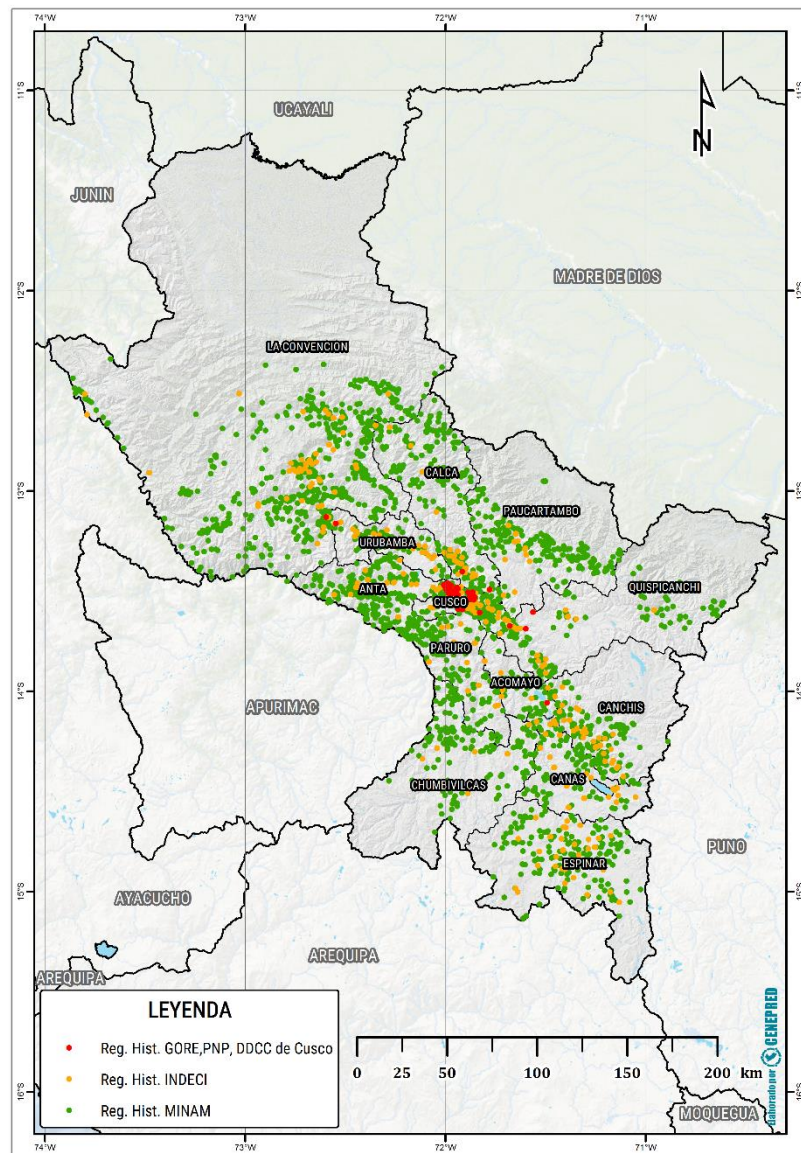
7.2.1 Densidad de incendios forestales

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 GORE Cusco, PNP Cusco, 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. 2020



B) Focos de calor

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

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

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

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

Donde:

BT_4 : Temperatura de brillo en grados Kelvin

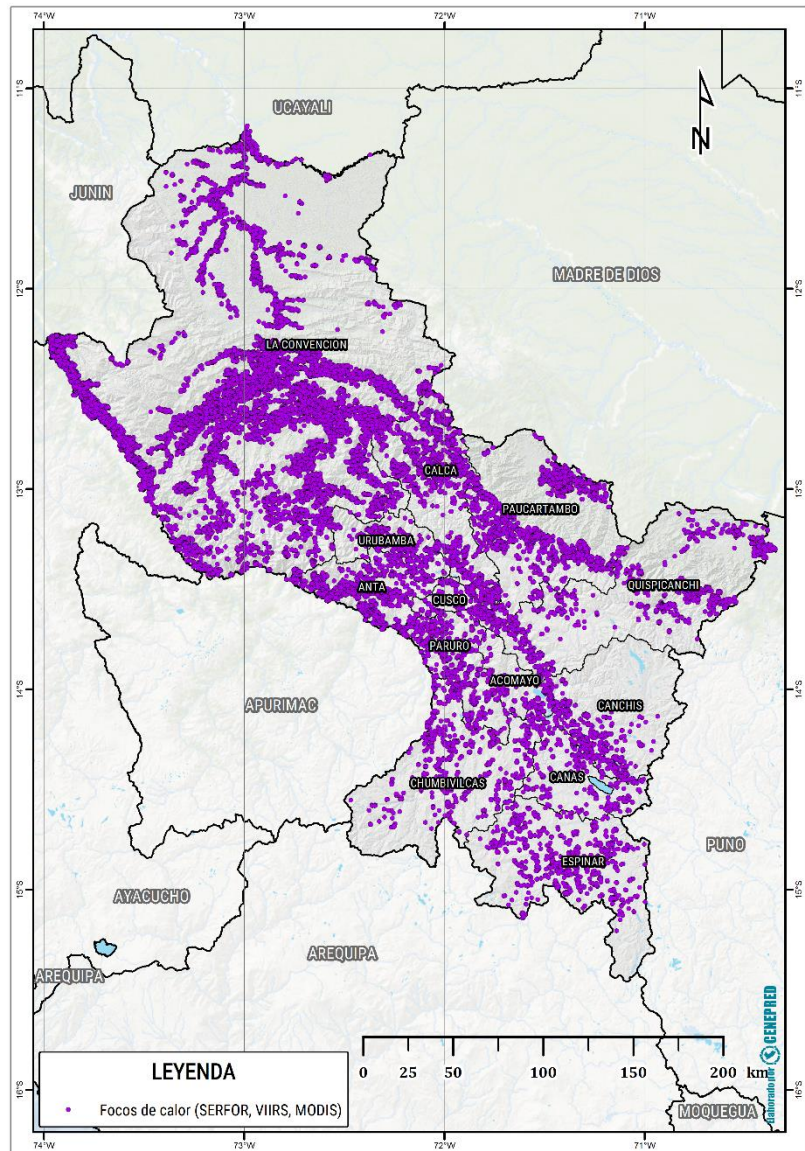
ΔBT_{45} : Diferencia de temperatura de brillo entre los canales 4 y 5

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

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



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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

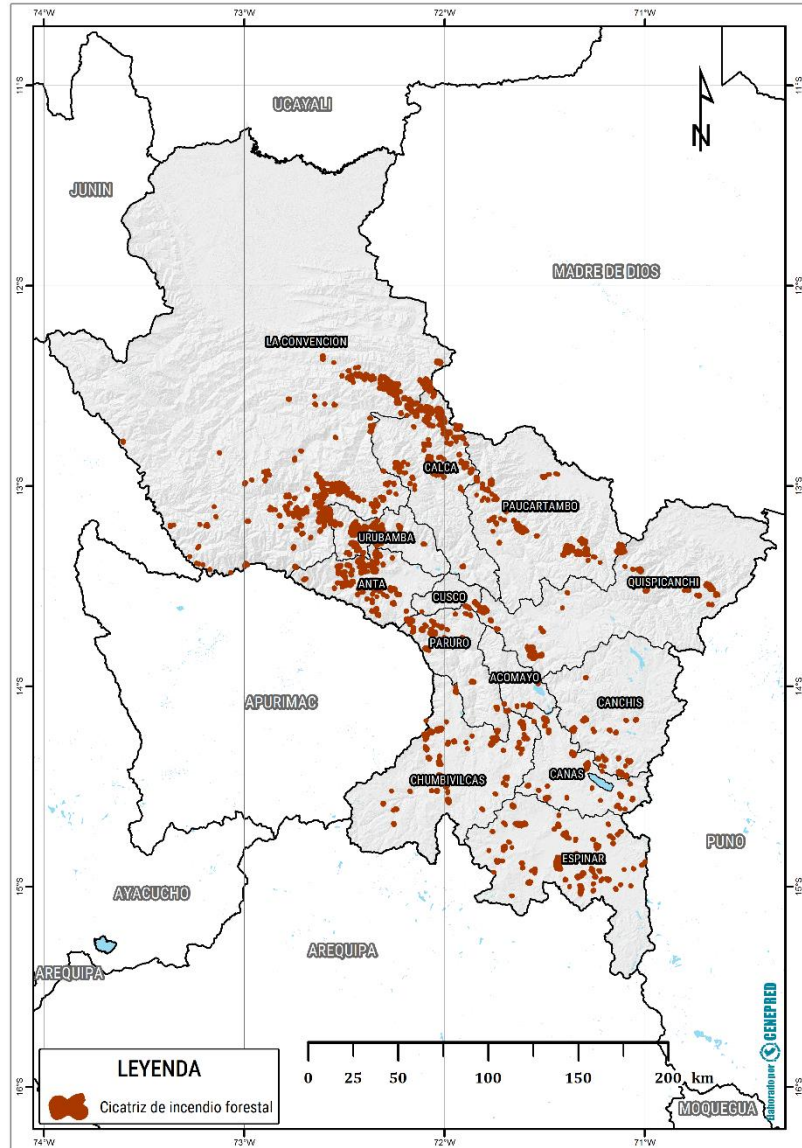
C) Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)

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 y se extrajo aquellos que se encuentran en la superficie de la región Cusco.



Finalmente, 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 para la región.

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



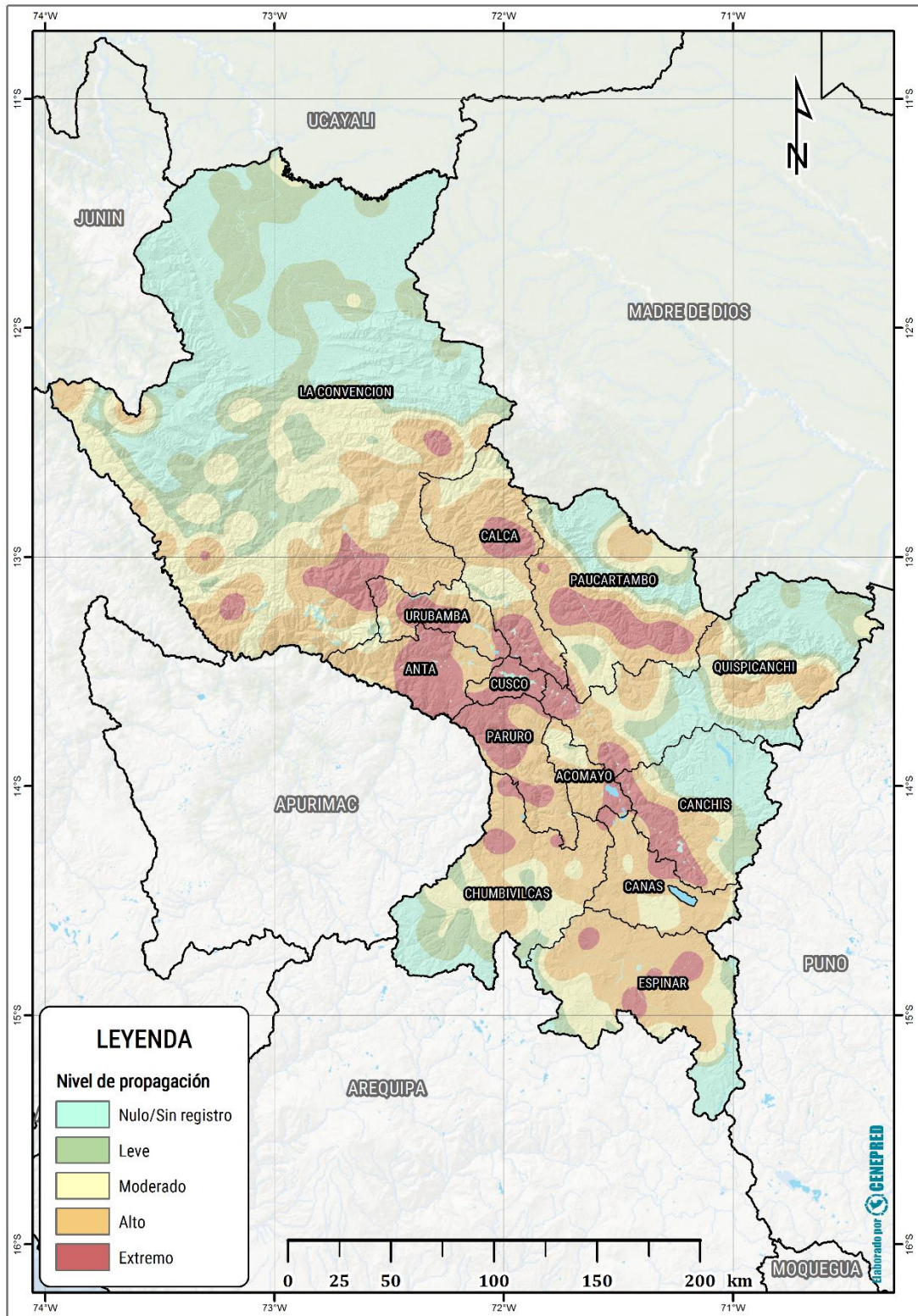
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

7.2.2 Modelamiento del factor desencadenante

Se modeló por el método de densificación de puntos toda la información de la base de datos de ocurrencias de incendios forestales, dando como resultado las áreas de propagación de incendios forestales, que representan una aproximación a la distribución espacial de estos en el ámbito de la región Cusco, durante el periodo 2003 – 2020. (Figura 21).



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



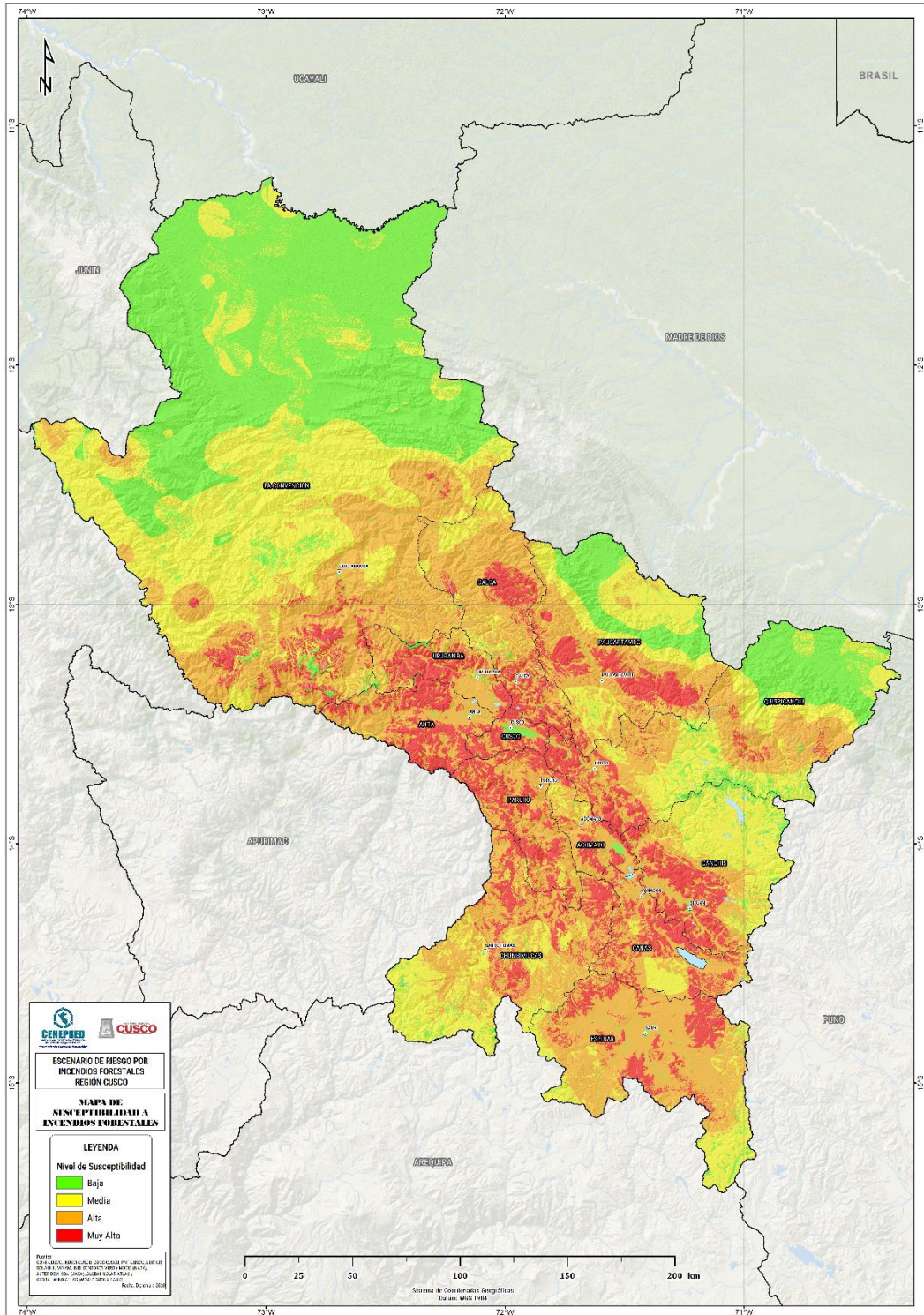
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



7.3 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

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

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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



La Tabla 9, presenta las áreas correspondientes a los niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el ámbito de la región Cusco.

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

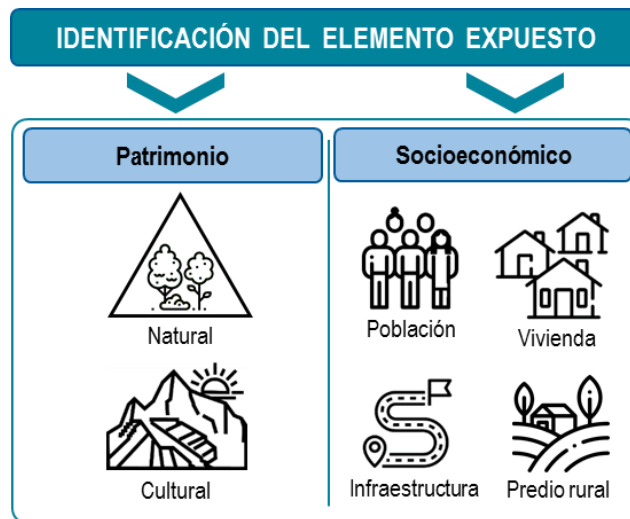
Nivel	Área aprox. (km ²)	Porcentaje (%)
Muy alto	9,338.67	13.0%
Alto	23,981.11	33.3%
Medio	19,882.94	27.6%
Bajo	18,853.74	26.2%
Total	72,056.47	100

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 23).

Figura 23. Elementos expuestos a incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



8.1 PATRIMONIALES

8.1.1 Patrimonio cultural

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

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

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

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

8.1.2 Patrimonio natural

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

De acuerdo a lo mencionado este análisis ha considerado a los principales ecosistemas que forman parte del patrimonio natural de la región Cusco, 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 escenario nacional de incendios forestales (CENEPRED, 2020), el resultado de lo descrito para la región Cusco, se muestra en la Tabla 10 y su representación espacial en la Figura 24.

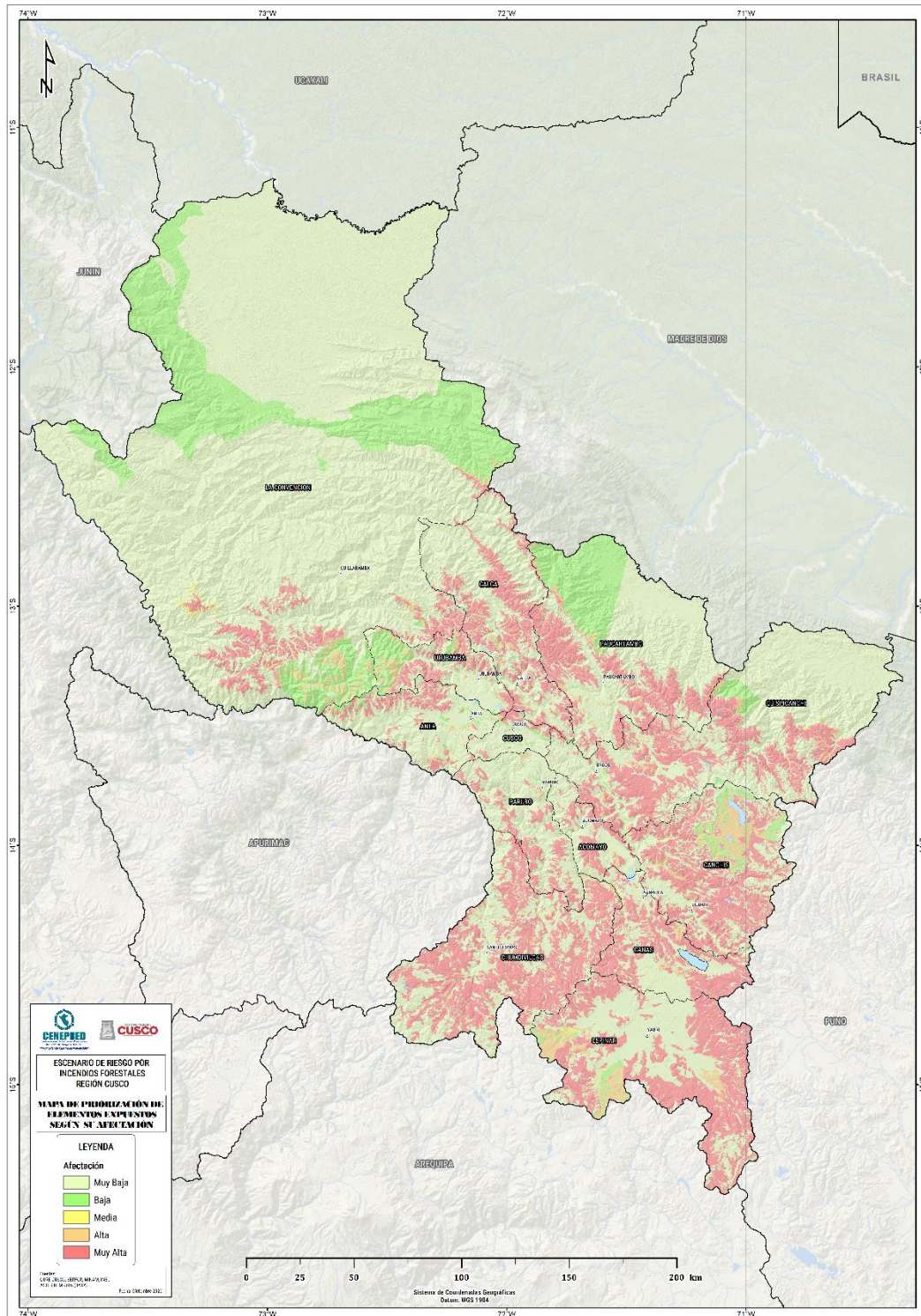
Tabla 10. *Elementos expuestos – patrimonio natural priorizado*

Elementos expuestos naturales		Peso
Ecosistemas	Pajonal Humedo Altoandino	5
	Pajonal Humedo Subnival	5
	Pajonal Subhumedo Altoandino	5
	Pajonal Húmedo Altimontano	5
	Herbazal Altoandino	5
	Matorral Húmedo Altoandino	4
	Bosque Húmedo Altoandino	3
	Plantación forestal	2
	Ecosistemas no priorizados	1
Áreas protegidas	ANP, ACR, ACP	2

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020



Figura 24. Mapa de priorización elementos expuestos a incendios forestales según su afectación – patrimonio natural





8.2 SOCIECONÓMICO

Por ser una escala de trabajo a nivel del territorio de la región Cusco, 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 25.7% del territorio de la región Cusco (Tabla 11), distribuidas principalmente en las provincias de Chumbivilcas, Espinar, Quispicanchi, Canchis y La Convención (Figuras 25 y 26). También se presenta las áreas que ocupan todos los niveles de riesgo a incendios forestales en la región Cusco en la Figura 27.

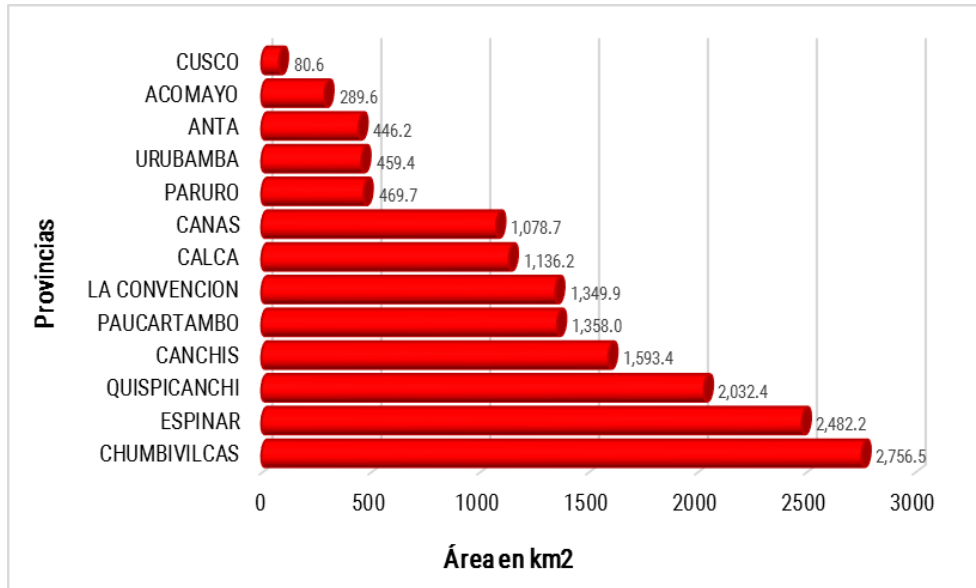
Tabla 11. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en la región Cusco

Nivel	Área aprox. (km ²)	Porcentaje (%)
Muy alto	15,533.08	21.6%
Alto	2,953.38	4.1%
Medio	19,054.24	26.4%
Bajo	34,515.76	47.9%
Total	72,056.47	100

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

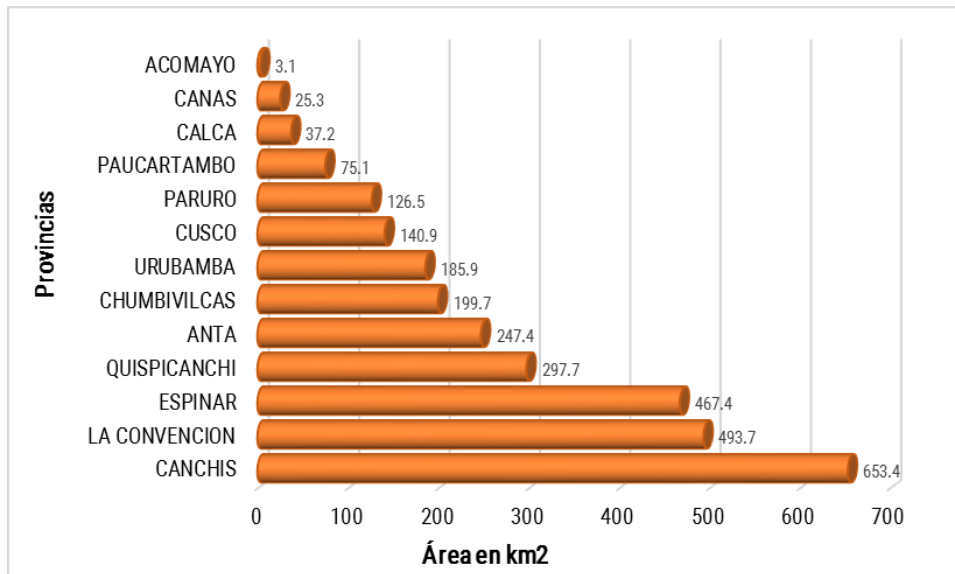


Figura 25. Áreas en riesgo muy alto por provincias



Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

Figura 26. Áreas en riesgo alto por provincias

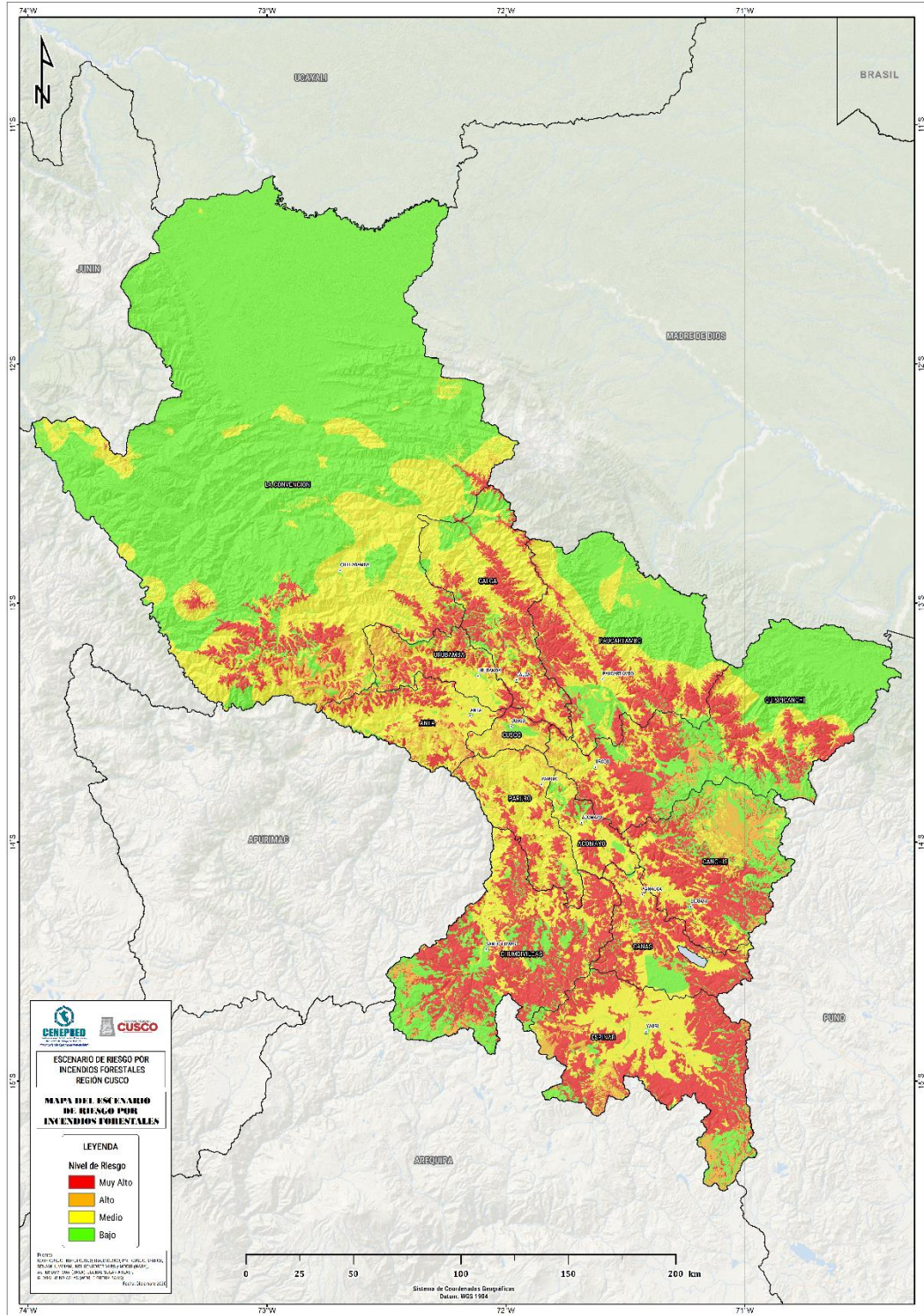


Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

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 12 y 13.



Figura 27. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



Tabla 12. 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 Monumental	Sitio Arqueológico	Bosque Húmedo Altoandino	Herbazal Altoandino	Matorral Húmedo Altoandino	Pajonal Húmedo Altimontano	Pajonal Húmedo Altoandino	Pajonal Húmedo Subnival	Pajonal Subhúmedo Altoandino	Plantación forestal	Población y vivienda			Infraestructura					
											Centros Poblados	Viviendas	Población	Establec.de Salud	Instituciones Educativas	Estación Hidroeléctricas	Carretera (Km)		
1	ACOMAYO	0	0	0	0	947	367.10	11866	10121	5651	0	37	147	462	0	4	0	3.15	
2	ANTA	1	1	0	5936	659	11,185.64	17,421.05	1,984.04	7,427.44	0	28	150	442	0	0	0	30.53	
3	CALCA	0	0	0.09	1,969.47	793	38589	47,770.19	10,211.36	14,279.75	0	49	665	2,370	1	15	0	11.24	
4	CANAS	1	0	0	1159	4628	13212	79979	8,886.23	0	0	83	939	2,732	0	17	0	72.01	
5	CANCHIS	0	0	0.27	278.46	6901	11524	96,054.09	44,543.03	31.68	0	223	1,022	2,717	0	11	0	11.55	
6	CHUMBIVILCAS	0	4	0	2348	3,028.75	32,272.56	227,870.68	7631	2492	0	356	2,352	8,670	2	26	0	70.48	
7	CUSCO	1	6	0	103.65	0	0	3,359.98	76.50	4,508.78	0	6	177	596	0	0	0	0	
8	ESPINAR	0	1	0	9,098.37	0	1,716.75	161,542.23	75,856.78	0	0	368	1,685	4,670	0	19	0	130.86	
9	LA CONVENCION	0	0	0	0	4843	54,265.77	67,284.49	8,590.97	0	0	25	145	448	0	0	0	20.74	
10	PARURO	0	0	0	2331	246	6690	23,396.16	1,276.56	13,023.04	0	17	90	278	0	0	0	24.55	
11	PAUCARTAMBO	0	0	0	1412	406	59620	60,021.82	643.52	13,683.01	0	90	837	2,942	0	25	0	12.84	
12	QUISPICANCHI	1	0	0	4576	3,953.52	5,075.10	105,821.11	61663	22145	0	182	1,777	6,300	1	38	0	77.09	
13	URUBAMBA	0	0	0	673	75.78	19,680.35	17,306.16	1673	6518	0	27	490	1687	1	5	0	0	
Totales		4	12	0.36	29,886.02	26,479.99	254,198.12	919,692.85	233,156.97	89,760.38	0.00	1,491	10,476	34,314	5	160	0	465.04	

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

Tabla 13. 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 Monumental	Sitio Arqueológico	Bosque Húmedo Altoandino	Herbazal Altoandino	Matorral Húmedo Altoandino	Pajonal Húmedo Altimontano	Pajonal Húmedo Altoandino	Pajonal Húmedo Subnival	Pajonal Subhúmedo Altoandino	Plantación forestal	Población y vivienda			Infraestructura					
											Centros Poblados	Viviendas	Población	Establec.de Salud	Instituciones Educativas	Estación Hidroeléctricas	Carretera (Km)		
1	ACOMAYO	0	0	0	0	1.46	0	0.63	0.18	1.08	1.26	-	-	-	0	0	0	0.00	
2	ANTA	0	0	0	0.72	133.11	12.42	2.25	39.15	0.09	2,225.32	14	80	263	0	2	0	83.00	
3	CALCA	0	0	107.37	0.09	796.23	79.88	693.90	0.36	1,469.25	196.46	11	265	798	0	1	0	0.00	
4	CANAS	0	0	0	2,219.58	183.67	0.63	14.27	31.14	0	62.82	8	89	268	0	2	0	10.59	
5	CANCHIS	0	0	208.98	0.00	940.23	239.85	2,893.20	60,010.69	0	790.29	92	429	1,130	1	7	0	138.45	
6	CHUMBIVILCAS	0	0	521.64	1,260.81	1,739.61	0.54	13,093.58	3,245.58	0	0.18	19	179	504	0	9	0	30.53	
7	CUSCO	1	3	0	0	0	0	0	0.09	3,707.29	0	10	88	284	1	2	0	2.11	
8	ESPINAR	0	0	1,665.54	5,255.82	0	0.36	5,661.06	30,281.81	0	0	82	224	528	0	5	0	22.63	
9	LA CONVENCION	0	0	7,716.60	0	2,493.63	1,806.71	1,400.28	4.41	0	0	6	41	112	0	0	1	76.09	
10	PARURO	0	0	0	3.24	0.36	0	0.45	0.18	0.09	450.64	1	1	4	0	0	0	90.47	
11	PAUCARTAMBO	0	0	0	2,356.36	0.09	2,438.55	2.43	0	0.90	3.87	3	95	328	0	3	0	50.95	
12	QUISPICANCHI	0	0	0	1,940.15	438.12	0.72	5,171.94	13,585.12	51.84	571.50	45	460	1,580	0	9	0	98.93	
13	URUBAMBA	0	0	126.81	0.36	157.50	812.03	615.62	150.57	0.63	392.95	12	179	775	2	2	0	0.00	
Totales		1	3	10,347	13,037.13	6,884.01	5,391.70	29,549.61	107,349.18	1,523.97	8,402.58	303	2,130	6,574	4	42	1	603.75	

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



10 CONCLUSIONES

- De acuerdo con 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 tuviera correlación con la mayor accesibilidad a nuevos recursos tecnológicos de geolocalización de estos eventos.
- De acuerdo con la base de datos de ocurrencias de incendios forestales del periodo 2003-2020, las provincias del departamento de Cusco con mayor cantidad de ocurrencia de eventos de incendios forestales son: La Convención, Canchis, Espinar, Quispicanchi y Calca.
- Del análisis se ha encontrado que las coberturas vegetales priorizadas y más expuestas a niveles de riesgo muy alto por incendios forestales son: Pajonal húmedo altoandino (919,692.85 ha), pajonal húmedo altimontano (254,198.12 ha) y pajonal húmedo subnival (233,153.97 ha). Asimismo, se encontró en el nivel de riesgo alto a: Pajonal húmedo subnival (107,349.18 ha), pajonal húmedo altoandino (29,549.61 ha) y herbazal altoandino (13,037.13 ha).
- Dentro de los elementos expuestos en niveles de riesgo muy alto a incendios forestales con mayor probabilidad de afectación encontramos un aproximado de 1,491 centros poblados, 5 establecimientos de salud, 160 instituciones educativas, 49,836.68 hectáreas de predios rurales rústicos, 4 zonas arqueológicas y 12 sitios arqueológicos. Del mismo análisis podemos encontrar en el nivel de riesgo alto a probable afectación a 303 centros poblados, 4 establecimientos de salud, 42 instituciones educativas, 11,521.41 hectáreas de predios rurales rústicos, 1 zona arqueológica y 3 sitios arqueológicos.
- El resultado del escenario de riesgo por incendios forestales nos muestra que el 21.6% (15,533.08 km²) del territorio de la región Cusco está expuesto a riesgo muy alto. Así mismo el 4.1% (2,953.38 km²) está expuesto a riesgo alto.



11 RECOMENDACIONES

- A las entidades técnicas competentes en incendios forestales de la región Cusco, desarrollar de forma articulada, el inventario regional 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 de la región Cusco, para implementar medidas preventivas y correctivas del riesgo, a su vez puede servir como referencia para los planes de contingencia ante incendios forestales en la región y así priorizar sus ámbitos de intervención.
- Los ejecutores de la gestión del riesgo regional y local tienen en este trabajo la focalización de las zonas donde pueden generar estudios y/o escenarios de riesgo a escalas más detalladas, que les permita planificar las acciones correspondientes a los procesos de prevención y reducción ante incendios forestales.
- La escala de trabajo utilizada en este escenario de riesgo es para un análisis territorial a nivel regional, por tanto, se recomienda que, para trabajos a nivel local, es necesario trabajar con información a escalas más detalladas siguiendo y adecuando estos, a la metodología propuesta en el presente estudio.
- Difundir el presente escenario de riesgo por incendios forestales a las entidades regionales que vienen trabajando en todos los procesos de la gestión del riesgo de desastres.



12 BIBLIOGRAFÍA

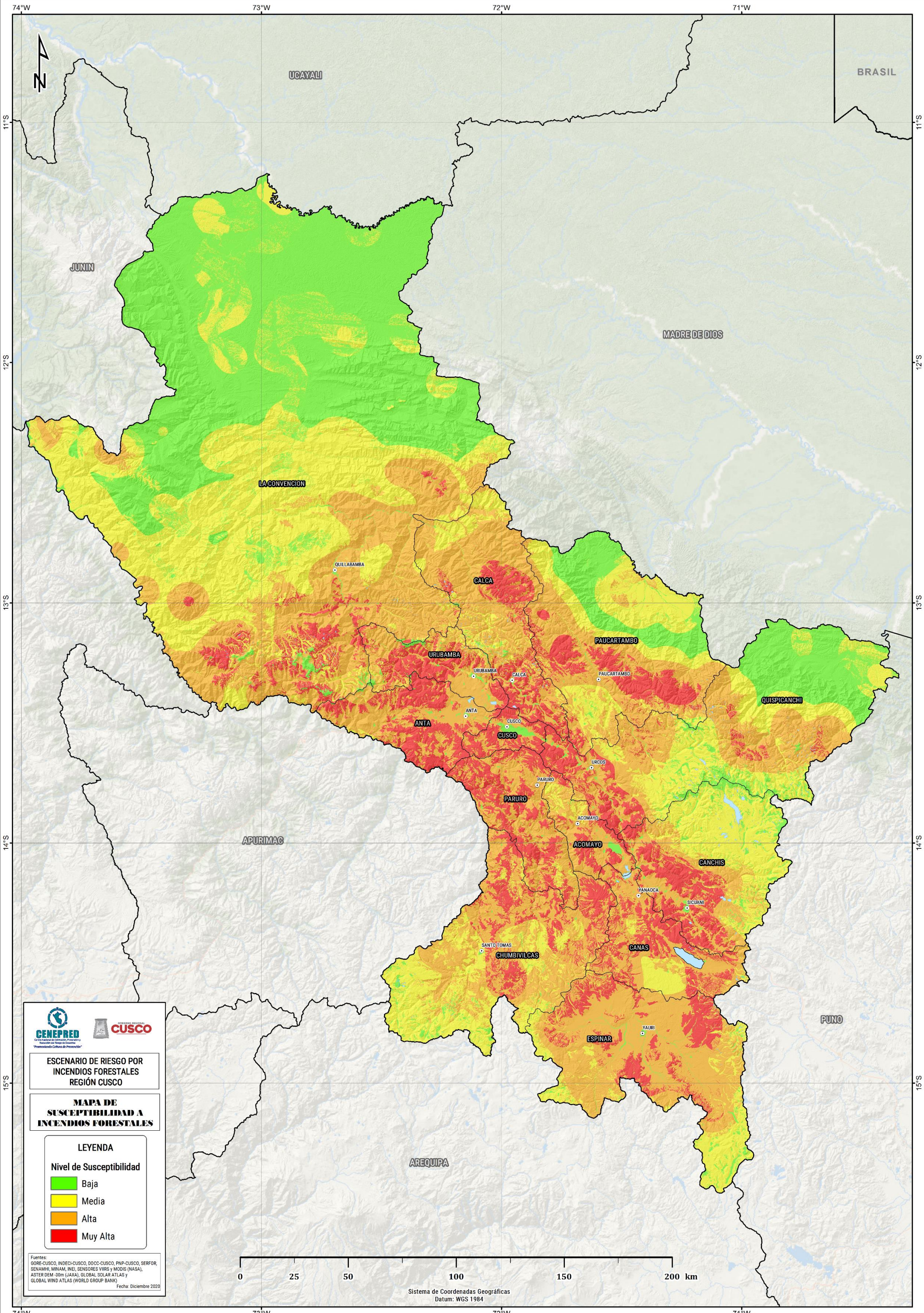
- CENEPRED. (2019). *Escenarios de riesgo por incendios forestales de la región Ancash*.
https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//8155_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales-en-el-departamento-ancash.pdf
- CENEPRED. (2020). *Escenario de riesgo por incendios forestales*.
- EDUCARM. (n.d.). Bloque: Incendios Forestales. In *Diapositivas en power point*.
<http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/tema1incendios.pdf>
- 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)
- Gobierno Regional de Cusco. (2016). Memoria descriptiva del mapa de cobertura vegetal de Cusco. In *Proyecto de fortalecimiento del desarrollo de capacidades en ordenamiento territorial en la región Cusco* (pp. 1-144).
- Gobierno regional del Cusco. (2005). *Zonificación ecológica económica del departamento del Cusco*.
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/zonificacion-ecologica-economica-zee-departamento-cusco>
- IDEAM. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000* [Protocolo].
- INEI. (2018). Tomo I - Departamento de Cusco. In *Resultados definitivos Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1559/
- 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.
- MINAM. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas - Memoria Descriptiva* (p. 119). www.minam.gob.pe
- 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. (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



ESENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES REGIÓN CUSCO

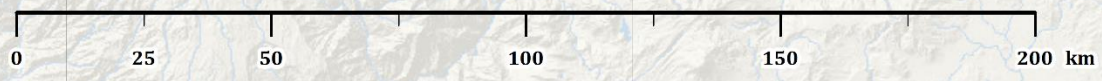
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA

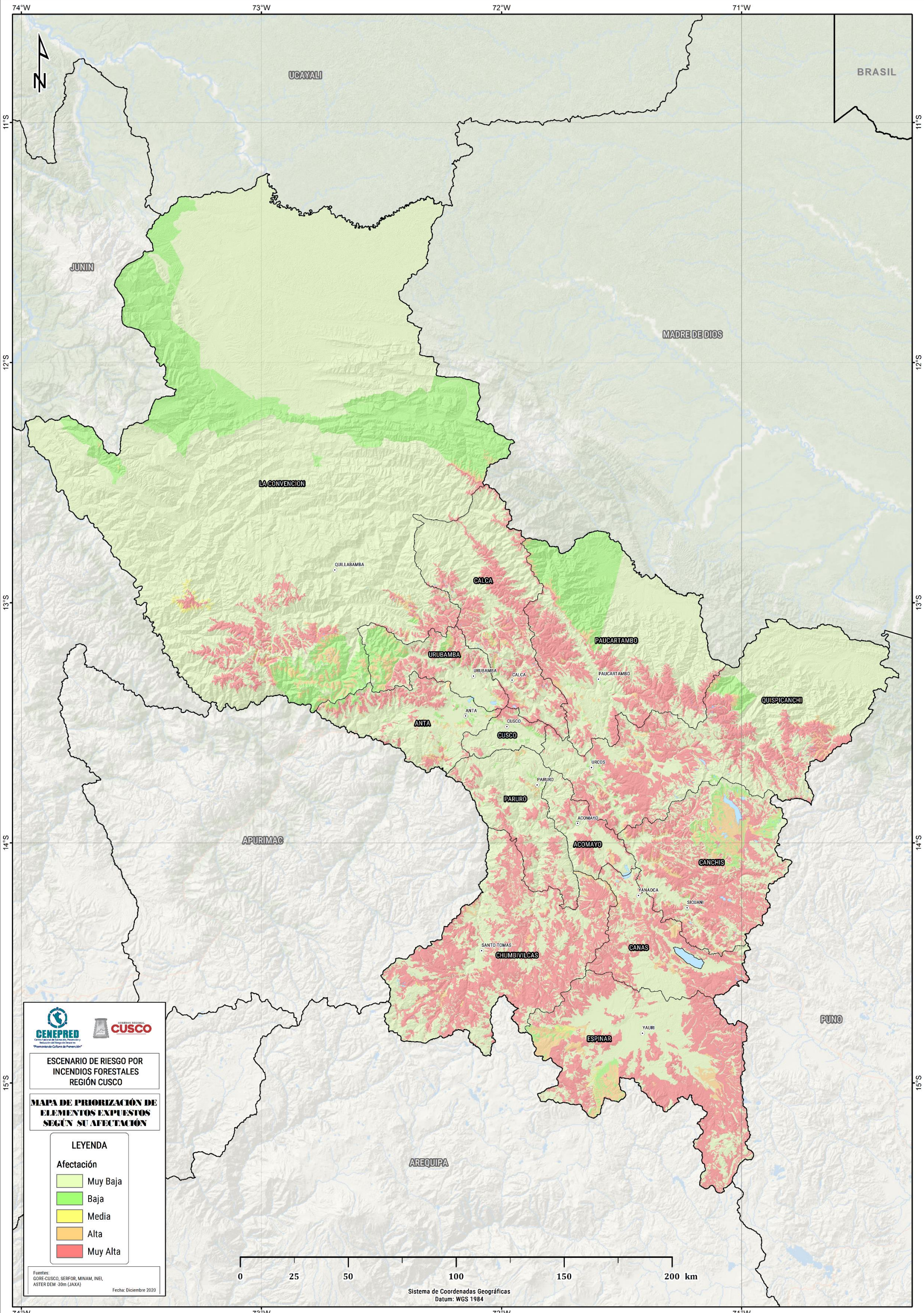
Nivel de Susceptibilidad

■	Baja
■	Media
■	Alta
■	Muy Alta

Fuentes:
 GORE-CUSCO, INDEC-CUSCO, DDCC-CUSCO, PNP-CUSCO, SERFOR, SENAMHI, MINAM, INE, SENSORES VIIRS y MODIS (NASA), ASTER DEM - 30m (LASA), GLOBAL SOLAR ATLAS y GLOBAL WIND ATLAS (WORLD GROUP BANK)
 Fecha: Diciembre 2020



Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum: WGS 1984



CENEPRED
Centro Nacional de Estudios de Riesgo, Prevención y Mitigación del Impacto de Desastres
"Promoviendo la Cultura de Prevención"

GOBIERNO REGIONAL CUSCO

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES REGIÓN CUSCO

MAPA DE PRIORIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS SEGÚN SU AFECTACIÓN

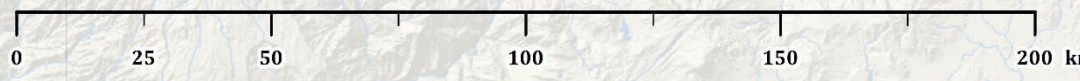
LEYENDA

Afectación

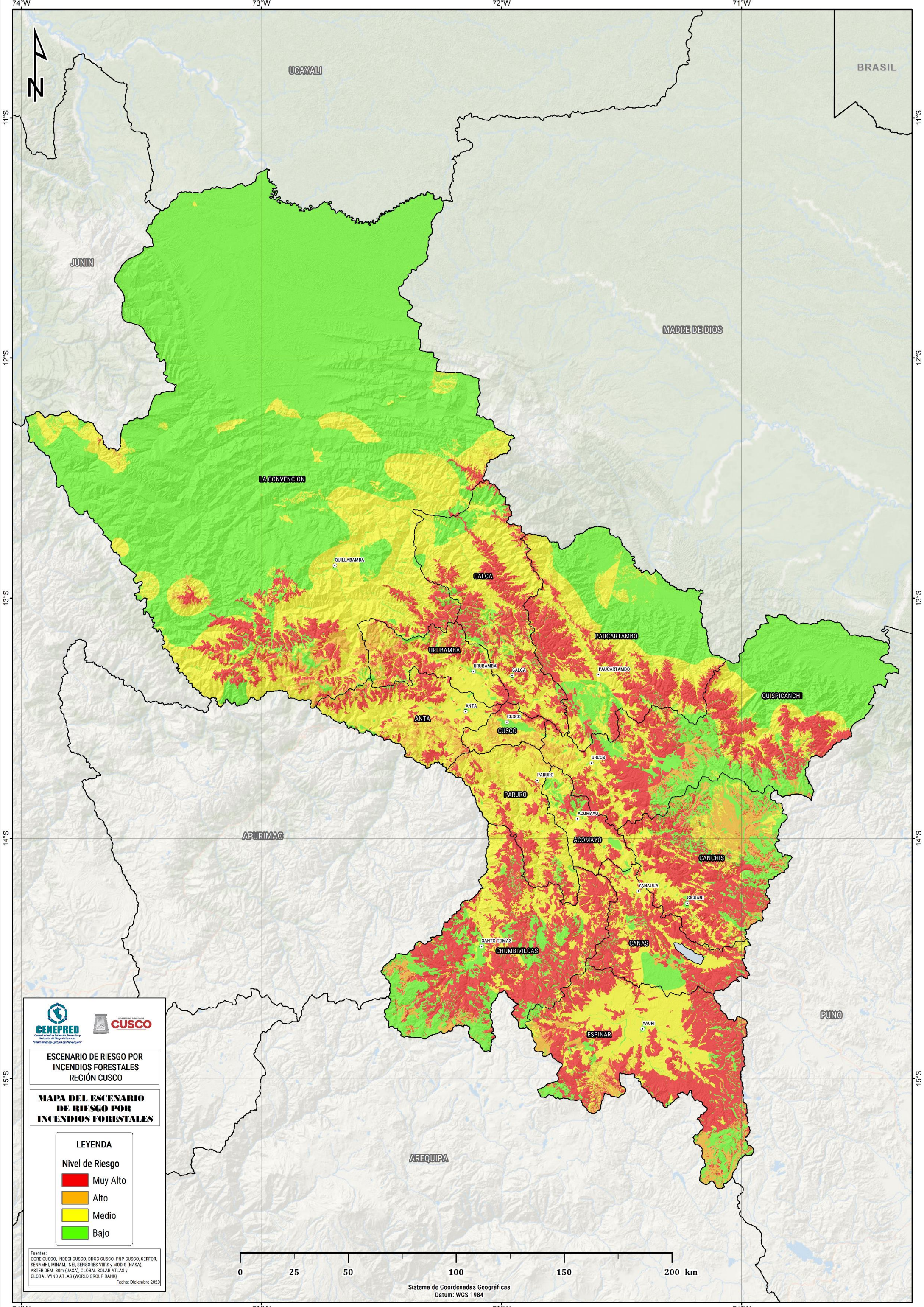
- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

Fuentes:
GORE-CUSCO, SERFOR, MINAM, INEI,
ASTER DEM -30m (JAXA)

Fecha: Diciembre 2020



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 1984



CENEPRED
Centro Nacional de Emergencia y Prevención de Desastres
"Promoviendo Cultura de Prevención"

GOBIERNO REGIONAL CUSCO

ESENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES REGIÓN CUSCO

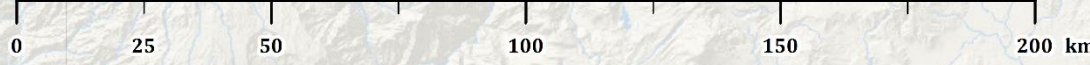
MAPA DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA

Nivel de Riesgo

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo

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