CENEPRED

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

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

Caracterización del peligro por incendios forestales

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 3
2 OBJETIVOS 4
2.1 Objetivo general 4
2.2 Objetivos específicos 4
3 METODOLOGÍA 4
4 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN 5
5 MAPAS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES Y DE DATOS HISTÓRICOS 5
5.1 Factores condicionantes del territorio 6
5.1.1 Cobertura vegetal (combustible) 6
5.1.2 Factor topográfico (pendiente) 9
5.1.3 Mapa de densidad de registros de incendios 11
5.1.4 Mapa de densidad de focos de calor (FC) 14
6 MAPA DE PELIGRO (SUSCEPTIBILIDAD POR INCENDIOS FORESTALES) 17
6.1 Validación del mapa de peligro generado 17
6.2 Resultados generales del mapa de peligro 20
7 ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS 22
8 CONCLUSIONES 23
9 RECOMENDACIONES 24
10 BIBLIOGRAFÍA 25

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología para la elaboración del mapa de peligro por incendios forestales – 20185
Figura 2. Modelamiento de los factores condicionantes y datos históricos 6
Figura 3. Mapa de cobertura vegetal 8
Figura 4. Radiación del fuego en una pendiente 9
Figura 5. Mapa de pendientes 10
Figura 6. Número de incendios registrados por año 11
Figura 7. Número de incendios registrados por mes 11
Figura 8. Número de incendios por departamento 12
Figura 9. Mapa de densidad de incendios forestales 13
Figura 10. Hot Spots de focos de calor totalizado 14
Figura 11. Posibles incendios forestales 14
Figura 12. Mapa de densidad de focos de calor 16
Figura 13. Mapa de peligro por incendios forestales 18
Figura 14. Mapa de ocurrencias de incendios en áreas de peligro 19
Figura 15. Mapa de peligro por incendio forestal – Nivel muy alto 21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de cobertura y Tipo de combustible predominante 7
Tabla 2. Ponderación de los tipos de combustibles 7
Tabla 3. Rangos de la pendiente 9
Tabla 4. Ponderación de los rangos de densidad de incendios registrados 12
Tabla 5. Rangos de la densidad de focos de calor registrados 15
Tabla 6. Ponderación del mapa de cobertura vegetal 17
Tabla 7. Número de eventos según niveles de peligro 17
Tabla 8. Áreas de niveles de peligro por incendio forestal a nivel nacional 20
Tabla 9. Cantidad de distritos por departamento en nivel de peligro muy alto 20
Tabla 10. Elementos expuestos según nivel de susceptibilidad al peligro 22

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, tiene como finalidad, la elaboración del mapa de peligro por incendios forestales en el ámbito nacional, a fin de identificar los ámbitos geográficos con un nivel de peligro muy alto ante la ocurrencia de incendios forestales. Este trabajo se encuentra en el marco de las reuniones de trabajo convocadas por el Viceministerio de Gobernanza Territorial de la Presidencia del Consejo de Ministros para la elaboración del Plan Multisectorial por Incendios Forestales (PMIF).

El presente escenario permite la identificación de los ámbitos geográficos con mayor predisposición a la ocurrencia de incendios forestales y será el principal insumo para la elaboración del PMIF. Por tal motivo, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), en marco de sus competencias, ha elaborado la caracterización del peligro, basado en información histórica y condiciones del territorio (susceptibilidad), obteniendo como resultado el mapa de peligros por incendios forestales, a fin de priorizar la intervención multisectorial a nivel nacional.

La información utilizada para la caracterización y elaboración del mapa de peligro, fue proporcionada por las entidades técnicas como el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Ministerio del Ambiente (MINAM), el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

Finalmente, el presente documento no solo servirá como un instrumento de gestión para los sectores involucrados, sino también como un referente para que los gobiernos regionales y locales, en base al conocimiento brindado, planifiquen y ejecuten las acciones correspondientes a los procesos de la gestión del riesgo de desastres (GRD).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Caracterizar y elaborar el mapa de peligro por incendios forestales a nivel nacional.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las variables de susceptibilidad del territorio.
- Sistematizar y analizar la información geoespacial generada por las entidades técnicas competentes.
- Elaborar mapas temáticos correspondientes a las variables que determinaran los niveles de susceptibilidad.

3 METODOLOGÍA

La propuesta metodológica utilizada, está compuesta por cuatro etapas (**Figura 1**).

La **primera etapa**, recopiló la información de las entidades técnicas, fuentes oficiales del país, que actualmente vienen trabajando en la temática de incendios forestales, la cual contó con información proporcionada por el Ministerio del Ambiente – MINAM, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR. Asimismo, se obtuvo información procedente del Ministerio de Educación, Ministerio de Salud, así como del Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI, esta última contiene los datos estadísticos y las características de los elementos expuestos analizados.

La información recopilada, fue ordenada y sistematizada de acuerdo a las características de las variables a usar en el análisis posterior.

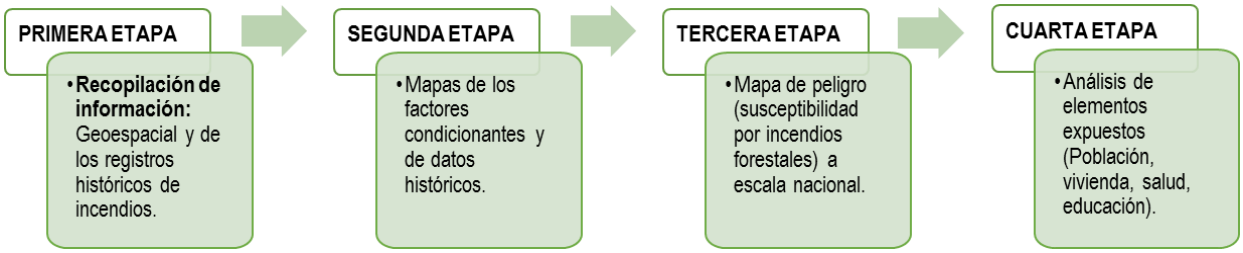
La **segunda etapa**, se enfocó en generar los mapas de los factores condicionantes y de datos históricos de ocurrencia de incendios, se elaboraron los siguientes mapas temáticos:

- Mapas de pendientes
- Mapa de cobertura vegetal como combustible
- Mapa de densidad de incendios forestales (Km^2)
- Mapa de densidad de focos de calor de incendios (Km^2)

La **tercera etapa** está referida al análisis de susceptibilidad para la elaboración del mapa de peligro, con base a la información de factores territoriales e información de datos históricos se construyó el mapa de susceptibilidad a incendios forestales cuyo resultado muestra, en el ámbito nacional, aquellas zonas con mayor predisposición a la ocurrencia de dichos eventos.

Finalmente, **la cuarta etapa** comprende el análisis de exposición, identificando principalmente a la población, viviendas, establecimientos de salud y centros educativos, como los elementos expuestos con posibilidad de afectación ante la ocurrencia de incendios forestales en el ámbito nacional.

Figura 1. Metodología para la elaboración del mapa de peligro por incendios forestales – 2018



Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

4 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la elaboración de la cartografía temática del mapa de caracterización del peligro por incendio forestal, se ha tomado como referencia la siguiente información:

- Información del mapa nacional de cobertura vegetal (2015) y registros históricos de incendios (2002 – 2017), elaborados por el Ministerio del Ambiente – MINAM
- Registro de incendios forestales (2003 – 2017) generado por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI
- Información del riesgo de incendio forestal en el SINANPE (2018), elaborado por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP
- Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales (2019 – 2022) Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR
- Instituciones educativas (2018), del Ministerio de Educación - MINEDU
- Centros de salud (2018), del Ministerio de salud - MINSA
- Censo Nacional de Población y Vivienda 2017, Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI

Adicionalmente, se obtuvo información del modelo digital de elevación (DEM) del proyecto SRTM e información de focos de calor del satélite MODIS disponibles de manera gratuita en los geoportales web de la NASA.

5 MAPAS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES Y DE DATOS HISTÓRICOS

Mediante los factores condicionantes podemos conocer las probabilidades de generación del fuego, mientras que los datos históricos nos ayudan a determinar la densidad de ocurrencias y alcances de incendios en el país, asimismo permitirá validar los resultados finales del análisis de susceptibilidad. Se utilizará esta información generada para el modelamiento de la susceptibilidad (**Figura 2**).

Figura 2. Modelamiento de los factores condicionantes y datos históricos

Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

5.1 Factores condicionantes del territorio

5.1.1 Cobertura vegetal (combustible)

Para que exista un incendio forestal no basta con que se inicie el fuego, sino que además debe haber propagación, el tipo de vegetación condicionará 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 fue elaborado con la información del mapa nacional de cobertura vegetal entregada por el MINAM[1], esta información tiene la homologación de las unidades con el Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra Corine Land Cover (MINAM, 2015), clasificación que fue adaptada por el IDEAM de Colombia para la clasificación de la cobertura vegetal como combustible (

Tabla 1). Por último, se le otorgó una ponderación según esta última clasificación (**Tabla 2**).

[1] MINAM (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal

Tabla 1. Tipo de cobertura y Tipo de combustible predominante

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	TIPO DE COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
1.1. Areas urbanizadas	Area urbana
1.2.1. Areas industriales o comerciales	No combustible
1.2.5. Obras hidraulicas	Area urbana
1.3.1. Areas de estracción minera e hidrocarburos	No combustible
2.4. Areas agrícolas	Arbustos/pastos/hierbas
3.1.1. Bosque denso bajo	Arboles
3.1.2. Bosque abierto bajo	Arboles
3.1.3. Bosque denso alto	Arboles
3.1.6. Bosque ripario	Arboles
3.2.1. Plantacion forestal	Arboles
3.2.2. Arbustal	Arbusto
3.3.1. Herbazal	Pastos/hierbas
3.3.3. Vegetacion secundaria o en transicion	Arboles/arbustos
3.3.4. Vegetacion arbustiva/herbacea	Hierbas/arbustos
3.4.1. Areas arenosas naturales	No combustible
3.4.3. Tierra desnuda	No combustible
3.4.5. Glaciares	No combustible
4.1.1. Areas pantanosas	No combustible
4.1.2. Turberas y bofedales	No combustible
4.2. Areas humedas costeras	No combustible
5.1.1. Rio	No combustible
5.1.2. Lagunas, lagos y cienagas naturales permanentes	No combustible
5.2.1. Laguna costera	No combustible

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

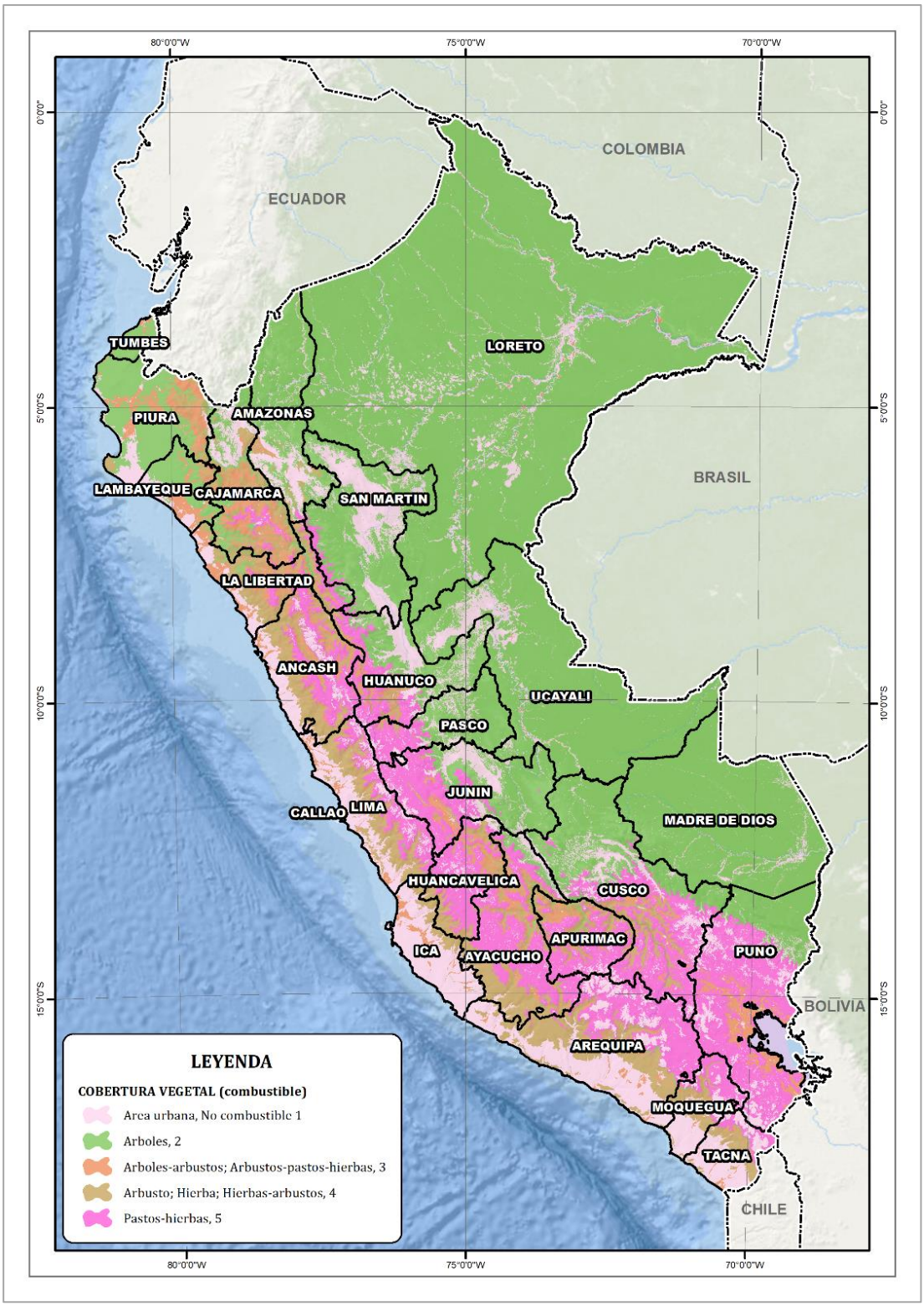
Tabla 2. Ponderación de los tipos de combustibles

TIPO DE COMBUSTIBLES	VALOR
No combustible	1
Area urbana	1
Arboles	2
Arboles/arbustos	3
Arbustos/pastos/hierbas	3
Arbusto	4
Hierbas/arbustos	4
Pastos/hierbas	5

Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

El resultado final se muestra en la **Figura 3**, con su leyenda en relación a la ponderación de tipos de combustibles: Área urbana, No combustible (1); Arboles (2); Arboles-arbustos, Arbustos-pastos-hierbas (3); Arbusto, Hierba, Hierbas-arbusto (4) y Pastos-hiervas (5).

Figura 3. Mapa de cobertura vegetal

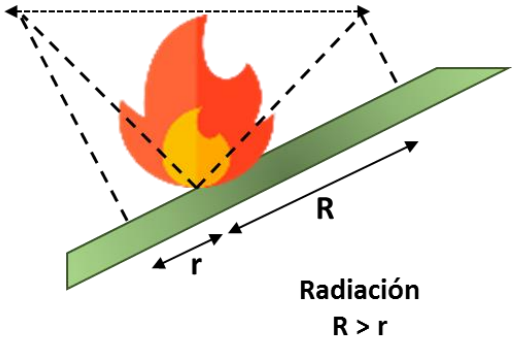


Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINAM e IDEAM.

5.1.2 Factor topográfico (pendiente)

La pendiente produce una inclinación del fuego, de forma que en el área a favor de la pendiente el calor es transmitido por radiación y convección, en mayor medida que en el lado opuesto (**Figura 4**). Esto debido a que existe más superficie de contacto y está más próxima (MiAMBIENTE, 2015).

Figura 4. Radiación del fuego en una pendiente



Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

El mapa de pendientes fue elaborado usando como base el modelo digital de elevación obtenido del proyecto SRTM de la NASA[2] (90 metros de resolución), la clasificación de las unidades fue elaborado en relación a la metodología propuesta por el INGEMMET (**Tabla 3**), el cual se reclasificó en grados (en 5 rangos y se le otorgó una ponderación diferenciada de: 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente (**Figura 5**)).

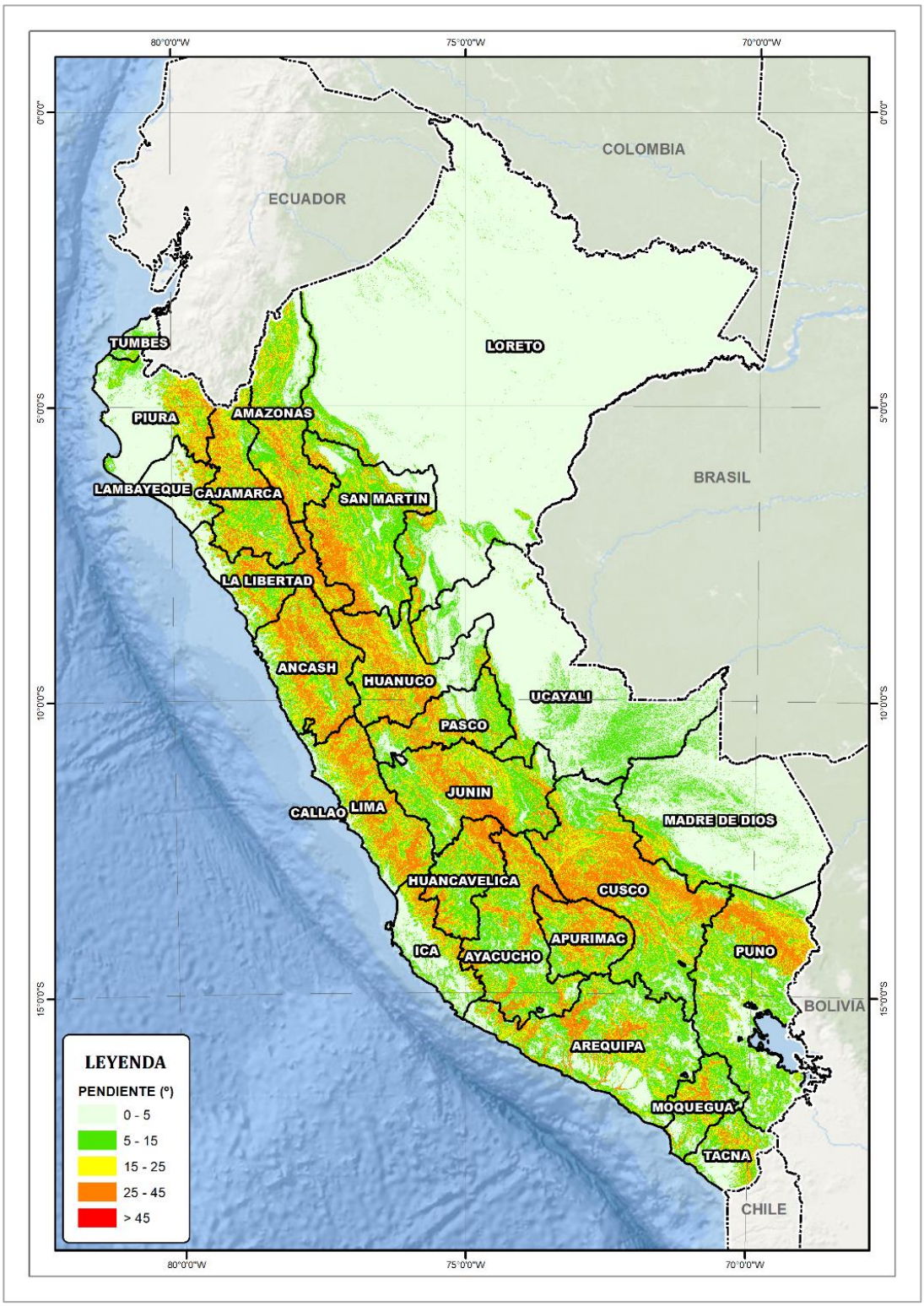
Tabla 3. Rangos de la pendiente

PENDIENTE MEDIA (º)	VALOR
0º - 5º	1
5º - 15º	2
15º - 25º	3
25º - 45º	4
> 45º	5

Fuente: Adaptado de INGEMMET

[2] http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp

Figura 5. Mapa de pendientes

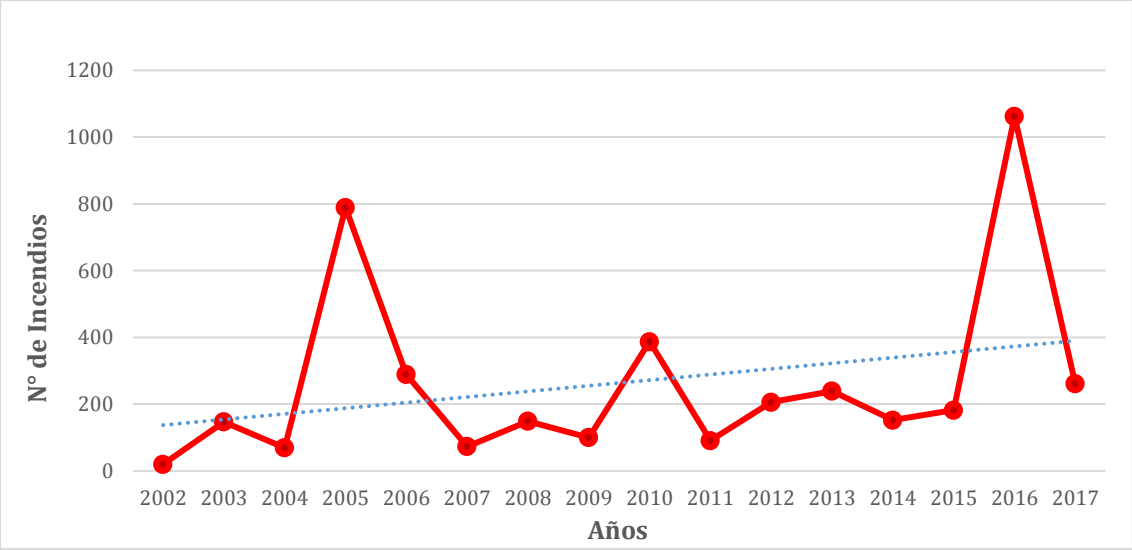


Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

5.1.3 Mapa de densidad de registros de incendios

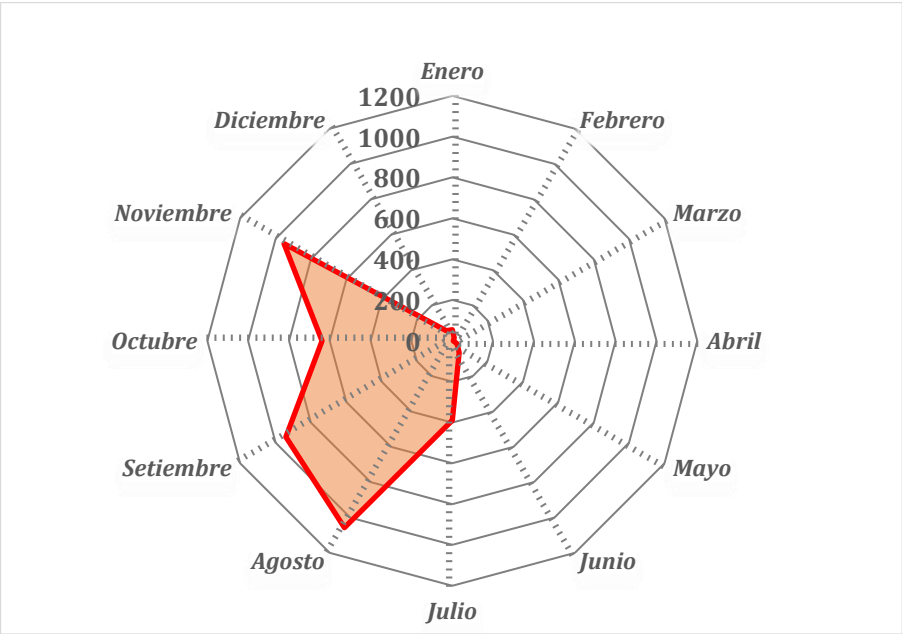
Para obtener el presente mapa, se analizó en una sola base el registro de emergencias por incendios forestales del INDECI desde año 2003 al 2017 y el registro de incendios forestales del MINAM desde el 2002 al 2017. La data examinada muestra una tendencia de aumento en los registros anuales de incendios forestales (**Figura 6**) durante todo el periodo de análisis. Asimismo, también se identificó que la mayoría de incendios se han generado entre los meses de julio a noviembre, 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 7**).

Figura 6. Número de incendios registrados por año



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del INDECI y MINAM.

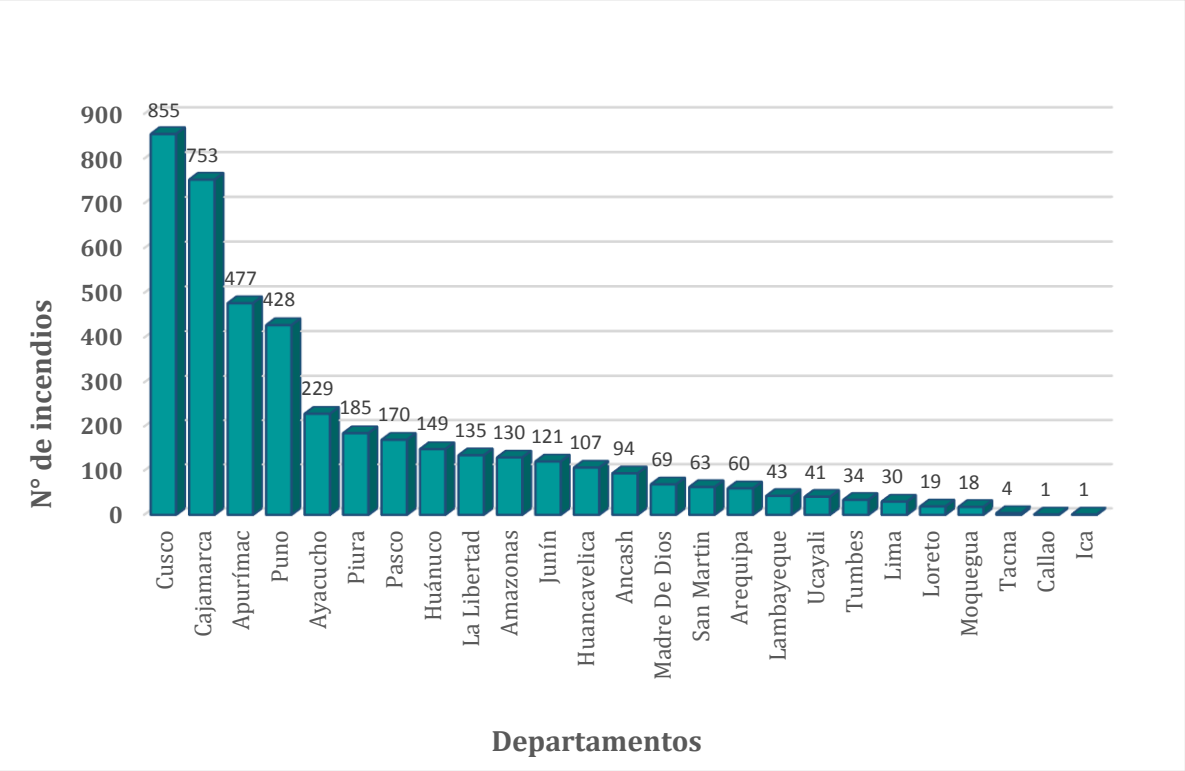
Figura 7. Número de incendios registrados por mes



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del INDECI y MINAM.

Por lo mencionado, al organizar las frecuencias se incendios forestales por departamentos, el resultado concluye de la siguiente manera: los departamentos con mayores registros de incendios forestales son: Cusco, Cajamarca, Apurímac, Puno y Ayacucho durante el periodo de 2002 al 2017 (**Figura 8**).

Figura 8. Número de incendios por departamento



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del INDECI y MINAM.

Finalmente, estos resultados se analizaron espacialmente en el software ArcGIS mediante análisis de densidad de puntos y su representación cartográfica de rangos se realizó mediante ruptura naturales (Natural breaks) (

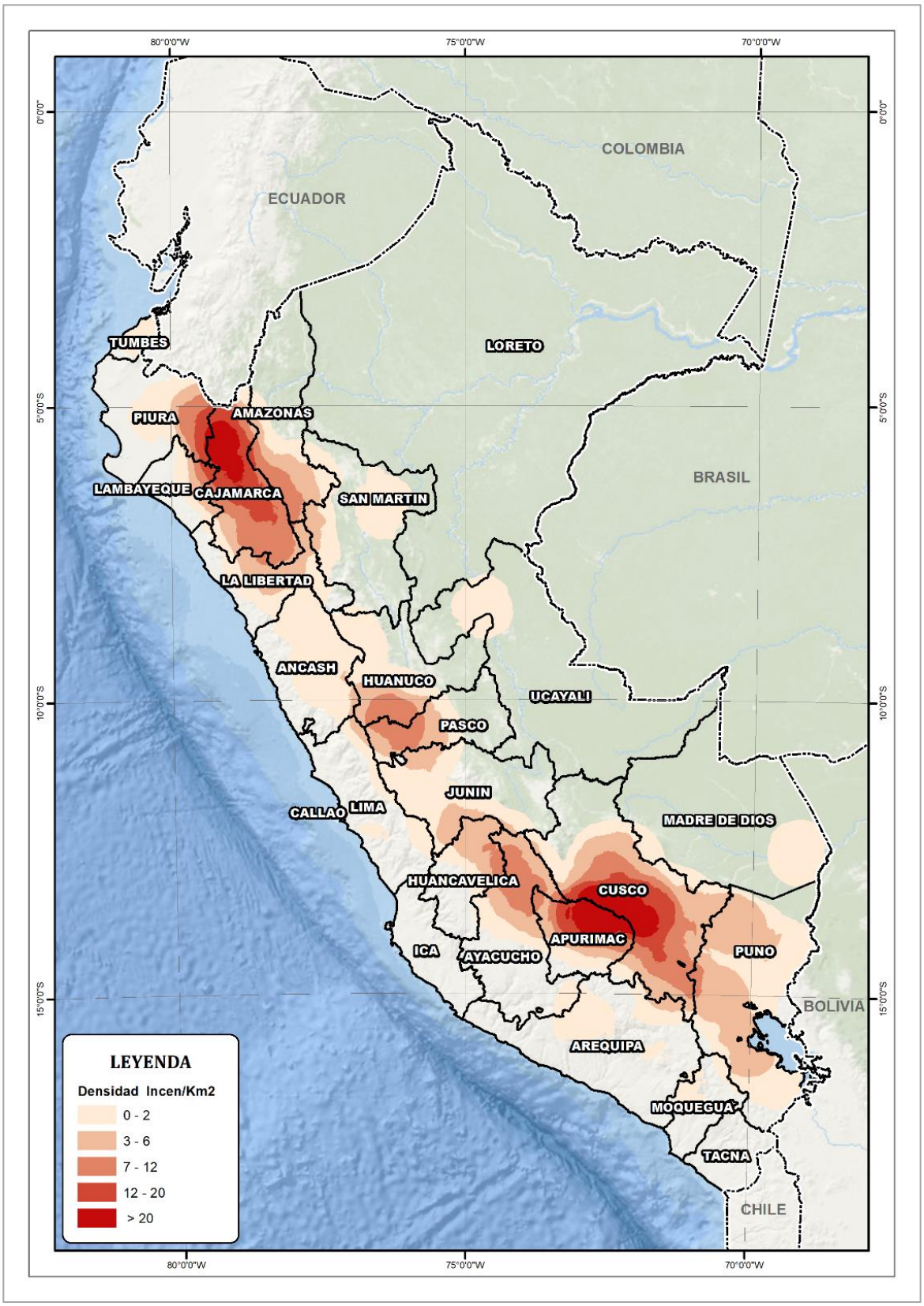
Tabla 4) La leyenda del mapa generado, presenta la variable de densidad de registro de incendios por kilómetro cuadrado (**Figura 9**)

Tabla 4. Ponderación de los rangos de densidad de incendios registrados

DENSIDAD INCENDIOS REGISTARDOS	VALOR
0 incend/km^2 - 2 incend/km^2	1
3 incend/km^2 - 6 incend/km^2	2
7 incend/km^2 - 12 incend/km^2	3
12 incend/km^2 - 20 incend/km^2	4
> 20 incend/km^2	5

Fuente: Elaborado por el CENEPRED

Figura 9. Mapa de densidad de incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del INDECI y MINAM.

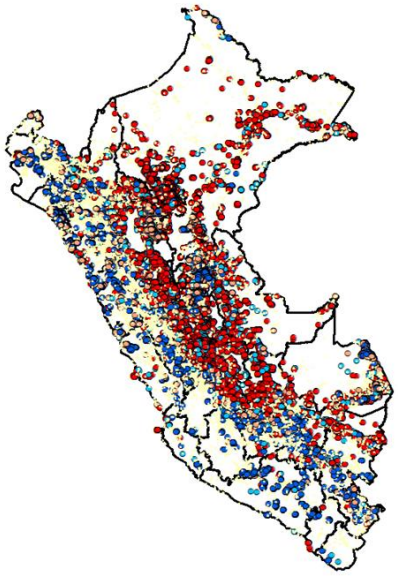
5.1.4 Mapa de densidad de focos de calor (FC)

Para la elaboración de este mapa se usó uno de los productos que brinda el satélite MODIS denominados focos de calor, estos caen dentro del conjunto de productos terrestres y proveen información acerca de incendios activos, incluyendo su ubicación y tiempo, potencia radiactiva instantánea y radio latente, presentada en una selección de escalas espaciales y temporales (Giglio, Descloitres, Justice, & Kaufman, 2003)

La zonificación de mayores concentraciones de focos de calor totalizados se realizó mediante un análisis de densidad, usando el Hot Spots (puntos calientes, puntos fríos y atípicos), herramienta del software ArcGIS **(Figura 10).**

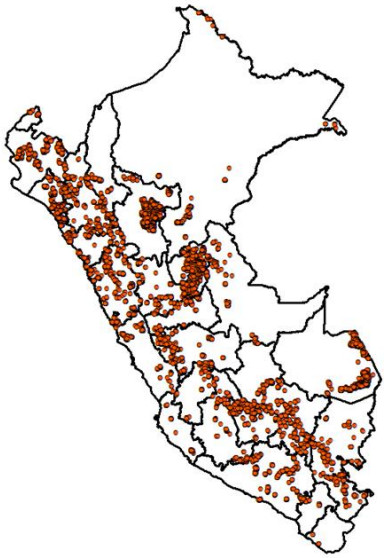
Luego, para la identificación de posibles incendios forestales se usó el criterio de umbral absoluto, según el algoritmo de Kaufman (Kaufman et al., 1998), donde la temperatura de brillo del foco de calor (en grados Kelvin), tiene que ser superior a 360K, durante el día y mayor a 320 K durante la noche **(Figura 11)**.

Figura 10. Hot Spots de focos de calor totalizado



Fuente: Elaborado por el CENEPRED

Figura 11. Posibles incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED

Finalmente, el mapa de densidad de focos de calor se obtuvo mediante el criterio de densidad de puntos por km² de los focos de posibles incendios forestales, y se asignó su rango de acuerdo a la **Tabla 5**, obteniendo el mapa de densidad de focos de calor (**Figura 12**).

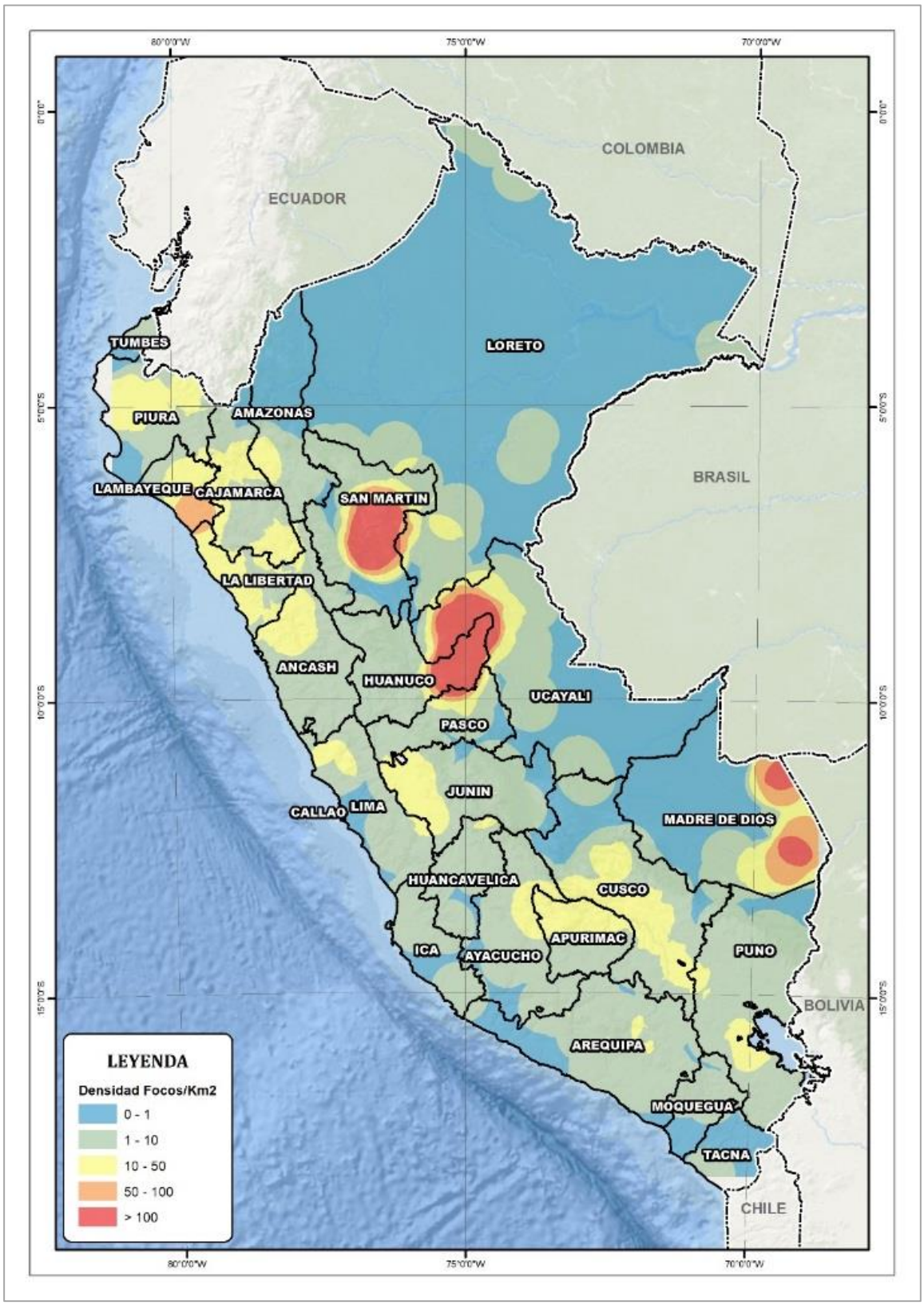
Tabla 5. Rangos de la densidad de focos de calor registrados

DENSIDAD FOCOS DE CALOR REGISTRADOS	VALOR
0 FC/km2 - 1 FC/km2	1
1 FC/km2 - 10 FC/km2	2
10 FC/km2 - 50 FC/km2	3
50 FC/km2 - 100 FC/km2	4
> 100 FC/km2	5

Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

En el mapa obtenido se puede observar una mayor incidencia de la presencia de focos de calor en la región amazónica principalmente en los departamentos de San Martín, Ucayali, Huánuco y Madre de Dios, y de acuerdo a los factores condicionantes del territorio son áreas con pendientes muy bajas, con presencia principalmente de árboles como combustible, además de ser regiones altamente húmedas, estas características no son las que facilitarían la presencia de incendios forestales. Sin embargo, estas áreas coinciden con la ubicación de las principales vías de comunicación de la región amazónica, principalmente en el caso de Madre de Dios y la carretera Interoceánica (SERNANP, 2018).

Figura 12. Mapa de densidad de focos de calor



Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

6 MAPA DE PELIGRO (SUSCEPTIBILIDAD POR INCENDIOS FORESTALES)

Para la obtención del mapa de susceptibilidad final, se realizó las corridas de modelos de unión e intersección de los mapas de factores obtenidos anteriormente, así como los criterios de escala de mapa, la ponderación del modelo más ajustado se describe a continuación (**Tabla 6**): mapa de cobertura vegetal (0.55), mapa de densidad de registro de incendios (0.20), mapa de densidad de focos de calor (0.15) y mapa de pendientes (0.10).

Tabla 6. Ponderación del mapa de cobertura vegetal

MAPA DE COBERTURA VEGETAL (COMBUSTIBLE)	PESO
Mapa de Cobertura vegetal (Combustible)	0.55
Mapa de densidad de registro de incendios	0.20
Mapa de densidad de focos de calor	0.15
Mapa de Pendientes	0.10

Fuente: Elaborado por el CENEPRED

En el mapa de peligro por incendios forestales (**Figura 13**), se visualiza las áreas susceptibles a incendios forestales en el ámbito nacional, las cuales marcan incidencia principalmente sobre el territorio de los departamentos de Cusco, Apurímac, Puno, Pasco, Junín, Huánuco, Ayacucho, Cajamarca, La Libertad y Huancavelica.

6.1 Validación del mapa de peligro generado

Para este análisis, se ha cuantificado el número de incendios forestales registrados según su nivel de peligro en relación a su distribución en el ámbito nacional. Se obtuvo que el 68% de un total de 4.216 eventos registrados a nivel nacional, entre el 2002 y 2017, se encuentran ubicados en áreas susceptibles a incendios forestales con niveles muy alto (1.515) y alto (1.355) en el ámbito nacional. (**Tabla 7**).

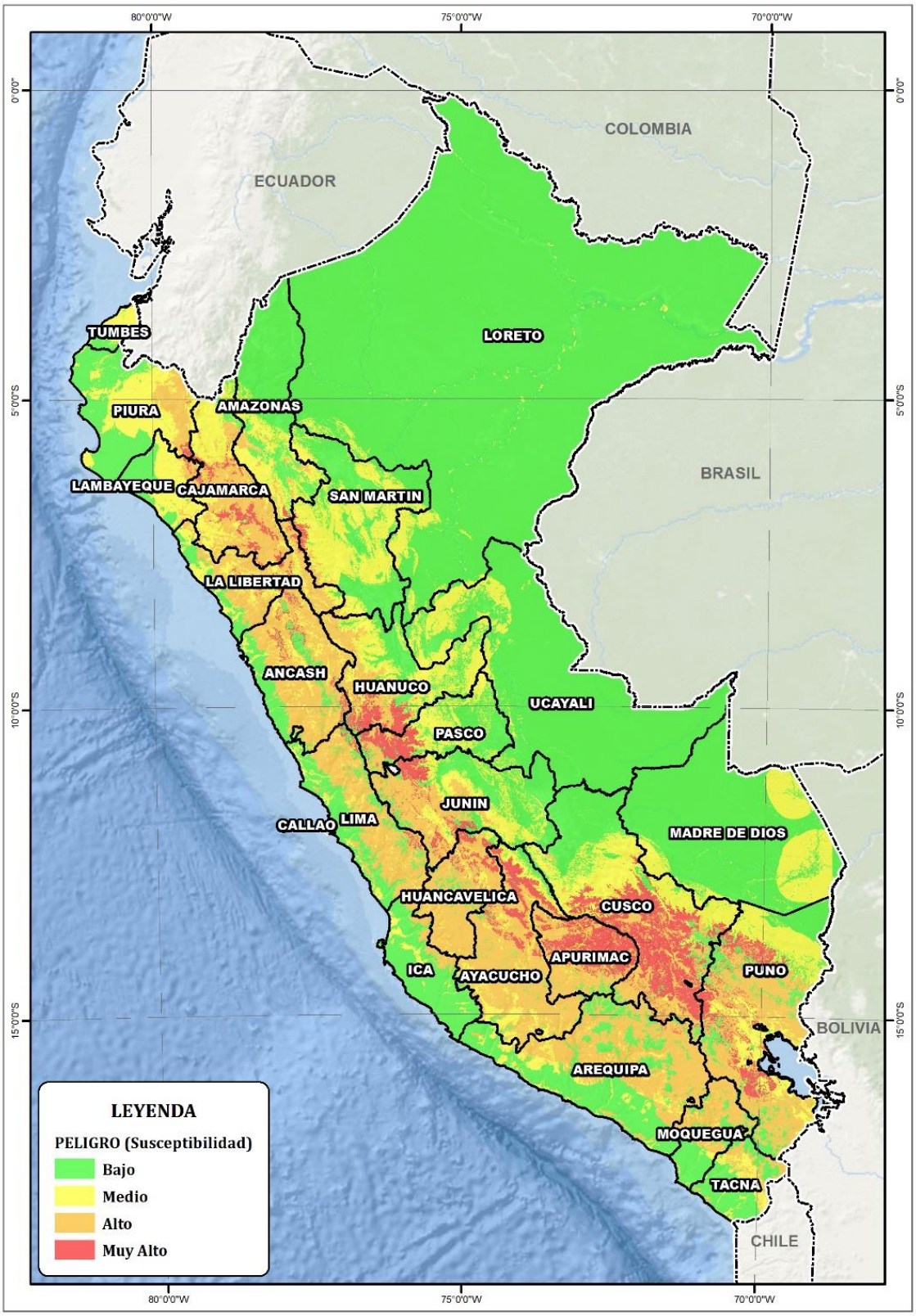
Tabla 7. Número de eventos según niveles de peligro

	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	TOTAL
REGISTROS (2002 -2017)	1515	1355	910	436	**4216**

Fuente: Elaborado por el CENEPRED

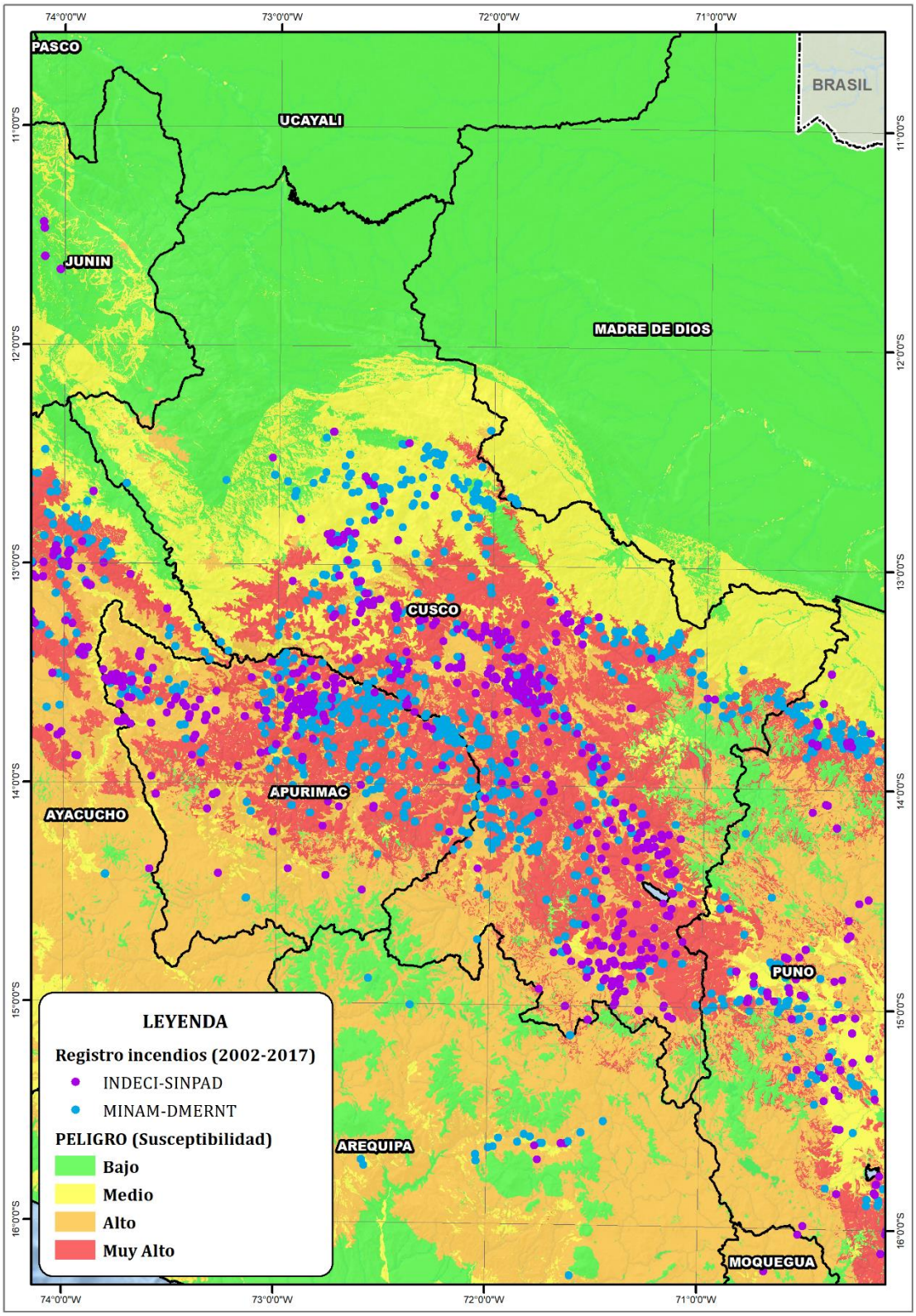
Por ejemplo, el mapa de la **Figura 14** muestra la zona que presenta la mayor área con susceptibilidad a peligros por incendios forestales en la sierra sur del país, el cual fue superpuesto con los registros de ocurrencias por incendios forestales, evidenciando la estrecha relación existente entre la ubicación de los registros y las zonas con nivel de susceptibilidad **Muy Alto** a este tipo de peligro.

Figura 13. Mapa de peligro por incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

Figura 14. Mapa de ocurrencias de incendios en áreas de peligro



Fuente: Elaborado por el CENEPRED.

6.2 Resultados generales del mapa de peligro

- Se presenta las áreas que ocupan los niveles de peligro por susceptibilidad de incendios forestales a nivel nacional (**Tabla 8**).

Tabla 8. Áreas de niveles de peligro por incendio forestal a nivel nacional

NIVEL	AREA APROX. (km2)
Muy Alto	61220.246
Alto	230126.493
Medio	213265.537
Bajo	780603.325
TOTAL	1285215.600

Fuente: Elaborado por el CENEPRED

- Se ha cuantificado los distritos de los departamentos que contienen territorios en un nivel **muy alto** de peligro por susceptibilidad a incendios (**Tabla 9**)

Tabla 9. Cantidad de distritos por departamento en nivel de peligro muy alto

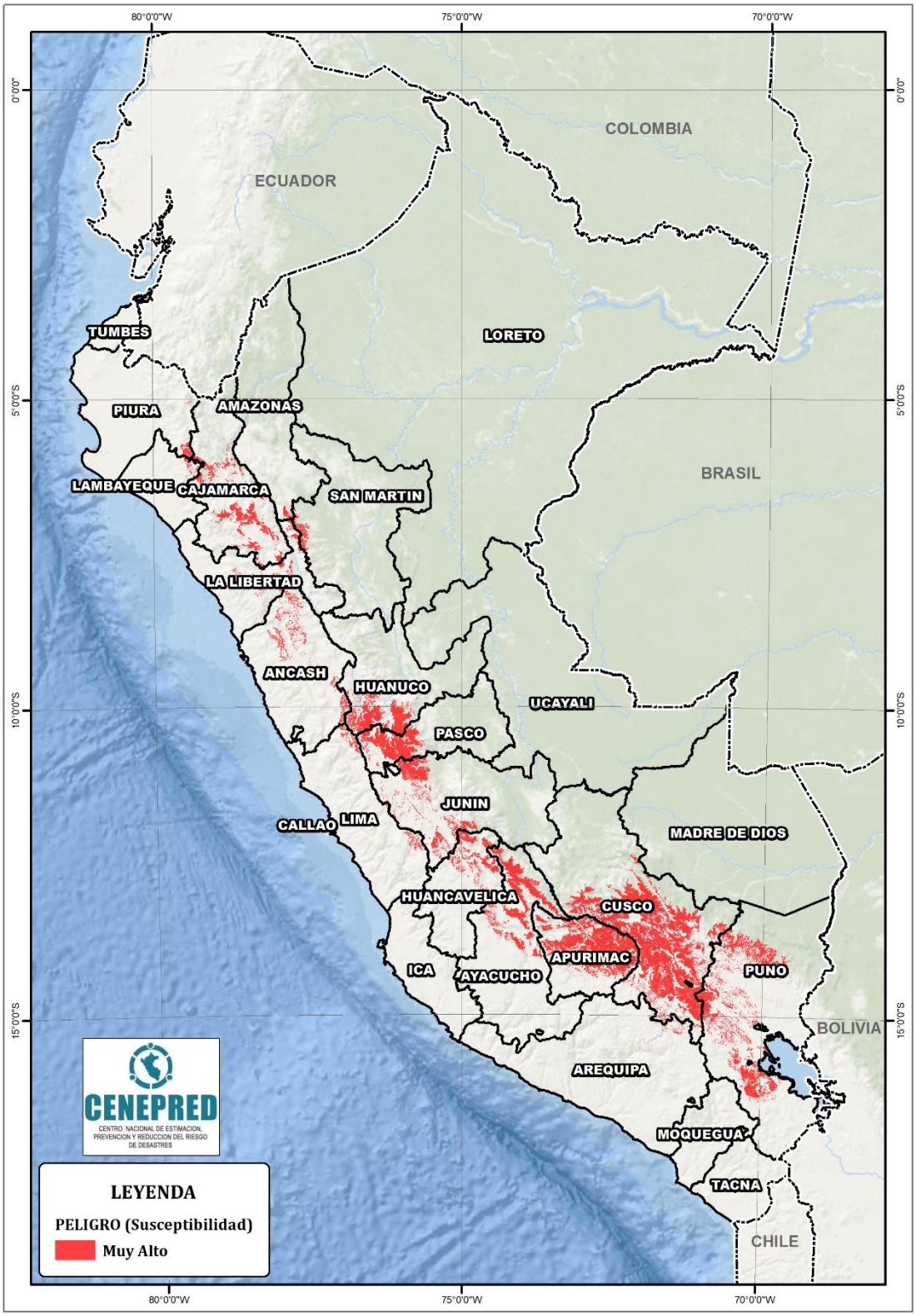
N°	DEPARTAMENTOS	# DISTRITOS EN NIVEL MUY ALTO*
1	AMAZONAS	2
2	ANCASH	14
3	APURIMAC	58
4	AREQUIPA	3
5	AYACUCHO	41
6	CAJAMARCA	45
7	CUSCO	98
8	HUANCAVELICA	46
9	HUANUCO	40
10	JUNIN	39
11	LA LIBERTAD	16
12	LAMBAYEQUE	3
13	LIMA	7
14	PASCO	23
15	PIURA	1
16	PUNO	56
TOTAL		492

Fuente: Elaborado por el CENEPRED

*El nivel de peligro por susceptibilidad a incendios forestales se ha obtenido para cada centro poblado, por lo que en un distrito podemos encontrar centros poblados con más de un nivel de peligro (muy alto, alto, medio y/o bajo),

considerándose para este fin, solo a los distritos en peligro "Muy Alto" aquellos que contienen centros poblados en ese mismo nivel (Figura 15).

Figura 15. Mapa de peligro por incendio forestal – Nivel muy alto



Fuente: Elaborado por el CENEPRED

7 ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

El análisis de exposición se obtuvo mediante el análisis con sistemas de información geográfica (SIG), cruzando la información socioeconómica de población, vivienda, instituciones educativas y centros de salud con las áreas de susceptibilidad muy alta al peligro por incendios forestales. (**Tabla 10**)

Tabla 10. Elementos expuestos según nivel de susceptibilidad al peligro

NIVEL DE PELIGRO	MUY ALTO			
DEPARTAMENTO	**Población**	**Viviendas**	**Inst. Educativas**	**Est. Salud**
AMAZONAS	459	170	0	1
ANCASH	284	275	6	0
APURIMAC	22372	12435	246	39
AREQUIPA	36	44	0	0
AYACUCHO	7015	4960	94	11
CAJAMARCA	17372	7120	172	13
CUSCO	81685	38189	418	36
HUANCAVELICA	7065	4652	84	6
HUANUCO	11043	6309	93	10
JUNIN	5028	5400	82	17
LA LIBERTAD	2433	783	15	0
LAMBAYEQUE	1879	498	21	2
LIMA	89	167	1	0
PASCO	32654	11687	165	48
PIURA	1129	360	11	1
PUNO	27010	17909	126	16
TOTAL	**217,553**	**110,958**	**1,534**	**200**

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del INEI, MINEDU y MINSA

Del análisis de elementos expuestos se pudo obtener los siguientes resultados:

- Los departamentos con la mayor cantidad de población establecida en las zonas de **muy alta** susceptibilidad a peligros por incendios forestales son: Cusco (81,685 hab.), Pasco (32,654 hab.), Puno (27,010), Apurímac (22,372 hab.) y Cajamarca (17,372).

- Los departamentos con la mayor cantidad de viviendas asentadas en las zonas de **muy alta** susceptibilidad a peligros por incendios forestales son: Cusco (38,189 viv.), Puno (17,909 viv.), Apurímac (12,435 viv.), Pasco (11,687 viv.), y Cajamarca (7120 viv.).

- Los departamentos con la mayor cantidad de instituciones educativas (IE) en las zonas de **muy alta** susceptibilidad a peligros por incendios forestales son: Cusco (418 IE), Apurímac (246 IE), Cajamarca (172 IE), Pasco (165 IE) y Puno (126 IE).

- Los departamentos con la mayor cantidad de establecimientos de salud (ES) en las zonas de **muy alta** susceptibilidad a peligros por incendios forestales son: Pasco (48 ES), Apurímac (39 ES), Cusco (36 ES), Junín (17 ES) y Puno (16 ES).

- A nivel nacional, en las zonas de **muy alta** susceptibilidad a peligros por incendios forestales comprende una población expuesta de 217,553 habitantes; 110,958 viviendas; 200 establecimientos de salud y 1534 instituciones educativas.

8 CONCLUSIONES

- Al no existir antecedentes o referencias de trabajos similares, se adaptó el modelo del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal, propuesto por el IDEAM (Entidad técnica de Colombia).

- Los departamentos con mayores registros de incendios forestales son Cusco, Cajamarca, Apurímac, Puno y Ayacucho.

- Las mayores densidades de focos de calor se presentan en la región amazónica en los departamentos de San Martín, Ucayali, Huánuco y Madre de Dios, pese a que estas áreas no reúnen condiciones favorables para la ocurrencia de incendios forestales.

- Durante los años 2005 y 2016 se han registrado la mayor cantidad de incendios forestales, sin embargo, no se ha establecido una correlación con la ocurrencia de fenómenos como El Niño, periodos secos u otros.

- El 23% del territorio peruano se encuentra en niveles de peligro alto y muy alto por incendios forestales.

- Los departamentos con niveles de muy alto peligro son Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La libertad, Lambayeque, Lima, Pasco, Piura y Puno.

- Los departamentos con la mayor cantidad de población establecida en las zonas de **muy alta** susceptibilidad a peligros por incendios forestales son: Cusco (81,685 hab.), Pasco (32,654 hab.), Puno (27,010), Apurímac (22,372 hab.) y Cajamarca (17,372).

9 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las entidades técnicas competentes, recopilar y estandarizar los registros de información relacionados a incendios forestales, tales como: geolocalización, tiempo de duración del evento, cuantificación de las áreas afectadas, elementos expuestos cercanos y/o afectados e información necesaria para el análisis de vulnerabilidad como son las costumbres y practicas agrícolas en las localidades afectadas.

- Habiéndose identificado el periodo (Julio-noviembre) en el cual se registran la mayor incidencia de incendios forestales, en coordinación con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se debe evaluar y analizar las variables meteorológicas que favorecieron dichas ocurrencias para su incorporación y mejorar el modelo.

- Hacer de conocimiento el presente trabajo a los ejecutores de la gestión del riesgo de desastres en los 3 niveles de gobierno, para la planificación y ejecución de las acciones correspondientes a los procesos de prevención y reducción ante incendios forestales, con base a los resultados obtenidos en el presente escenario

- Hacer de conocimiento el presente trabajo a las entidades con competencia en incendios forestales, como el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) y el Ministerio del Ambiente.

- Los resultados consignados en el presenta trabajo corresponden al nivel de peligro muy alto; sin embargo, para mayor conocimiento de la totalidad de ámbitos expuestos a este peligro, se recomienda consultar la base da datos de centros poblados, adjuntos al presente trabajo, los cuales consignan el nivel de peligro identificado por cada uno de ellos (Muy alto, alto, medio, bajo).

10 BIBLIOGRAFÍA

Excmo. Ayuntamiento de Altea. (2016). *Plan local de prevención de incendios forestales del término municipal de Altea (Alicante)* (Plan). Alicante: Excmo. Ayuntamiento de Altea.

Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., & Kaufman, Y. J. (2003). An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS, *87*, 273–282. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00184-6

IDEAM. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000* (Protocolo). Bogota.

Kaufman, Y. J., Justice, C. O., Flynn, L. P., Kendall, J. D., Prins, E. M., Giglio, L., … Menzel, W. P. (1998). Potential global fire monitoring from EOS-MODIS. *Journal of Geophysical Research*, *103*(98).

Manta, M. (2017). *Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana*. (UNALM, Ed.). Lima.

Manta, M., & León, H. (2004). Los incendios forestales en el Perú: Grave problema por resolver. *Floresta*, *32*, 179–189.

MiAMBIENTE. (2015). *Metodología de investigación de causas que provocan los incendios forestales* (Manual). Ciudad de Panamá.

MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva.* (MINAM, Ed.) (Primera). Lima.

SERNANP. (2018). *Estrategia de Gestión del Riesgo de Incendio Forestal en el Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas por el Estado* (Plan). Lima.