



INCENDIOS FORESTALES



CENEPRED

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

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

Noviembre 2024



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA.

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, 2024.
Av. Del Parque Norte N° 829 – 833. San Isidro - Lima – Perú
Teléfono: 201-3550, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe
Página web: <https://www.gob.pe/cenepred>

Equipo Técnico del CENEPRED:

Gral. Rolando Gustavo Capucho Cárdenas
Jefe del CENEPRED

Crnl. (r) Walter Martin Becerra Noblecilla
Director de la Dirección de Gestión de Procesos

Ing. Alfredo Zambrano Gonzáles
Subdirector de Gestión de la Información

Ing. José Luis Epiquién Rivera
Especialista de la Subdirección de Gestión de la Información

Ing. Maribel Clorinda Coayla Cuayla
Coordinadora de Enlace Regional CENEPRED de Moquegua

Equipo Técnico del Gobierno Regional de Moquegua:

Ing. Juan Alberto Paredes Urviola
Gerente Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente

PIP: "Mejoramiento del servicio de información para la Gestión del Riesgo de Desastres en las provincias de Mariscal Nieto, General Sánchez Cerro e Ilo, del departamento de Moquegua"

- Ing. Yonny Germán Díaz Camacho
Residente de obra
- Arq. Joe Erick Loayza Arista
Evaluador de riesgo por fenómenos naturales
- Ing. Devis Bladimir Ruelas Álvarez
Especialista en evaluación y gestión del riesgo
- Ing. Samuel Cruz Limaco
Especialista en gestión de riesgos y desastres
- Bach. Ing. Geólogo Yurguen Edgardo Cueva Vásquez,
Asistente Técnico en Gestión de riesgo



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	9
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	24
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	31
8	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS	33
8.1	PATRIMONIALES	33
8.1.1	Patrimonio cultural	33
8.1.2	Patrimonio natural	34
8.1.3	Priorización del elemento expuesto	35
8.2	SOCIECONÓMICO	42
9	ESCENARIO DE RIESGO	43
10	CONCLUSIONES	47
11	RECOMENDACIONES	48
12	BIBLIOGRAFÍA	49
13	ANEXO DE MAPAS	51



ÍNDICE DE TABLAS

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

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de Moquegua	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 Moquegua	25
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en la región Moquegua	26
Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por provincia.....	26
Figura 18. Mapa de registros históricos de ocurrencia de incendios forestales	27
Figura 19. Mapa de focos de calor históricos de incendios forestales	29
Figura 20. Mapa de superficies afectadas por incendios forestales (cicatrices)	30
Figura 21. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2023)	31
Figura 22. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales de la región Moquegua.....	32
Figura 23. Elementos expuestos a incendios forestales	33
Figura 24. Priorización del elemento expuesto según el criterio de tipo de ecosistema	35
Figura 25. Priorización del elemento expuesto según el criterio de estrategia de conservación	38
Figura 26. Área de influencia antrópica para la priorización del elemento expuesto	39
Figura 27. Diagrama de flujo para la asignación de pesos a partir del cruce de los tres criterios.....	40
Figura 28. Mapa de priorización del elemento expuesto ante la ocurrencia de incendios forestales.....	41
Figura 29. Mapa de elementos socioeconómicos, como parte de los elementos expuestos	42
Figura 30. Superficie en riesgo muy alto, por provincias.....	44
Figura 31. Superficie en riesgo alto, por provincias	44
Figura 32. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales en el departamento de Moquegua.....	45



1 INTRODUCCIÓN

En el departamento de Moquegua, las emergencias históricas registradas por ocurrencias de incendios forestales de origen antrópico, están relacionadas 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 del agua y 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 Moquegua.

El desarrollo de este estudio contó con la colaboración del Gobierno Regional de Moquegua, quien hizo posible la coordinación con las entidades públicas vinculadas a la gestión del riesgo por incendios forestales en la región Moquegua, 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 Moquegua, 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 del departamento de Moquegua.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

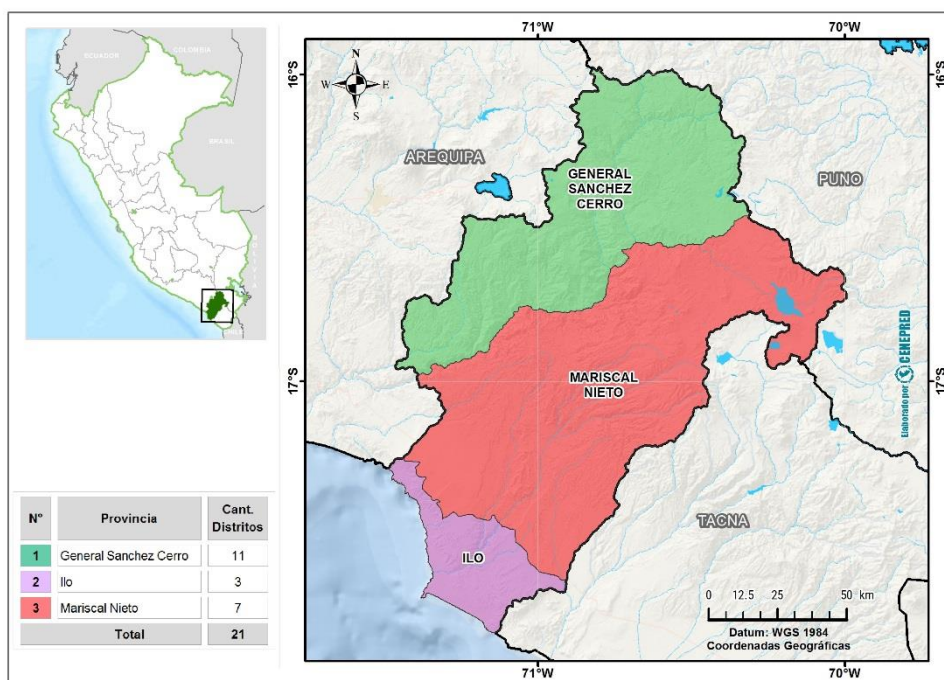
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a incendios forestales.
- Elaborar el mapa de los elementos expuestos a incendios forestales.
- Cuantificar los elementos expuestos en todos los niveles de riesgo de incendios forestales.

3 ASPECTOS GENERALES

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El departamento de Moquegua está situado en la región sur y occidental del territorio peruano, tiene como capital a la ciudad de Moquegua. Sus límites son por el norte con los departamentos de Arequipa y Puno; por el este con los departamentos de Tacna y Puno; por el sur con el departamento de Tacna; y por el oeste con el Océano Pacífico. Su altitud está entre los 10 msnm (Punta el Peñón, distrito Ilo - provincia de Ilo) y los 5 mil 596 msnm (Nevado de Hipocapac, distrito Carumas - provincia de Mariscal Nieto) (INEI, 2018)

Figura 1. Mapa de ubicación del departamento de Moquegua



Fuente: Elaborado por el CENEPRED, 2024



3.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS

El departamento de Moquegua presenta una fisiografía variada, se ha identificado tres (03) provincias fisiográficas: La Cordillera de la Costa, Llanura Pre Andina y la Cordillera Occidental. A su vez el departamento se encuentra conformadas por 12 unidades climáticas, el clima predominante y que abarca alrededor del 50% del territorio, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 2,000 m.s.n.m. corresponde al tipo E(d)B', árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año y templado, sobre los 2,000 m.s.n.m., se presentan los climas semiáridos, semisecos y frígidos con inviernos secos (SENAMHI, 2021)

El departamento de Moquegua tiene dentro de su territorio dos cuencas principales, la de Tambo e Ilo – Moquegua, las que limitan al norte con la cuenca del río Chili, al este con la cuenca del río Ilave, al sur este con la cuenca del río Locumba y al oeste con el Océano Pacífico. El relieve de la región y de sus cuencas es muy accidentado, con características de costa y sierra, con elevaciones que van desde el nivel del mar a más de 6,000 metros (Gobierno Regional de Moquegua, 2018)

3.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

El departamento de Moquegua tiene una población total de 174,863 habitantes, donde 88,129 son hombres y 86,734 mujeres, el 86.9% de la población pertenece al área urbana y el 13.1% corresponde al área rural; a su vez se han cuantificado un total de 82 308 viviendas particulares, el 76.6% corresponden al área urbana y el 22.4% al área rural.

Tabla 1. Población del departamento de Moquegua.

Ámbito	Hombres	Mujeres	Total
Urbano	75 466	76 425	151,891
Rural	12 663	10 309	22,972
Total	88,129	86,734	174,863

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del INEI. 2024

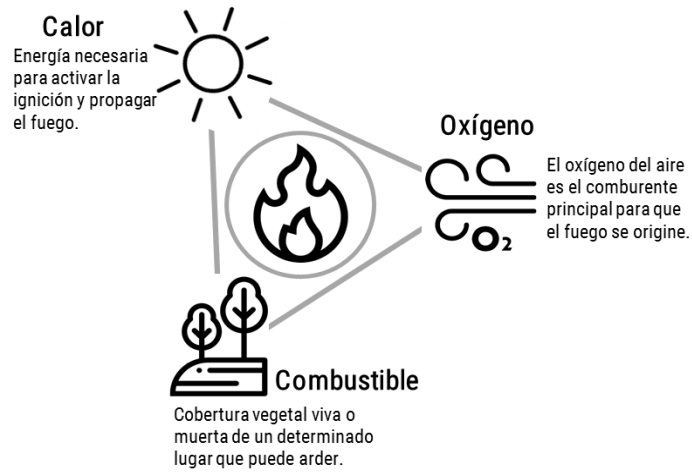
Asimismo, el 72.4% de las viviendas tiene abastecimiento de agua por red pública dentro de la vivienda y el 85.9% del total de viviendas particulares con ocupantes presentes dispone de alumbrado eléctrico conectado a la red pública, (INEI, 2018)

4 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

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



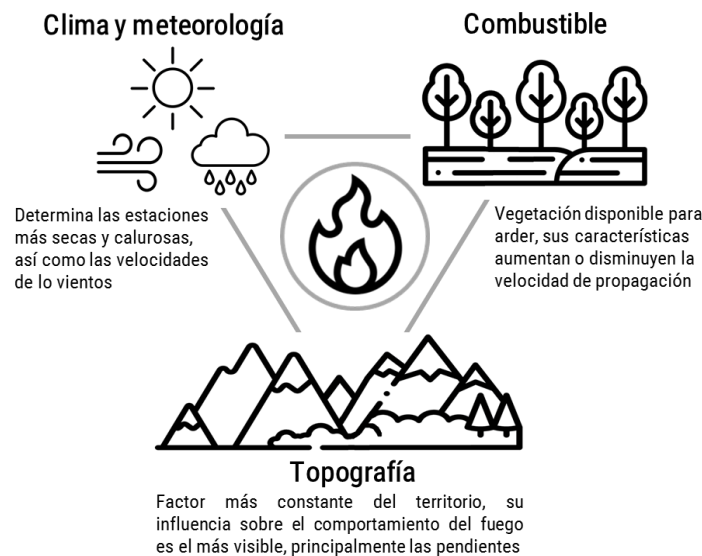
Figura 2. Triángulo del fuego para incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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

Figura 3. Factores de propagación del fuego para incendios forestales

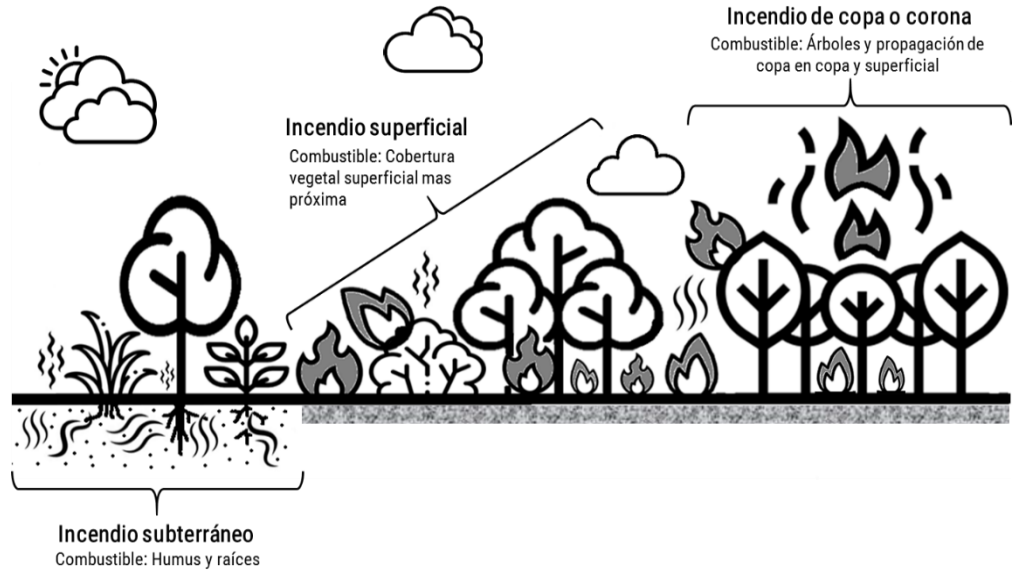


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

Los incendios forestales son variables, sin embargo, se han distinguido tres tipos que implican diferentes grados de daño en los ecosistemas: **los subterráneos**, el fuego quema el humus y raíces bajo la superficie del suelo o la materia orgánica acumulada en las fracturas de grandes afloramientos de roca, se caracteriza por no generar llamas y poco humo; **los superficiales**, donde el fuego consume los combustibles que se encuentran sobre el suelo como hierbas, pajonales, arbustos, leñas, hojarasca 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. 2022

6 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

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



- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA):
 - Focos de calor 2003 - 2024 obtenidos del sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer) del satélite Suomi-NPP y los sensores MODIS (Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada) de los satélites EOS Terra y Aqua.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED):
 - Mapa de pendientes, con base en información del proyecto ALOS World 3D - 30m (AW3D30) del Centro de Investigación de Observación de la Tierra de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI):
 - Centros poblados con información socioeconómica del Censo Nacional de Población y Vivienda 2017
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI):
 - Registro nacional de emergencias por incendios forestales (2003 – 2023)
- Ministerio del Ambiente (MINAM):
 - Mapa Nacional de Ecosistemas (2019),
 - Pérdida de bosque 2001 - 2020
- Ministerio de Cultura (MINCUL):
 - Información de monumentos arqueológicos (2021)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
 - Cobertura agrícola (2020)
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP):
 - Áreas Naturales Protegidas (2019),
 - Zonas de amortiguamiento (2019),
 - Áreas de Conservación Regional (2019),
 - Áreas de Conservación Privada (2019)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI):
 - Mapa climático nacional (2020)
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR):
 - Cicatrices de incendios forestales (2017 - 2023),
 - Ocurrencias de incendios forestales (2017 – 2023),
 - Ecosistemas frágiles (2019)
- World Bank Group:
 - Atlas solar global (2019),
 - Atlas de vientos global (2019)

7 ELABORACIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO

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

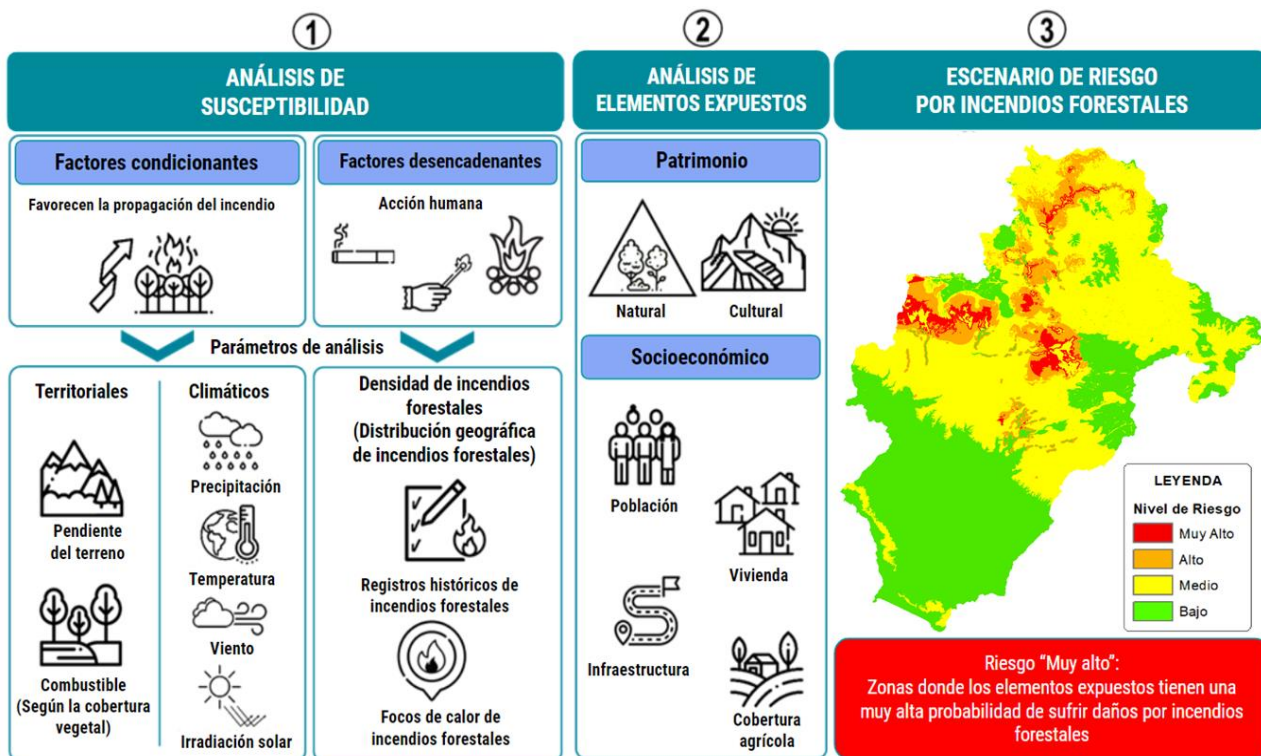
El análisis de susceptibilidad examina el peligro por incendios forestales, considerándose como el principal factor desencadenante a las acciones humanas, mientras que los factores condicionantes han tomado en cuenta los elementos que favorecen o desfavorecen la propagación de los incendios forestales. 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



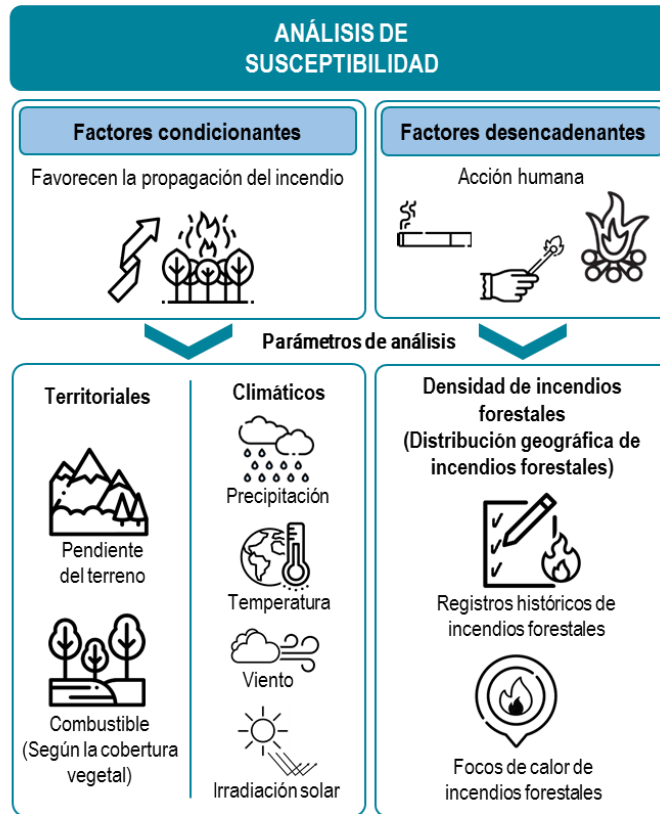
Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2024

7.1 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Este análisis permitirá conocer la predisposición del territorio del departamento de Moquegua a la ocurrencia de incendios forestales, el nivel de susceptibilidad a incendios forestales estará basado en las características del factor desencadenante y los factores condicionantes. El principal factor desencadenante es el fuego producido por las acciones humanas, mediante las quemas (actividad ancestral relacionada a la agricultura) y actos negligentes de arrojar objetos que producen fuego sobre coberturas vegetales secas como cigarrillos encendidos y objetos de vidrio que pueden generar el efecto lupa. Respecto a los factores condicionantes, se ha considerado las características territoriales y climáticas que favorecen la propagación del fuego (Figura 7).



Figura 7. Modelamiento de los factores de susceptibilidad



Fuente: Elaborado por el CENEPRED, 2020

7.1.1 Factores condicionantes territoriales

A) Combustible (cobertura vegetal)

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

El mapa de combustible fue elaborado por el CENEPRED, basándose en la clasificación de tipos de combustible propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2011) (Tabla 2). Para ello se utilizó como insumo el Estudio de cobertura vegetal de la Región Moquegua, escala de trabajo 1:100,000 (nivel meso) en el marco del proyecto de Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial del departamento de Moquegua (2018)¹.

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



Tabla 2. Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal

ID	Cobertura vegetal	Combustible predominante
1	Agricultura costera y andina	Arbustos
2	Área altoandina con escasa y sin vegetación	No combustibles
3	Área urbana	No combustibles
4	Áreas Artificializadas	No combustibles
5	Bofedal	No combustibles
6	Bosque relicto altoandino	Árboles y arbustos
7	Cardonal	Árboles y arbustos
8	Centro minero	No combustibles
9	Desierto costero	No combustibles
10	Embalse	No combustibles
11	Glaciar	No combustibles
12	Lagunas, lagos y cochas	No combustibles
13	Loma	Árboles y arbustos
14	Matorral arbustivo	Arbustos
15	Pajonal andino	Hierbas y Pastos
16	Plantación Forestal	Árboles
17	Represa	No combustibles
18	Tillandsiales	Arbustos

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

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

Tabla 3. Ponderación de los tipos de combustibles

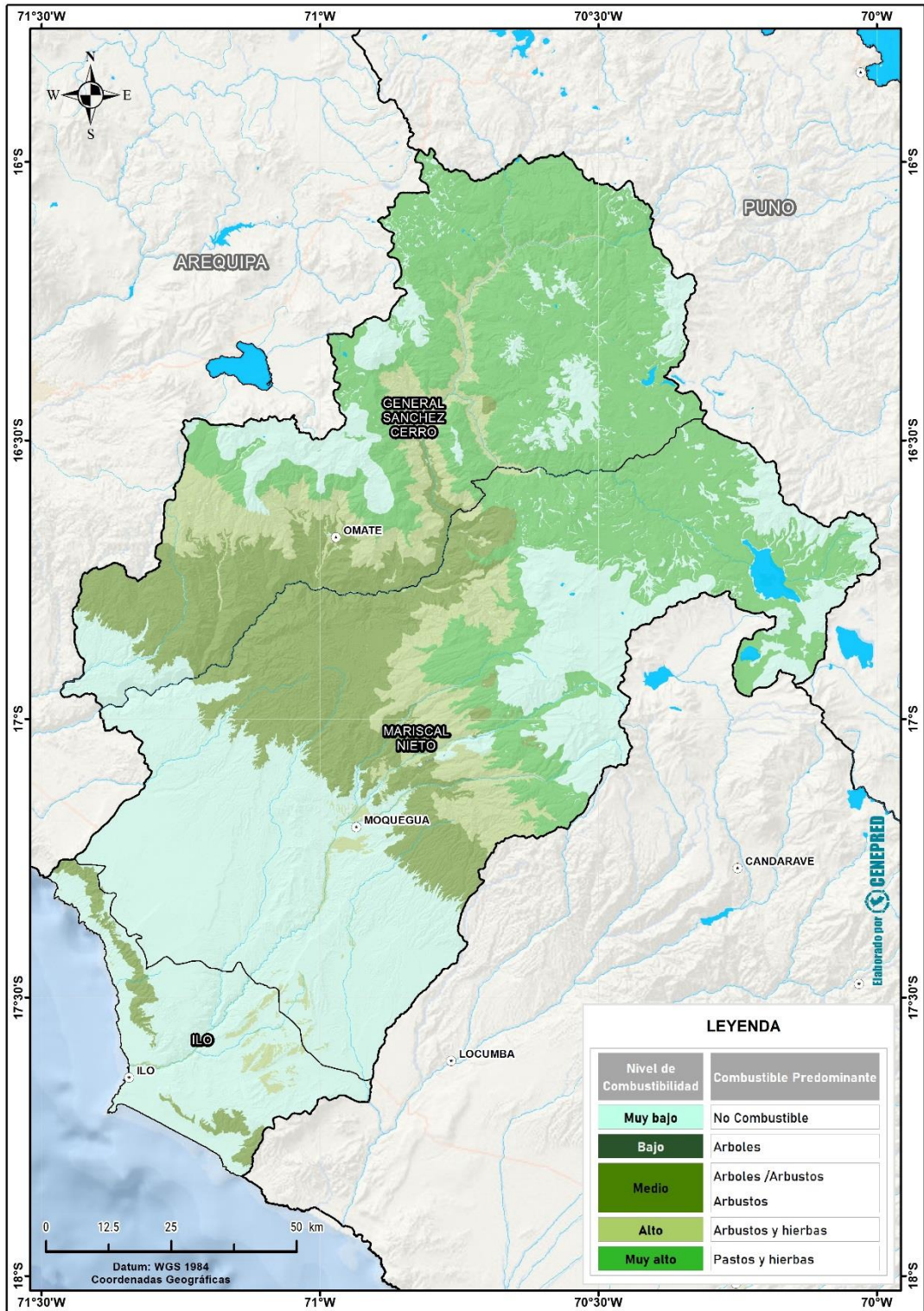
Combustible predominante	Nivel de combustibilidad	Peso asignado
No combustible	Muy bajo	1
Arboles	Bajo	2
Árboles y arbustos	Medio	3
Arbustos	Alto	4
Hierbas y pastos	Muy Alto	5

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

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



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



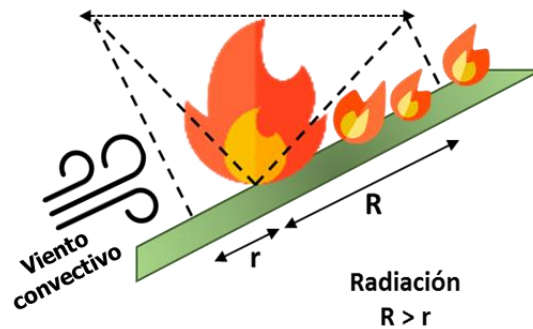
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024



B) Pendiente

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

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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2021

El mapa de pendientes de la región Moquegua (Figura 10), elaborado por el CENEPRED (2024), usó como base el modelo digital de elevación (30 metros de resolución) obtenido del proyecto ALOS World 3D - 30m (AW3D30) del Centro de Investigación de Observación de la Tierra de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA), los rangos de las pendientes se adaptaron de la propuesta del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), para luego asignar un peso a cada rango (Tabla 4).

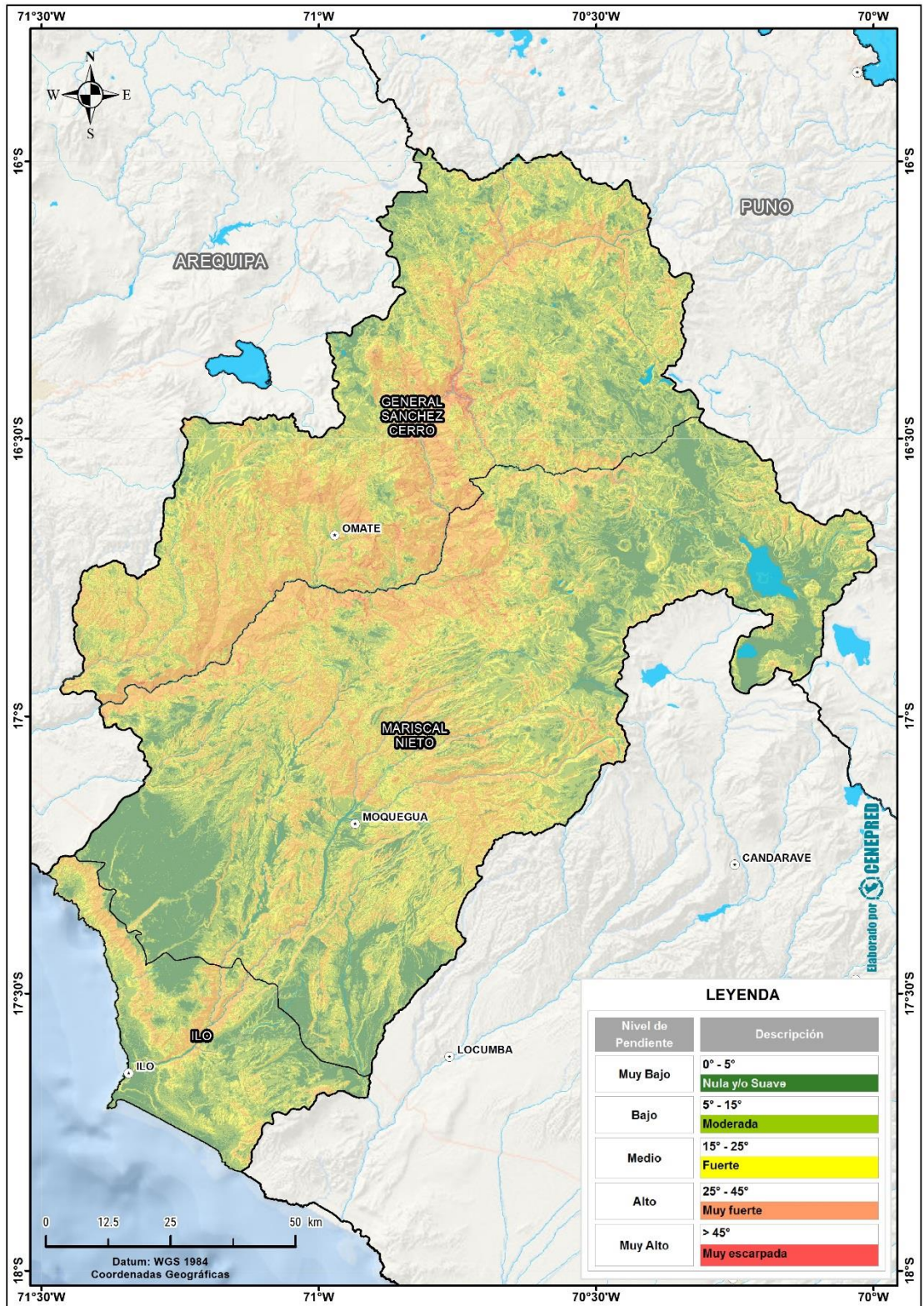
Tabla 4. Ponderación de las pendientes

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

Fuente: Adaptado por CENEPRED de INGEMMET. 2024



Figura 10. Mapa de pendientes



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022



7.1.2 Factores condicionantes climáticos

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

A) Clima

La información usada corresponde al mapa de clasificación climática del Perú, generada por el SENAMHI (2020). La información base de esta clasificación está apoyada en datos meteorológicos de veinte años (1981-2010), a partir de la cual se procedió a formular los "Índices Climáticos" y al trazado de los mismos de acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Werren Thornthwaite (SENAMHI, 2021).

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.

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

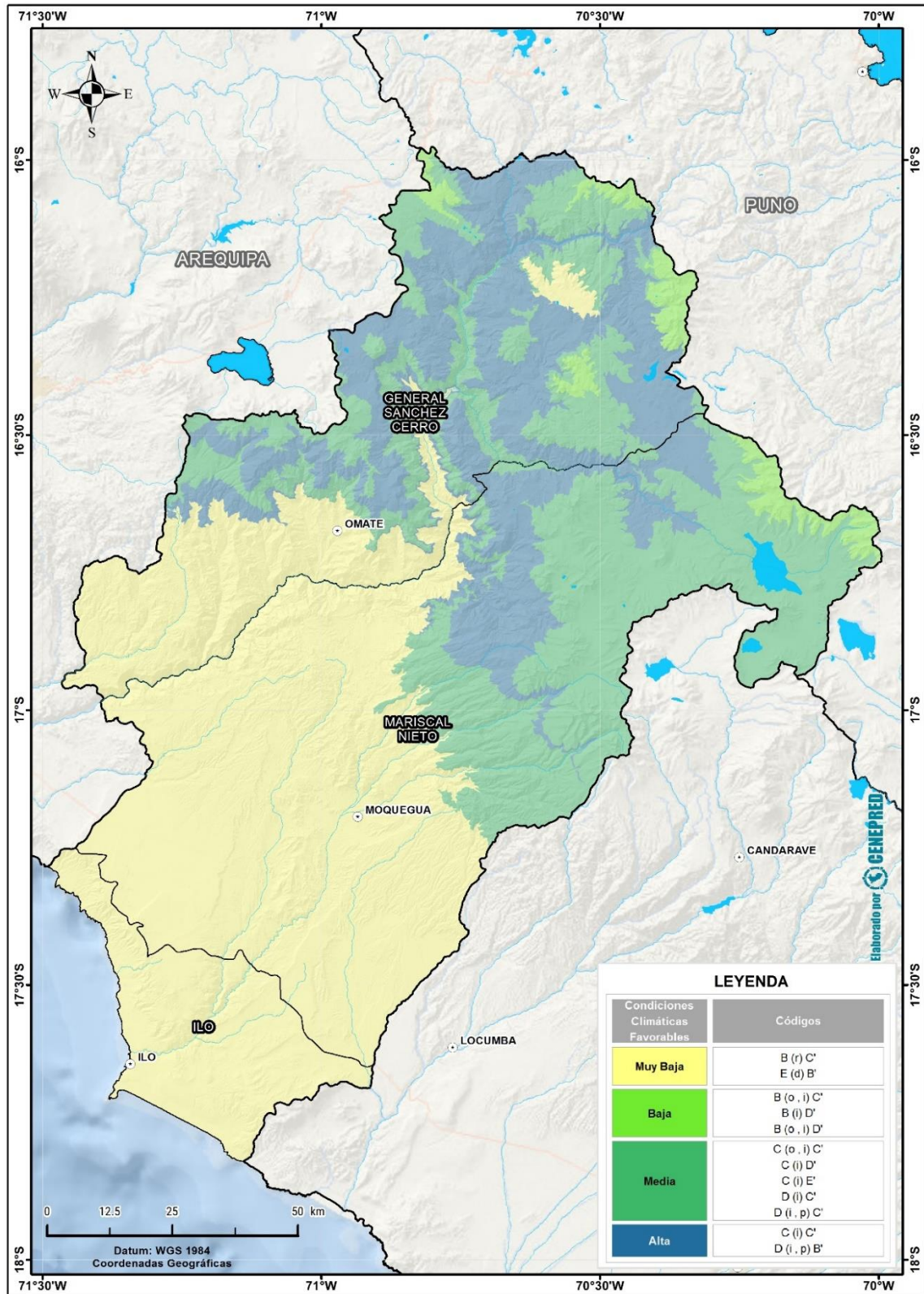
Tabla 5. Ponderación de variables climáticas (Thornthwaite)

Código de clima	Precipitación efectiva	Distribución de la precipitación durante el año	Temperatura eficiente	Nivel	Peso
B (r) C'	Lluvioso	Humedad abundante en todas las estaciones del año	Frío	Muy bajo	1
E (d) B'	Árido	Deficiencia de humedad en todas las estaciones	Templado	Muy bajo	1
B (o , i) C'	Lluvioso	Con otoño e invierno seco	Frio	Bajo	2
B (i) D'	Lluvioso	Con invierno seco	Semifrío	Bajo	2
B (o , i) D'	Lluvioso	Con otoño e invierno secos	Semifrío	Bajo	2
C (o , i) C'	Semiseco	Con otoño e invierno seco	Frio	Medio	3
C (i) D'	Semiseco	Con invierno seco	Semifrío	Medio	3
C (i) E'	Semiseco	Con invierno seco	Frío	Medio	3
D (i) C'	Semiárido	Con invierno seco	Frio	Medio	3
D (i , p) C'	Semiárido	Con invierno y primavera seca	Frio	Medio	3
C (i) C'	Semiseco	Con invierno seco	Frío	Alto	4
D (i , p) B'	Semiárido	Con invierno y primavera seca	Templado	Alto	4

Fuente: Elaborado por CENEPRED con datos de SENAMHI. 2024



Figura 11. Mapa de condiciones climáticas favorables



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del SENAMHI. 2024



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

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

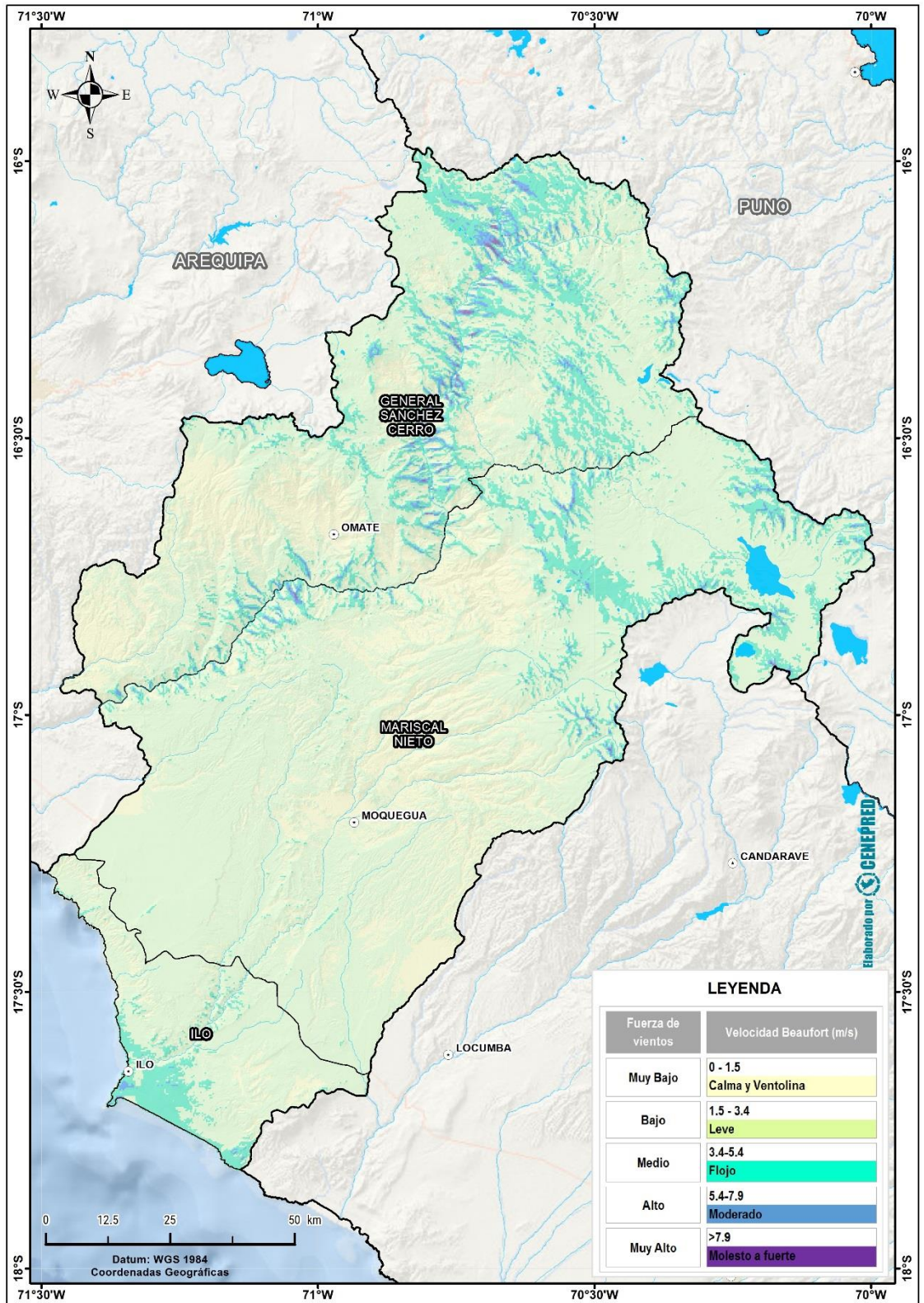
Grado Beaufort	Velocidad Beaufort (m/s)	Descripción	Peso
0 a 1	0.0 - 1.5	Calma y ventolina	1
2	1.5 - 3.4	Leve	2
3	3.4 - 5.4	Flojo	3
4	5.4 - 7.9	Moderado	4
Mayor a 5	> 7.9	Molesto a fuerte	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

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



Figura 12. Mapa de fuerza de los vientos



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del Global Wind Atlas (World Bank Group). 2024



C) Irradiación solar

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

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

Tabla 7. Ponderación del promedio anual de energía solar incidente

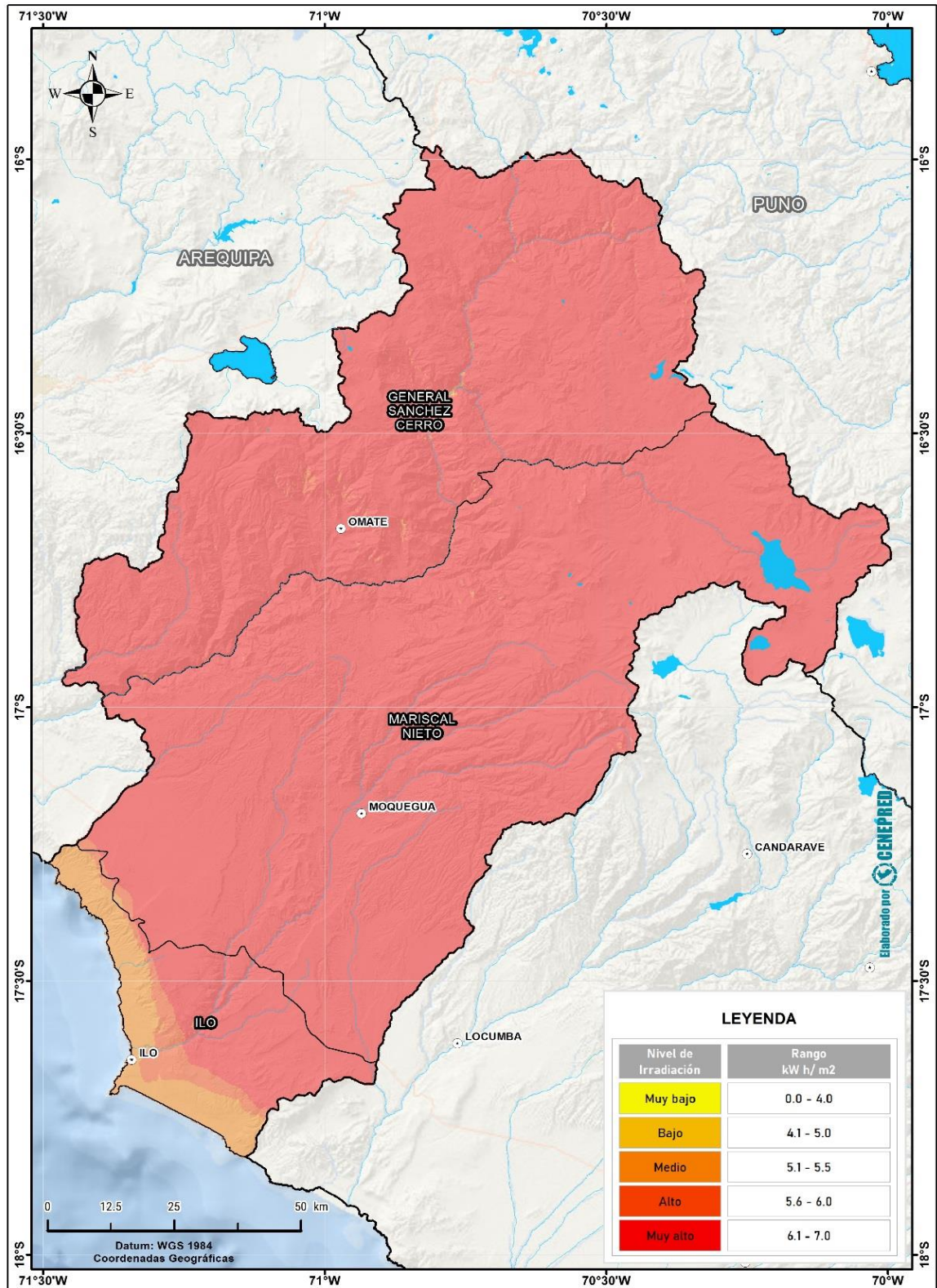
Rango kW h/m ²	Nivel de energía solar incidente	Peso asignado
0.0 - 4.0	Muy bajo	1
4.1 - 5.0	Bajo	2
5.1 - 5.5	Medio	3
5.6 - 6.0	Alto	4
6.1 - 7.0	Muy alto	5

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

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



Figura 13. Mapa de irradiación de energía solar incidente



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del Global Solar Atlas (World Bank Group). 2024



7.1.3 Modelamiento de los factores condicionantes

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

Tabla 8. *Matriz de factores condicionantes*

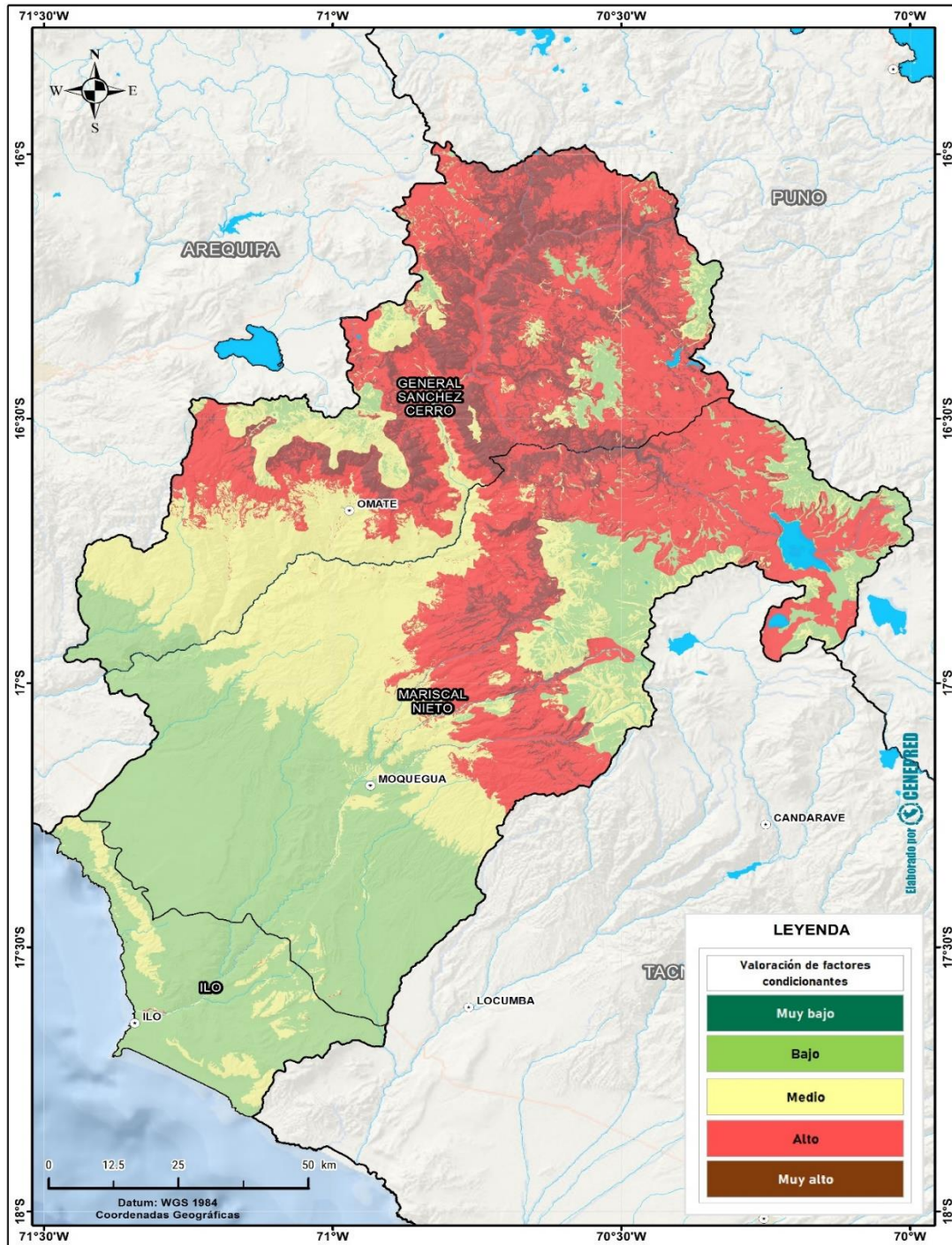
Parámetros de análisis		Peso asignado
F. C. Territoriales	Pendiente	0.20
	Combustible	0.45
F. C. Climáticos	Climas (Thornthwaite)	0.25
	Vientos	0.05
	Irradiación solar	0.05

Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024

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



Figura 14. Mapa de factores condicionantes para incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024

7.2 FACTOR DESENCADENANTE

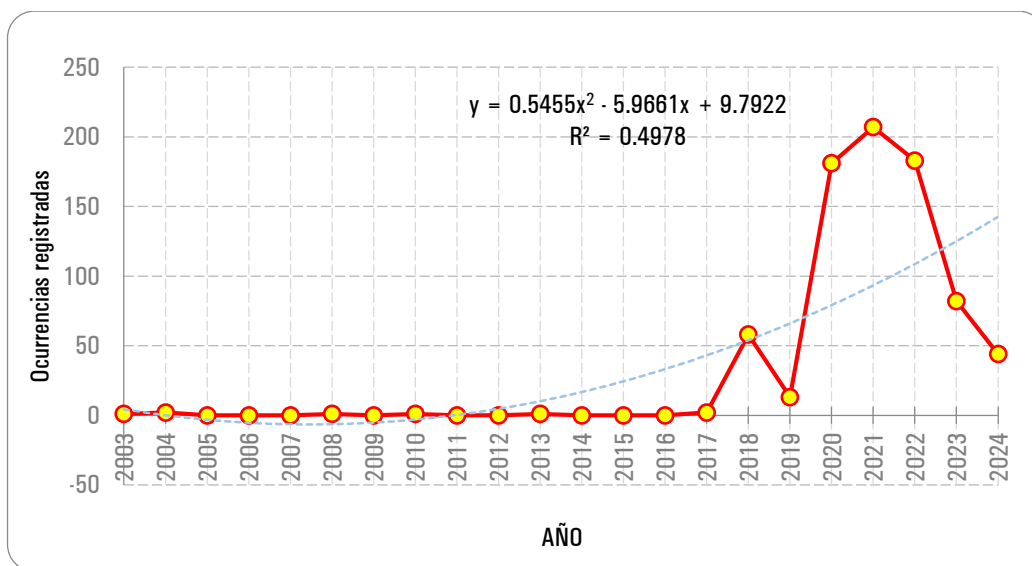
La USAID (2015) a través de una evaluación de manejo de incendios forestales en Perú, diagnosticó por regiones a las causas antrópicas, como las actividades que generan el cambio de uso de suelo y que usan el fuego para la eliminación o renovación de vegetación, estas prácticas en su mayoría no controladas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



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

Para la región Moquegua, la información estadística correspondiente a los registros históricos de emergencias de incendios forestales (INDECI, MINAM, SERFOR)⁵ del periodo analizado entre 2004-2024, muestra un incremento exponencial de ocurrencias registradas en los tres últimos años (Figura 15).

Figura 15. Incendios registrados por año en la región Moquegua



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del INDECI, MINAM y SERFOR. 2023

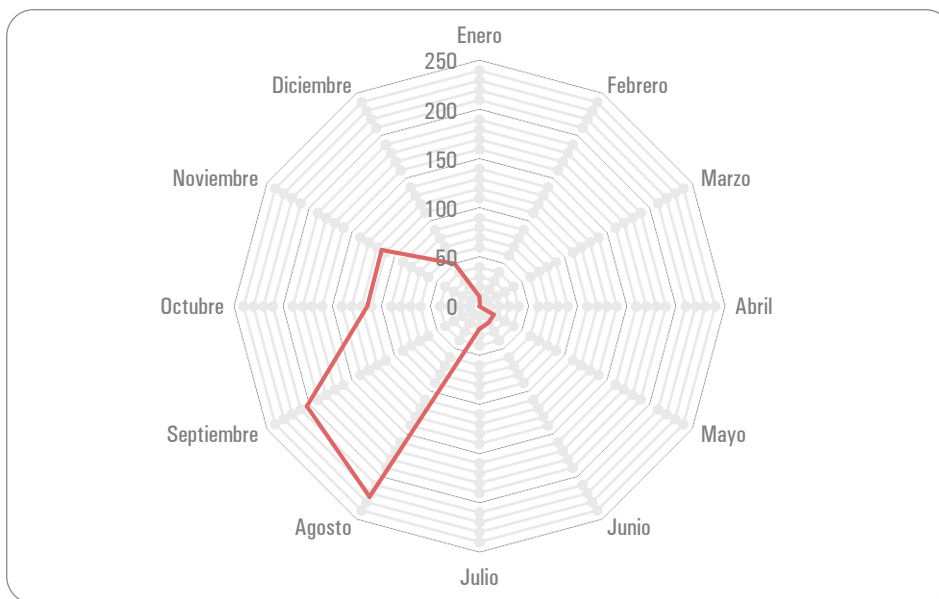
Asimismo, se identificó para la región, que la mayoría de incendios se han generado entre los meses de agosto a diciembre. Este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (Manta, 2017; Manta & León, 2004) (Figura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

⁴ Referenciado en (SERFOR, 2018)

⁵ Información analizada con un corte hasta el mes de setiembre del 2024.



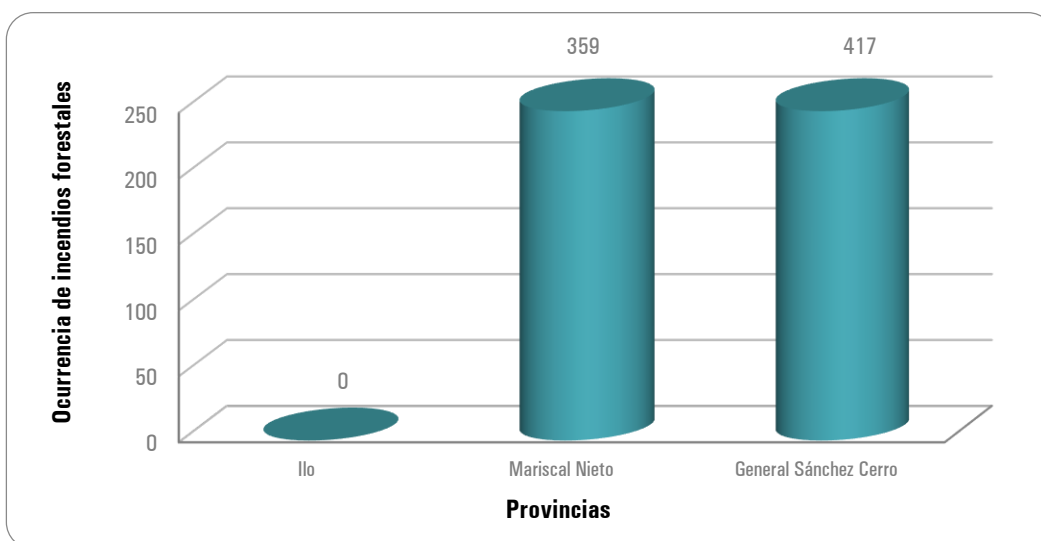
Figura 16. Tendencia mensual de incendios forestales en la región Moquegua



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del INDECI, MINAM y SERFOR. 2024

Al organizar las frecuencias de incendios forestales por provincias durante el periodo 2004-2024, el resultado concluye que la provincia con mayor registro de incendios forestales es Ferreñafe. (Figura 17).

Figura 17. Histórico de emergencias de incendios forestales por provincia



Fuente: Elaborado por CENEPRED con información del INDECI, MINAM y SERFOR. 2024



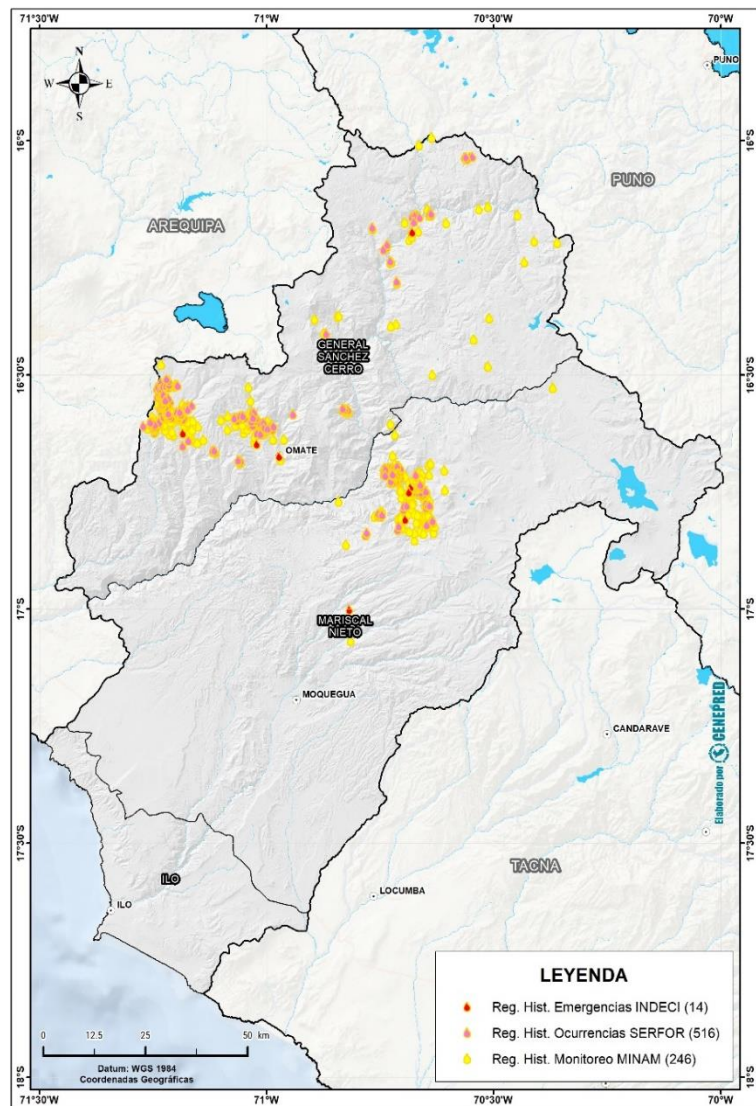
7.2.1 Densidad de incendios forestales

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

A) Registros históricos de ocurrencia de incendios forestales

Se utilizaron los registros y emergencias históricas de incendios forestales del INDECI, SERFOR y MINAM, 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. 2024



B) Focos de calor

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

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

$BT_4 > 325 \text{ K}$ 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

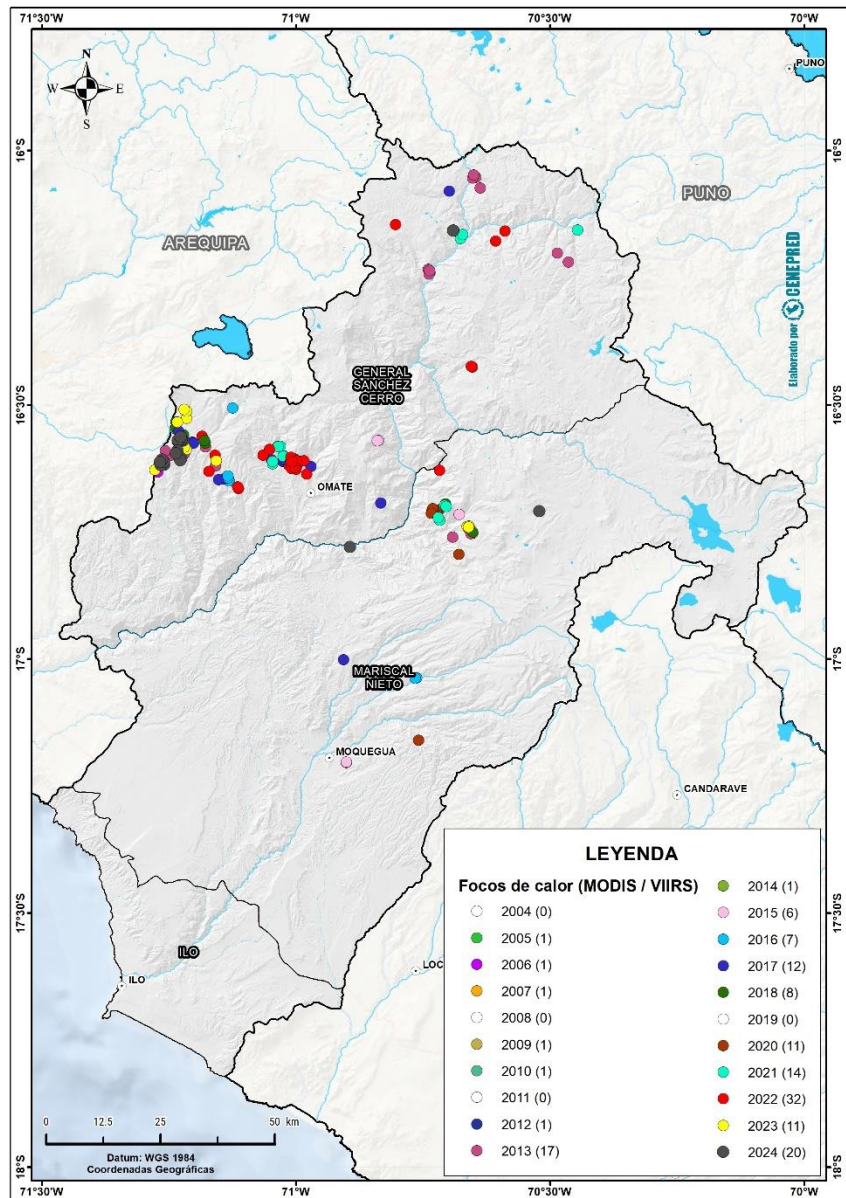
ΔBT_{45} : Diferencia de temperatura de brillo entre los canales 4 y 5

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. 2024

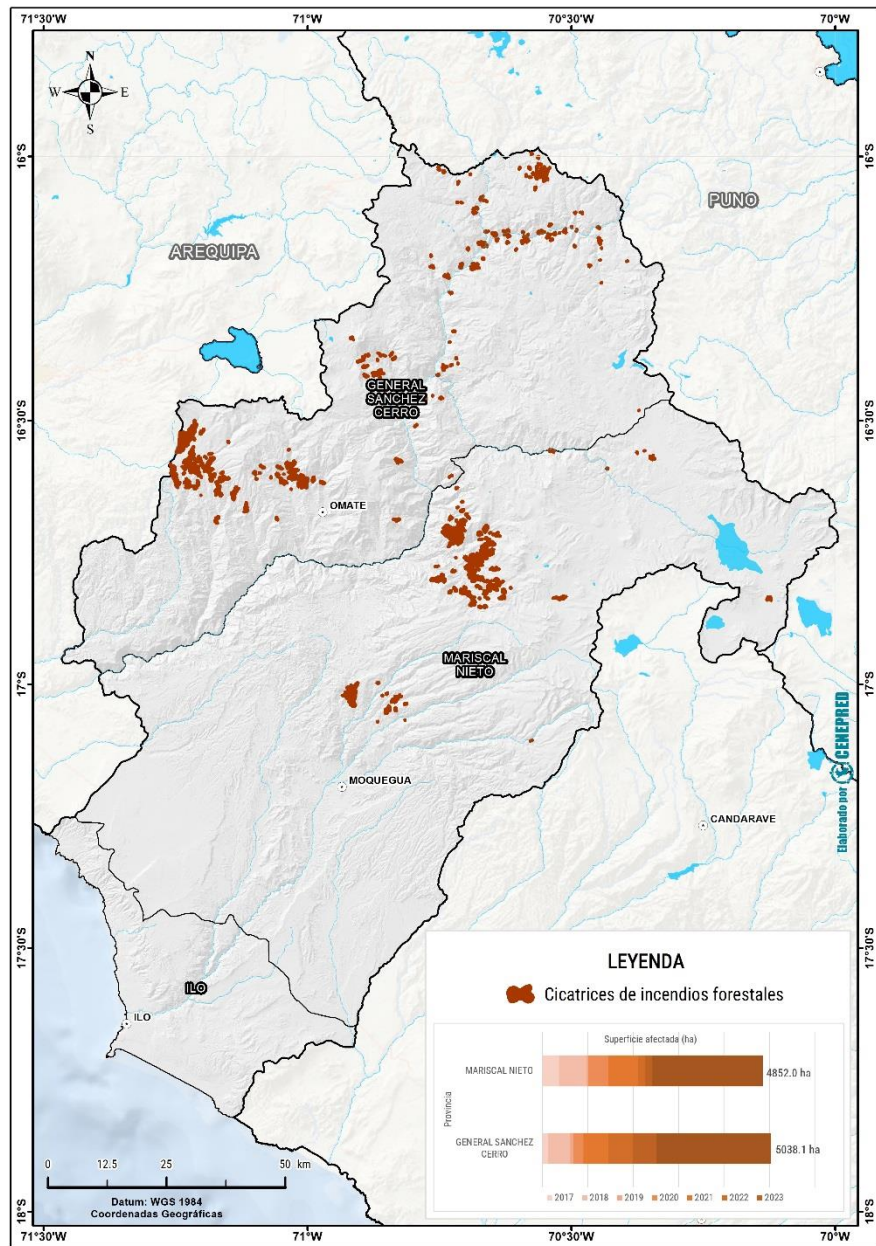
C) Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices)

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

Como se aprecia en el gráfico de la figura 20, las superficies afectadas en 2020 superan considerablemente a las registradas entre 2017 y 2023.



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



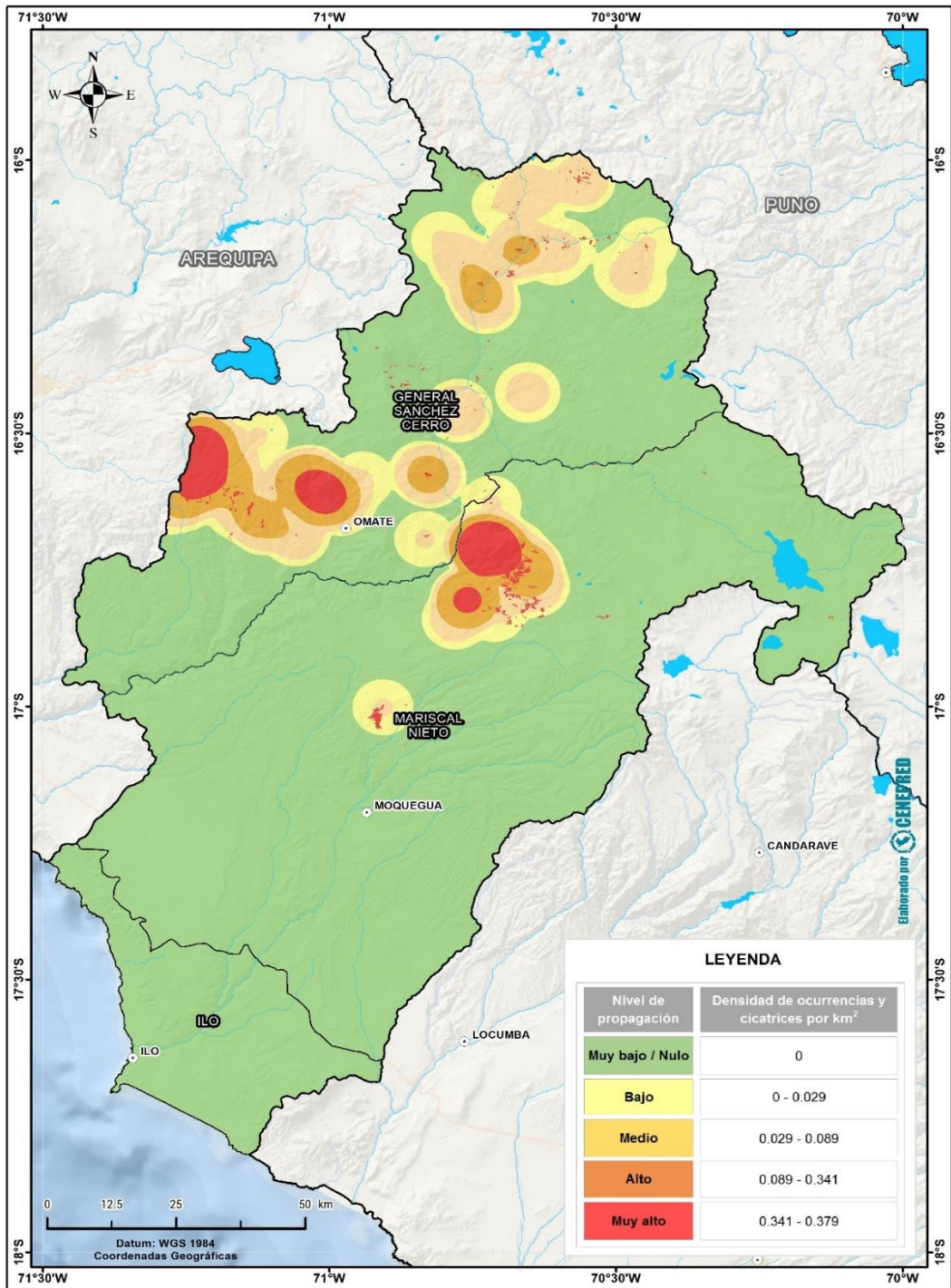
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024

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 Moquegua, durante el periodo 2003 – 2023. Posteriormente, se le incluyeron las superficies afectadas del 2017 – 2020, asignándoles valor 5, para obtener el mapa final de factor desencadenante (Figura 21).



Figura 21. Mapa del factor desencadenante - Propagación de incendios forestales (2003 - 2023)



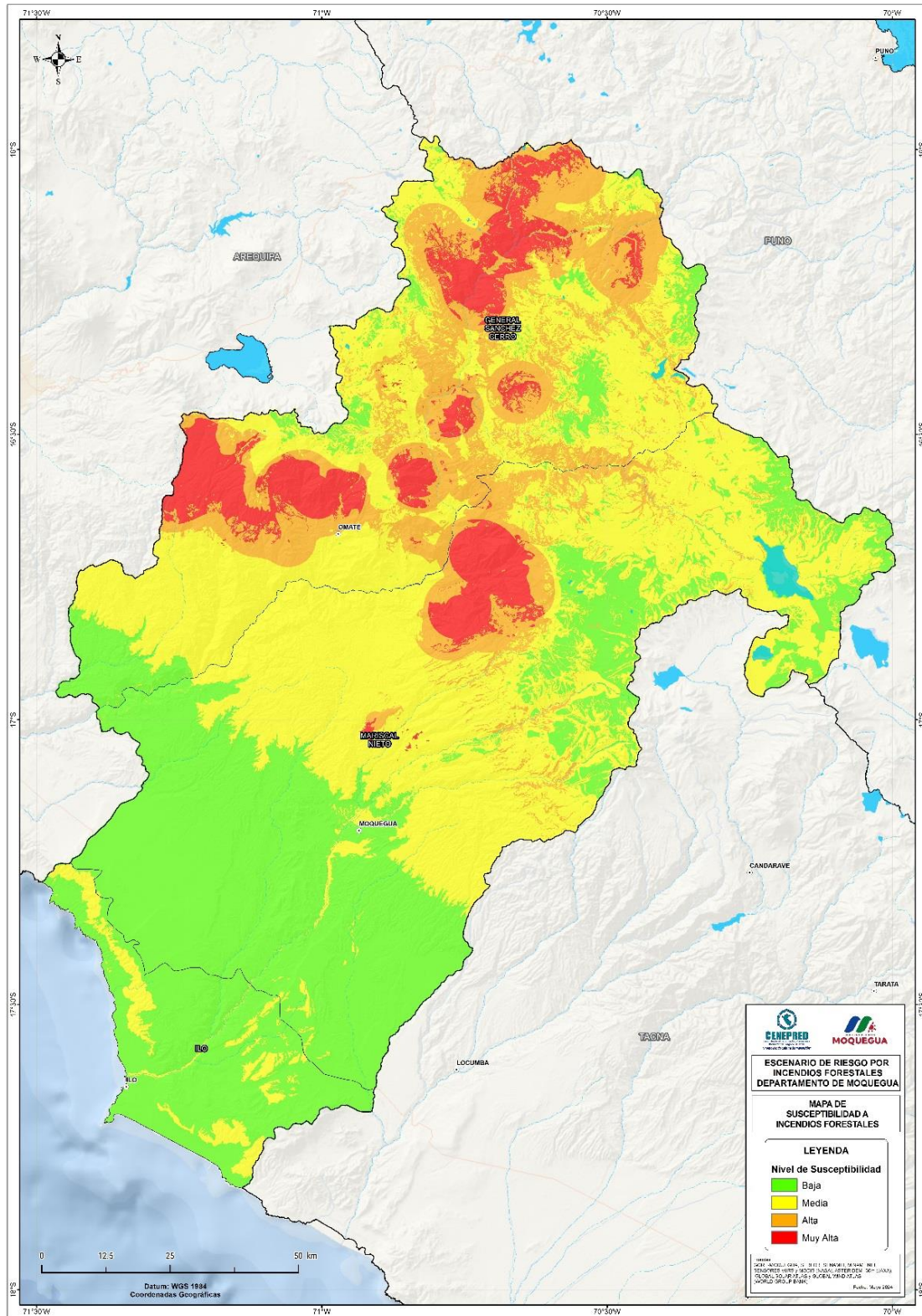
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024

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 Moquegua.



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024



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

Tabla 9. Áreas de niveles de susceptibilidad en el departamento de Moquegua.

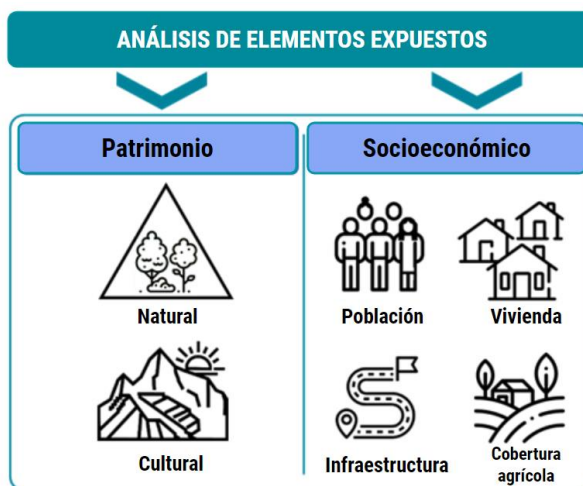
Nivel	Área aprox. (Ha)	Porcentaje (%)
Muy Alto	119,696.01	7.6%
Alto	230,640.01	14.7%
Medio	669,090.17	42.5%
Bajo	554,739.55	35.2%
TOTAL	1,574,165.74	100%

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2024

8 ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

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

Figura 23. Elementos expuestos a incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

8.1 PATRIMONIALES

8.1.1 Patrimonio cultural

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



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

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

Para el análisis de afectación por incendios forestales que podría sufrir este patrimonio, a la escala de trabajo para la región Moquegua, 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 Moquegua, y dado que proporcionan bienes y servicios a la población se constituyen en un importante capital natural. (MINAM, 2019).

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

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



8.1.3 Priorización del elemento expuesto

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

A) Priorización por tipo de ecosistema

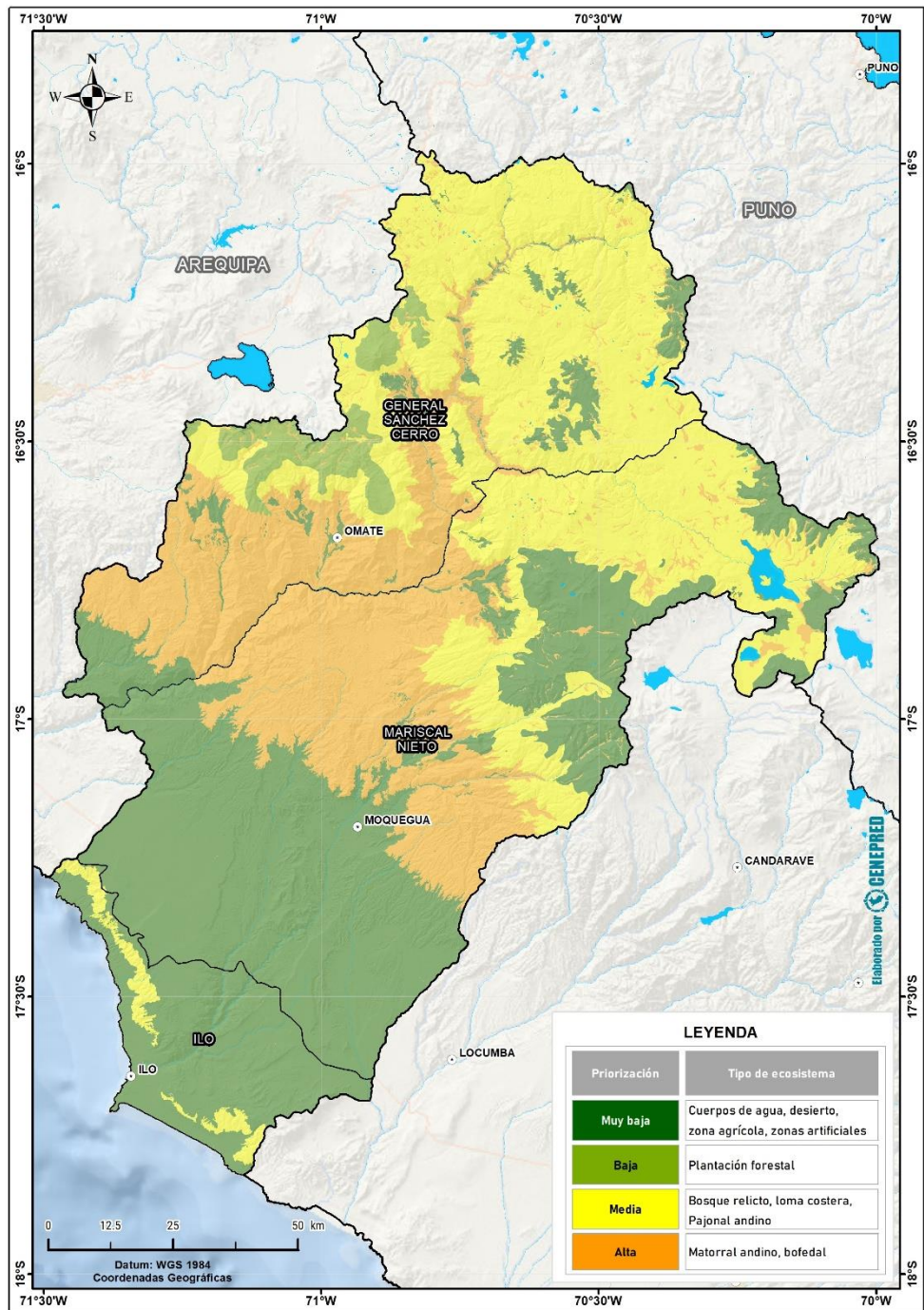
Este criterio de calificación se basa en la prioridad de la cobertura vegetal frente a los incendios forestales. Los pesos asignados toman en cuenta trabajos similares de escenarios de riesgo coordinados con especialistas del SERFOR (2019) y del Ministerio del Ambiente (2020) para la elaboración de los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

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

ID	TIPO DE ECOSISTEMA	PRIORIDAD POR TIPO DE ECOSISTEMA	VALOR
1	Cuerpo de agua artificial	Muy bajo	1
2	Desierto costero	Muy bajo	1
3	Glaciar	Muy bajo	1
4	Lago y laguna	Muy bajo	1
5	Periglaciar	Muy bajo	1
6	Zona agrícola	Muy bajo	1
7	Zona minera	Muy bajo	1
8	Zona urbana	Muy bajo	1
9	Plantación Forestal	Bajo	2
10	Pajonal de puna seca	Medio	3
11	Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)	Medio	3
12	Loma costera	Medio	3
13	Bofedal	Alto	4
14	Matorral andino	Alto	4

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2024

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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024



B) Priorización por estrategia de conservación

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

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

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

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

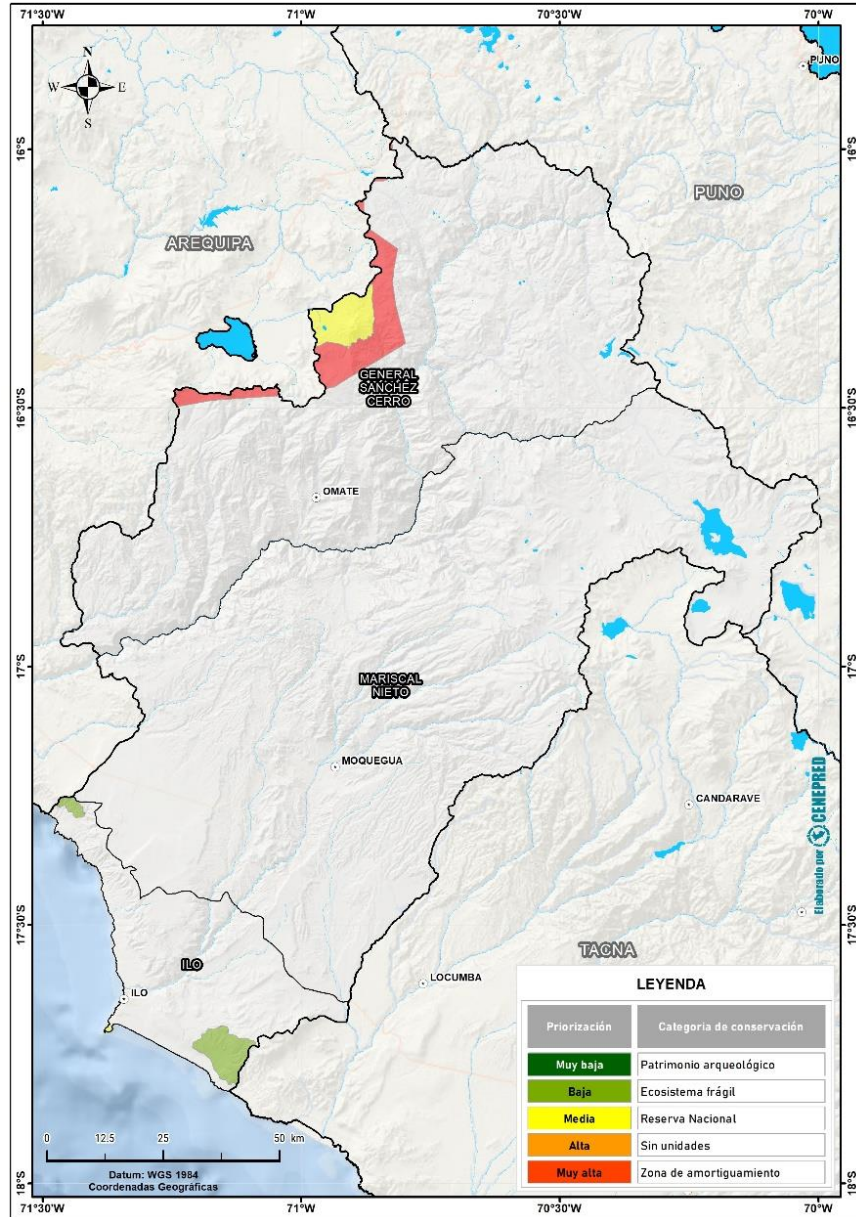
Tabla 11. Priorización del elemento expuesto según estrategia de conservación

ID	CATEGORÍAS	CARACTERÍSTICAS	PRIORIDAD POR ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN	VALOR
1	Patrimonio arqueológico	Bienes culturales que, independientemente de su condición de propiedad privada o pública, están protegidos por el Estado. Resiliencia muy alta.	Muy bajo	1
2	Ecosistema frágil	Ecosistemas cuya condición de fragilidad hace que sea mayor la necesidad de protección de este espacio y se establece legalmente su delimitación para el respectivo cuidado. Resiliencia alta.	Bajo	2
3	Reserva Nacional	Destinadas a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos de flora y fauna silvestre, acuática o terrestre. Resiliencia media.	Medio	3
4	Zona de amortiguamiento	Zonas que requieren un tratamiento especial para garantizar la conservación del área protegida. Actividades variadas ocurren dentro de estas áreas. Resiliencia muy baja.	Muy alto	5

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2024



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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024

C) Priorización por área de influencia antrópica

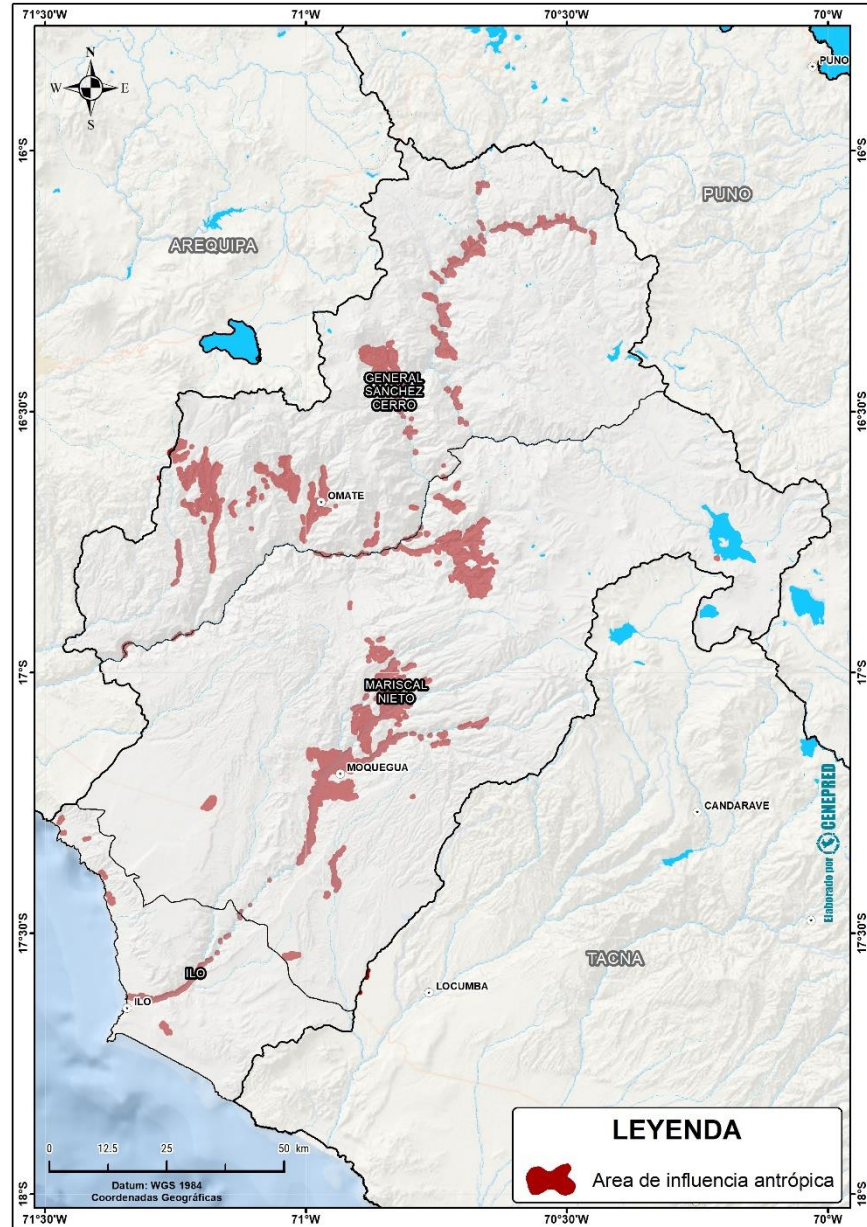
La priorización del elemento en función a la influencia antrópica considera el nivel de exposición del patrimonio frente a la amenaza de la expansión agrícola, comúnmente asociada a la ocurrencia de incendios forestales.

Esta es una capa binaria (Figura 26) que se genera a partir de aplicar un buffer externo de 375 metros (tamaño de un pixel VIIRS para focos de calor) a la



acumulación de los datos espaciales de pérdida de bosque 2001 - 2020⁶ y de cobertura agrícola 2020⁷.

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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2022

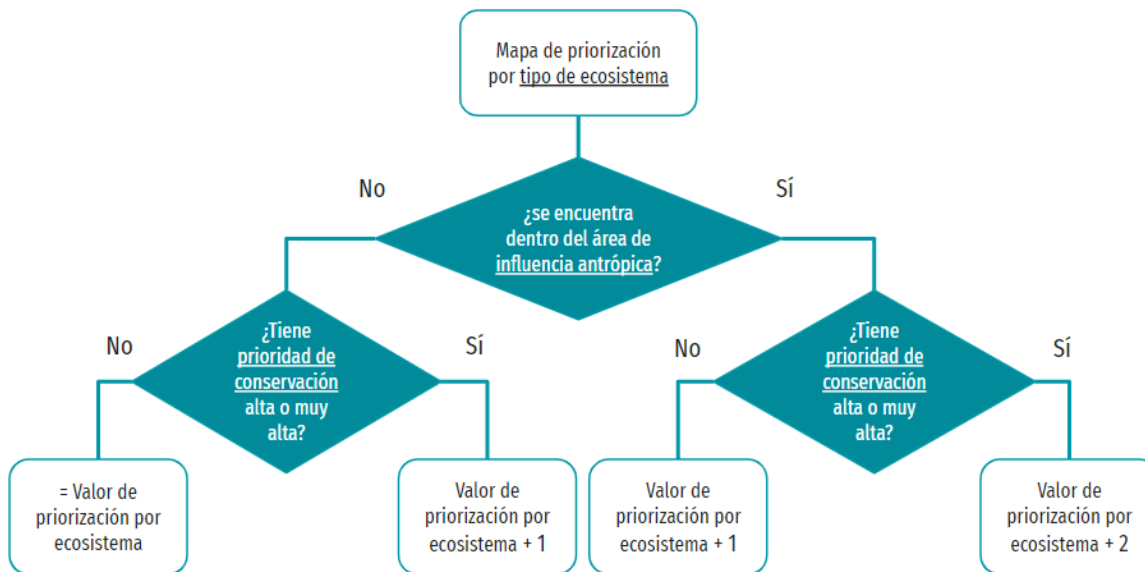
Una vez obtenidas las capas de los tres criterios de priorización, se aplica el flujo de decisión de la figura 27. El proceso ajusta los valores del mapa de priorización por tipo de ecosistema, en función a su intersección con los mapas respectivos de área de influencia antrópica y de priorización por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

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

⁷ Capa vectorial oficial del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



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

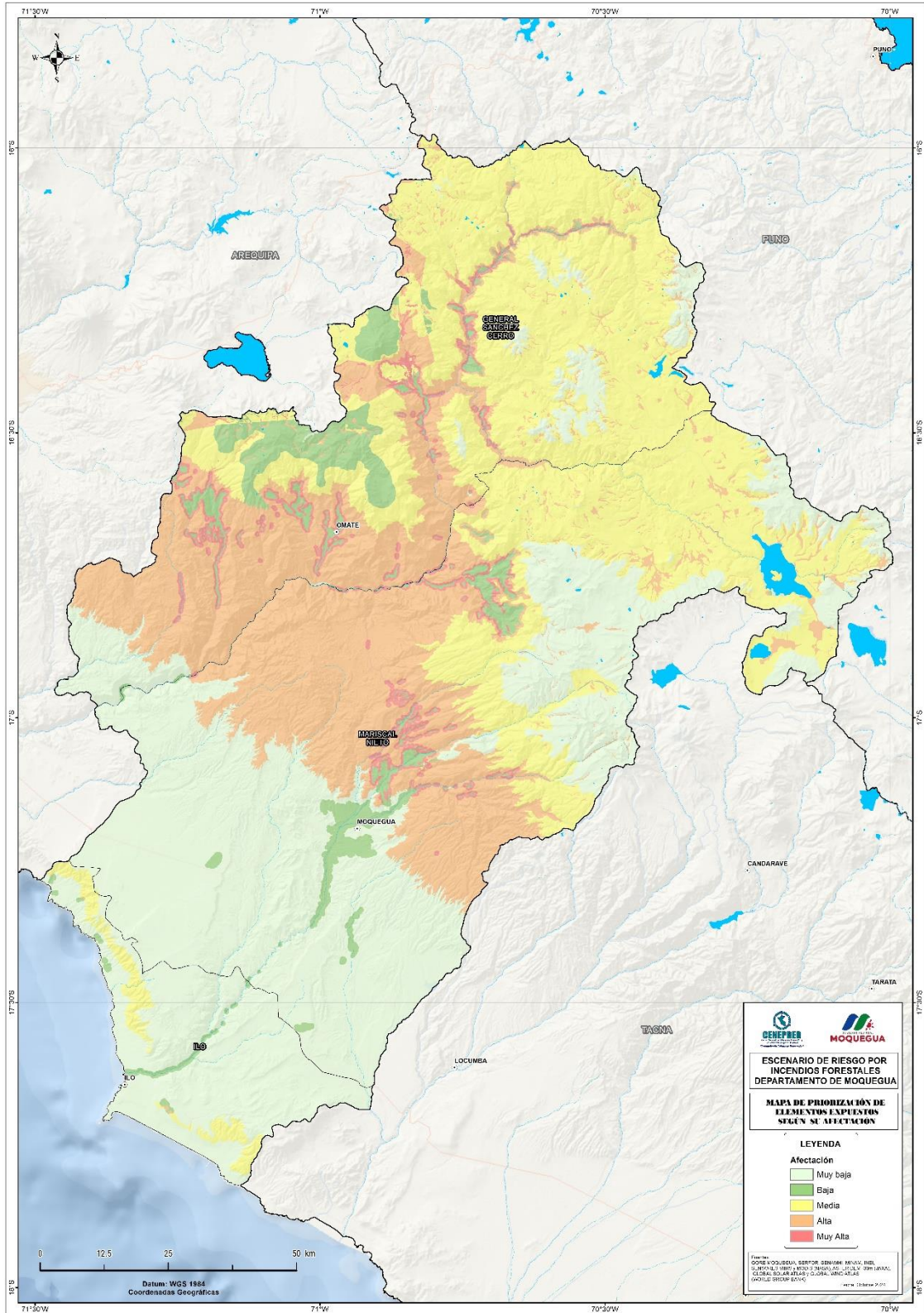


Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

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



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



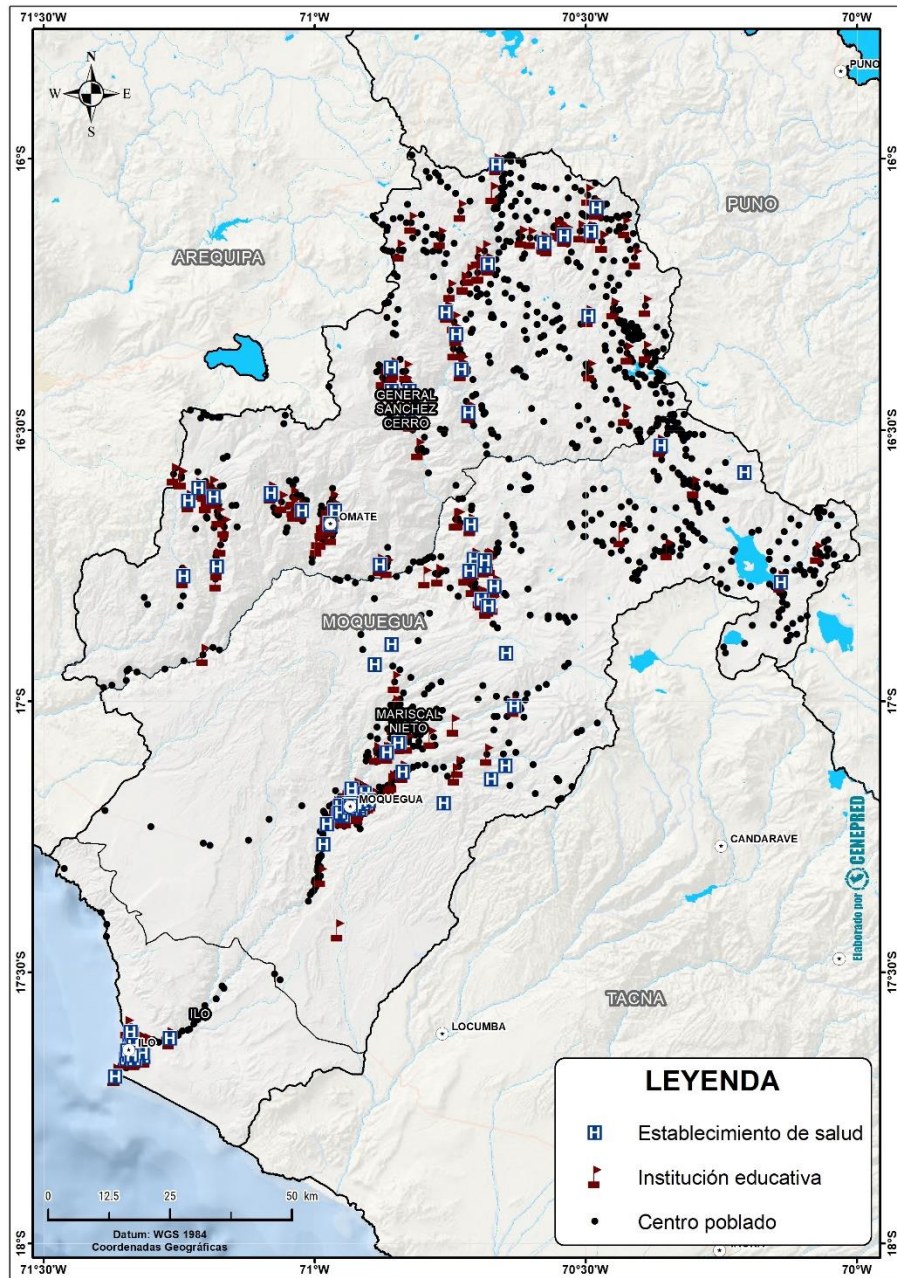
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024



8.2 SOCIECONÓMICO

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

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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024



9 ESCENARIO DE RIESGO

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

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

De acuerdo con los resultados del escenario de riesgo del departamento de Moquegua, las áreas de mayor riesgo (niveles alto y muy alto) representan el 12.1% del territorio de la región Moquegua (Tabla 12), distribuidas principalmente en las provincias de General Sánchez Cerro y Mariscal Nieto, como se muestra en las figuras 30 y 31.

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

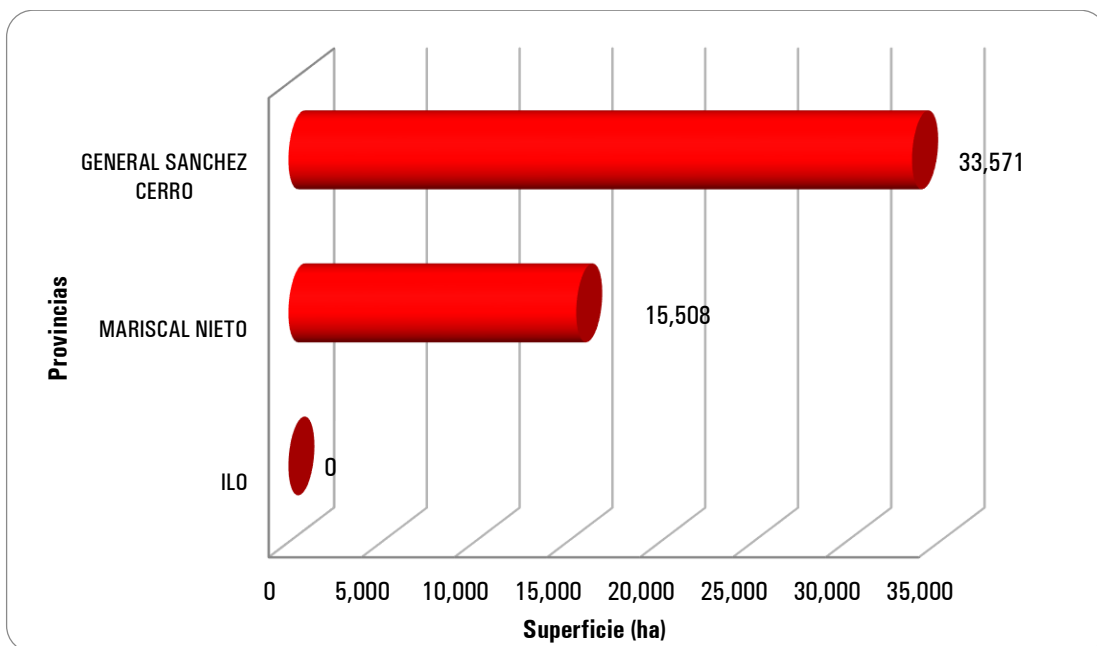
Tabla 12. Áreas de niveles de riesgo a incendios forestales en la región Moquegua

Nivel	Área aprox. (ha)	Porcentaje (%)
Muy alto	49,080.27	3.1%
Alto	140,902.23	9.0%
Medio	747,241.23	47.5%
Bajo	636,942.00	40.5%
Total	1,467,308.98	100

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2024

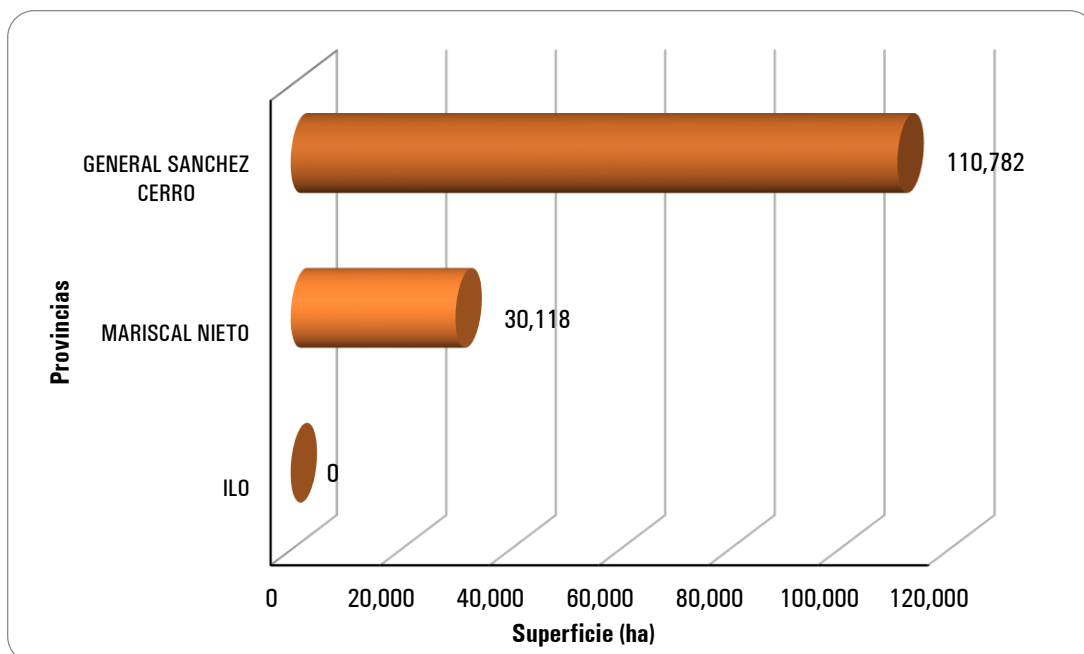


Figura 30. Superficie en riesgo muy alto, por provincias



Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

Figura 31. Superficie en riesgo alto, por provincias

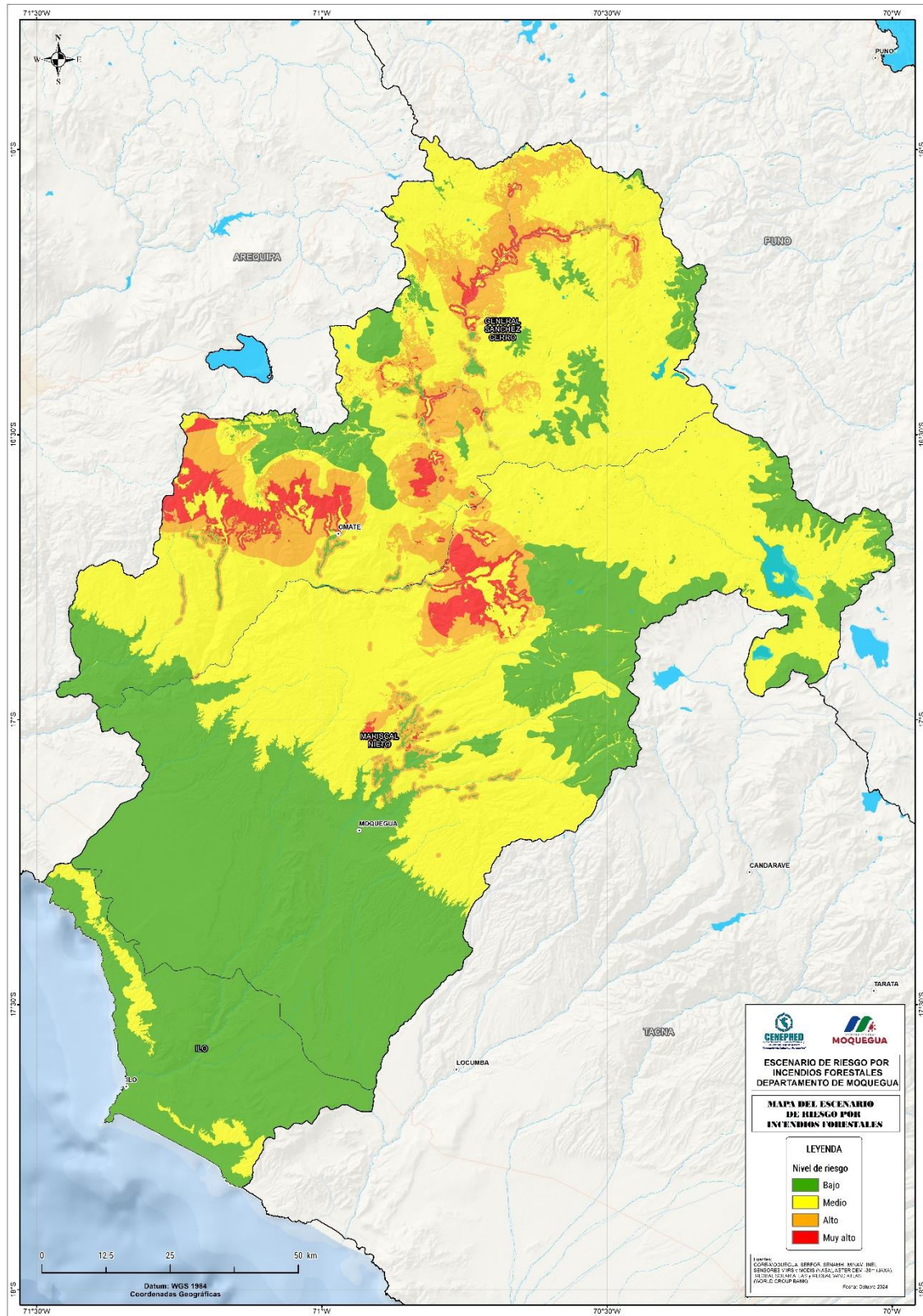


Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2022

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



Figura 32. Mapa del escenario de riesgo por incendios forestales en el departamento de Moquegua



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2024



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

NIVEL DE RIESGO		MUY ALTO																	
PROVINCIAS		Patrimonio Cultural				Patrimonio natural - ecosistemas (ha)				Socioeconómico									
		Población y Vivienda		Infraestructura		Zona Arqueol.	Elemento Arqueol.	Paisaje cultural Arqueol.	Sitio Arqueol.	Bofedal	Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)	Matorral andino	Pajonal andino	Centros Poblados	Viviendas	Población	Cobertura agrícola (ha)	Establec. de Salud	Instituciones Educativas
		Centros Poblados	Viviendas	Población	Establec. de Salud														
1	GENERAL SANCHEZ CERRO	0	0	3	14	39.97	0.04	29,612.11	3,729.02	33	471	1,107	143.5	3	8				
2	MARISCAL NIETO	0	0	1	1	5.26	681.11	13,567.40	1,174.78	11	89	179	50.8	0	1				
3	ILO	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.0	0	0				
Totales		0	0	4	15	45.2	681.2	43,179.5	4,903.8	44	560	1,286	194.3	3	9				

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINCUL, INEI, MINSA, MINEDU, MIDAGRI. 2024

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

NIVEL DE RIESGO		ALTO																	
PROVINCIAS		Patrimonio Cultural				Patrimonio natural - ecosistemas (ha)				Socioeconómico									
		Población y Vivienda		Infraestructura		Zona Arqueol.	Elemento Arqueol.	Paisaje cultural Arqueol.	Sitio Arqueol.	Bofedal	Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)	Matorral andino	Pajonal andino	Centros Poblados	Viviendas	Población	Cobertura agrícola (ha)	Establec. de Salud	Institu. Educativas
		Centros Poblados	Viviendas	Población	Establec. de Salud														
1	GENERAL SANCHEZ CERRO	0	0	0	9	1,371.68	2.64	43,262.79	65,850.18	82	332	652	174.5	0	6				
2	MARISCAL NIETO	1	0	10	12	201.29	3,470.36	18,139.71	8,156.21	24	140	254	100.9	0	2				
3	ILO	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.0	0	0				
Totales		1	0	10	21	1,573.0	3,473.0	61,402.5	74,006.4	106	472	906	275.3	0	8				

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con información del MINCUL, INEI, MINSA, MINEDU, MIDAGRI. 2024.



10 CONCLUSIONES

- De acuerdo con el número de incendios forestales registrados por año (provenientes de las bases de datos del SINPAD-INDECI, MINAM y SERFOR) entre 2004 y 2024 la tendencia es ascendente; y se muestra un aumento de ocurrencias en los últimos años, con el histórico más alto en 2020. Se desconoce si esa tendencia pueda deberse a la creciente accesibilidad a tecnologías de recopilación de datos, o a algún otro evento en particular.
- De acuerdo con la base de datos de ocurrencias/emergencias de incendios forestales en el periodo 2004 - 2024 (provenientes del SINPAD-INDECI, SERFOR y MINAM), la provincia con mayor cantidad de eventos ocurridos a lo largo de este periodo es General Sánchez Cerro, a su vez para esta provincia se muestran en su territorio los mayores niveles de riesgo (alto y muy alto).
- El resultado del escenario de riesgo por incendios forestales nos muestra que el 3.1% (49,080.27 ha aproximadamente) del territorio del departamento de Moquegua está expuesto a riesgo muy alto. En tanto, el 9.0% (140,902.23 ha aproximadamente) está expuesto a riesgo alto.
- Del análisis se concluye que los ecosistemas más expuestos a niveles de riesgo muy alto por incendios forestales son: el matorral andino (43,179.5 ha) y los pajonales andinos (4,903 ha). En cuanto a los ecosistemas con nivel alto de riesgo, los dos primeros lugares son ocupados por: pajonales andinos (74,006.4 ha), el matorral andino (61,402.5 ha).
- Dentro de los elementos expuestos en niveles de riesgo muy alto por incendios forestales encontramos un aproximado de: 44 centros poblados, 3 establecimientos de salud, 9 instituciones educativas, 194.0 ha de cobertura agrícola, 4 paisajes culturales arqueológicos y 15 sitios arqueológicos. Del mismo análisis se obtuvo los siguientes elementos en nivel de riesgo alto: 106 centros poblados, 8 instituciones educativas, 275.0 ha de cobertura agrícola; y, en cuanto al patrimonio cultural, 1 zona arqueológica, 10 paisajes culturales arqueológicos y 21 sitios arqueológicos.



11 RECOMENDACIONES

- Es necesario que las entidades técnicas competentes en incendios forestales de la región Moquegua, desarrollen bases de datos de manera articulada, estandarizada y georreferenciada, que integre los registros de las diferentes fuentes recopiladoras, considerando las características de los eventos como severidad o intensidad, tiempo de duración, área afectada, daños y/o pérdidas, entre otras.
- El presente trabajo servirá como insumo para la formulación de los planes de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres por Incendios Forestales de la región Moquegua, 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 departamental, por tanto, se recomienda que, para trabajos a nivel local, es necesario trabajar con información a escalas más detalladas siguiendo y adecuando estos a la metodología propuesta en el presente estudio.
- Difundir el presente escenario de riesgo por incendios forestales a las entidades regionales que vienen trabajando en todos los procesos de la gestión del riesgo de desastres.
- Establecer acuerdos interinstitucionales para la actualización periódica de este escenario; permitiendo no solo el conocimiento de la situación actual, sino también la comparación multitemporal del mismo para la adecuación de la estrategia preventiva y el reconocimiento de las buenas prácticas en la gestión.



12 BIBLIOGRAFÍA

- 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 Moquegua. (2018). Estudio temático de fisiografía. In *Zonificación Ecológica y económica del departamento de Moquegua a escala 1:100000* (p. 55).
<https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/ESTUDIO-TEMÁTICO-FISIOGRAFICO-MOQUEGUA.pdf>
- 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 Moquegua. In *Resultados definitivos Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas: Vol. I* (p. 1131).
- Johnson, E., & Miyanishi, K. (2001). Forest Fires. In Academic Press (Ed.), *Forest Fires*.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-123-86660-8.x5000-4>
- Ley N° 28296, Ley General Del Patrimonio Cultural de La Nación, Del 21 de Julio Del 2004, 22 (2004).
- 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*.
- 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. (2021). *Climas del Perú-Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
- 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 Areas 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).

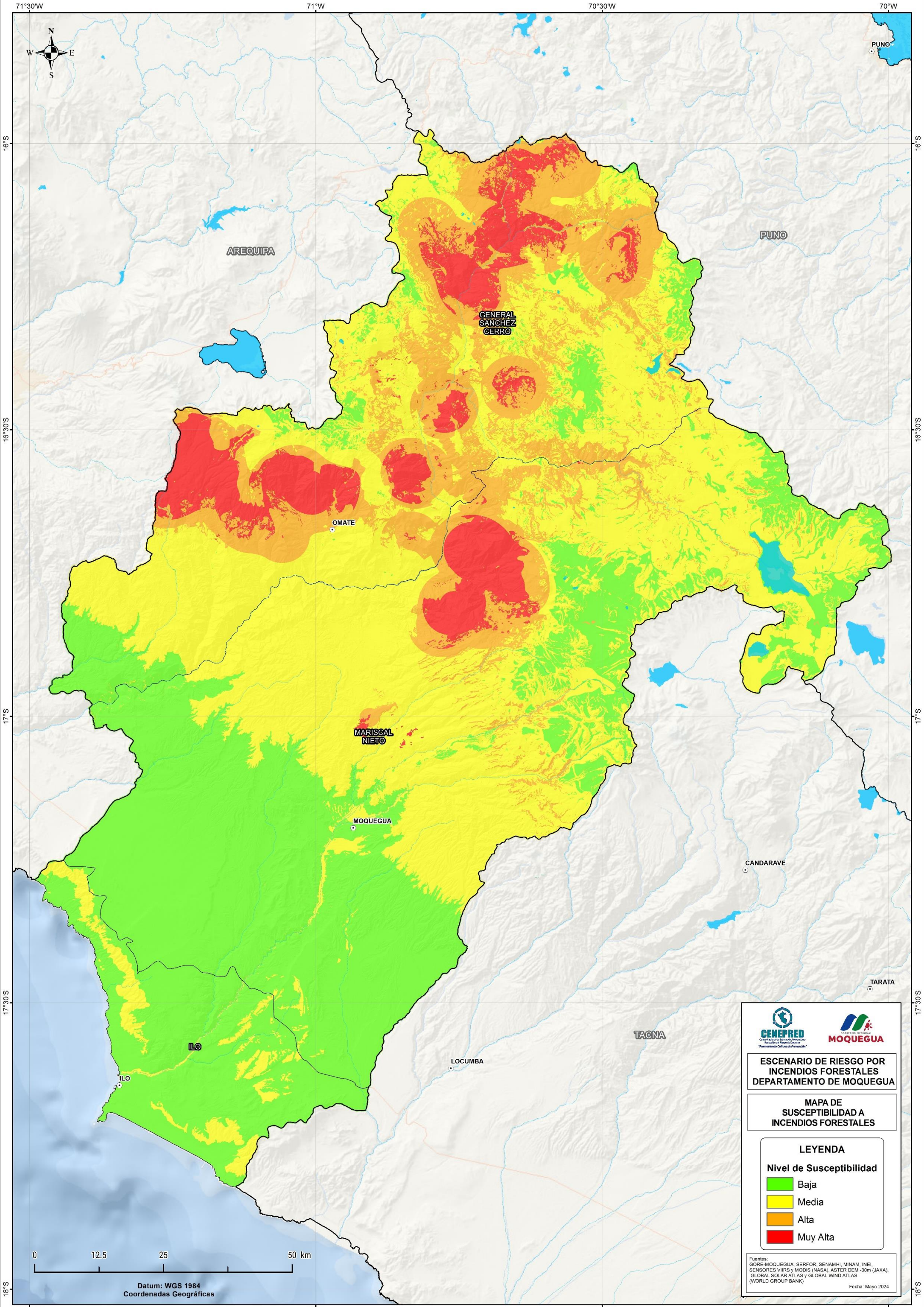
USAID. (2015). *Reporte de Evaluación del Manejo de Incendios Forestales en el Perú*.

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.

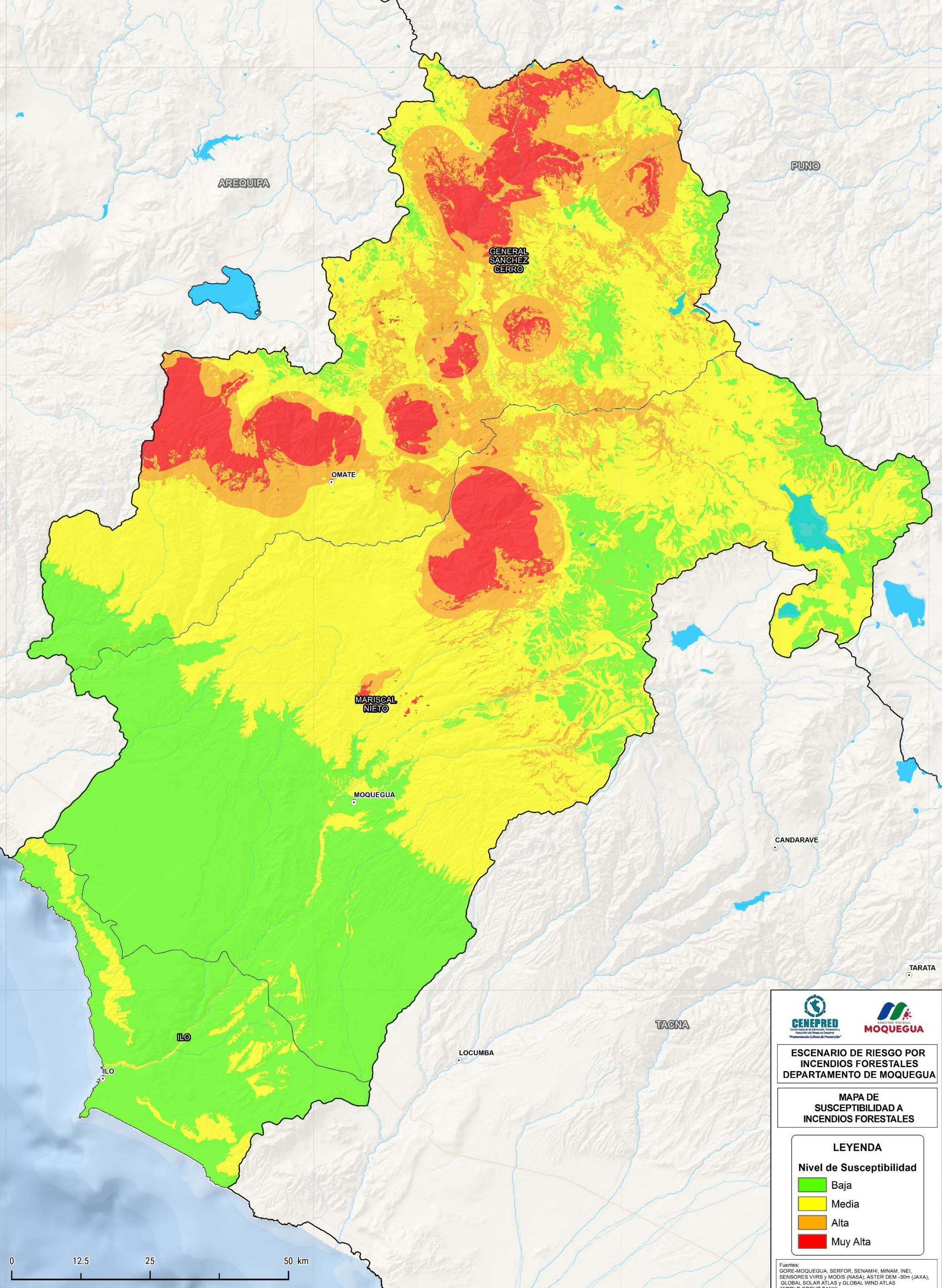


13 ANEXO DE MAPAS



71°30'W 71°W 70°30'W 70°W

16°S 16°30'S 17°S 17°30'S 18°S



Datum: WGS 1984
Coordenadas Geográficas




**ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA**

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA

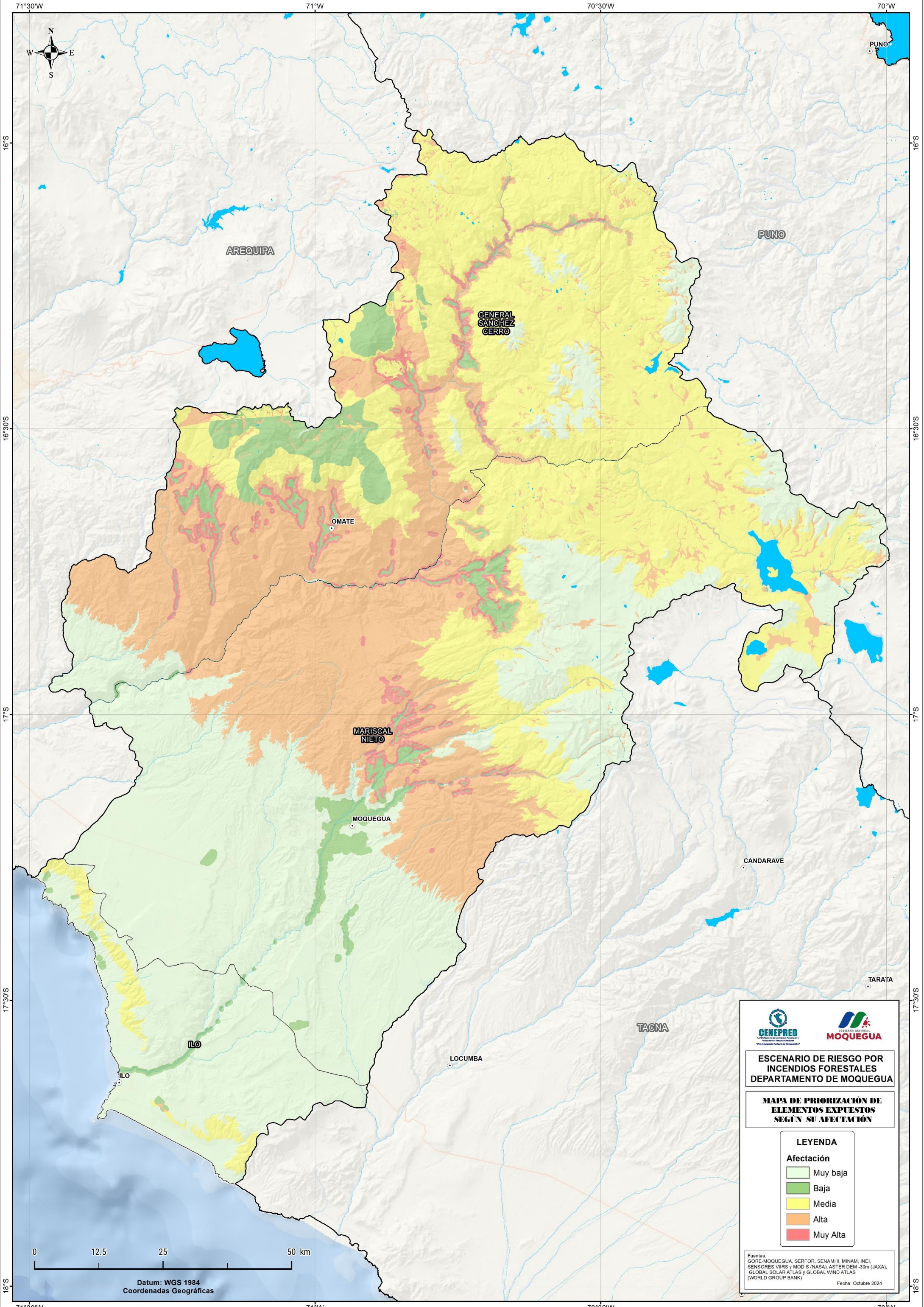
Nivel de Susceptibilidad

- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

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

Fecha: Mayo 2024

71°30'W 71°W 70°30'W 70°W



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

MAPA DE PRIORIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS SEGÚN SU AFECTACIÓN

LEYENDA

Afectación

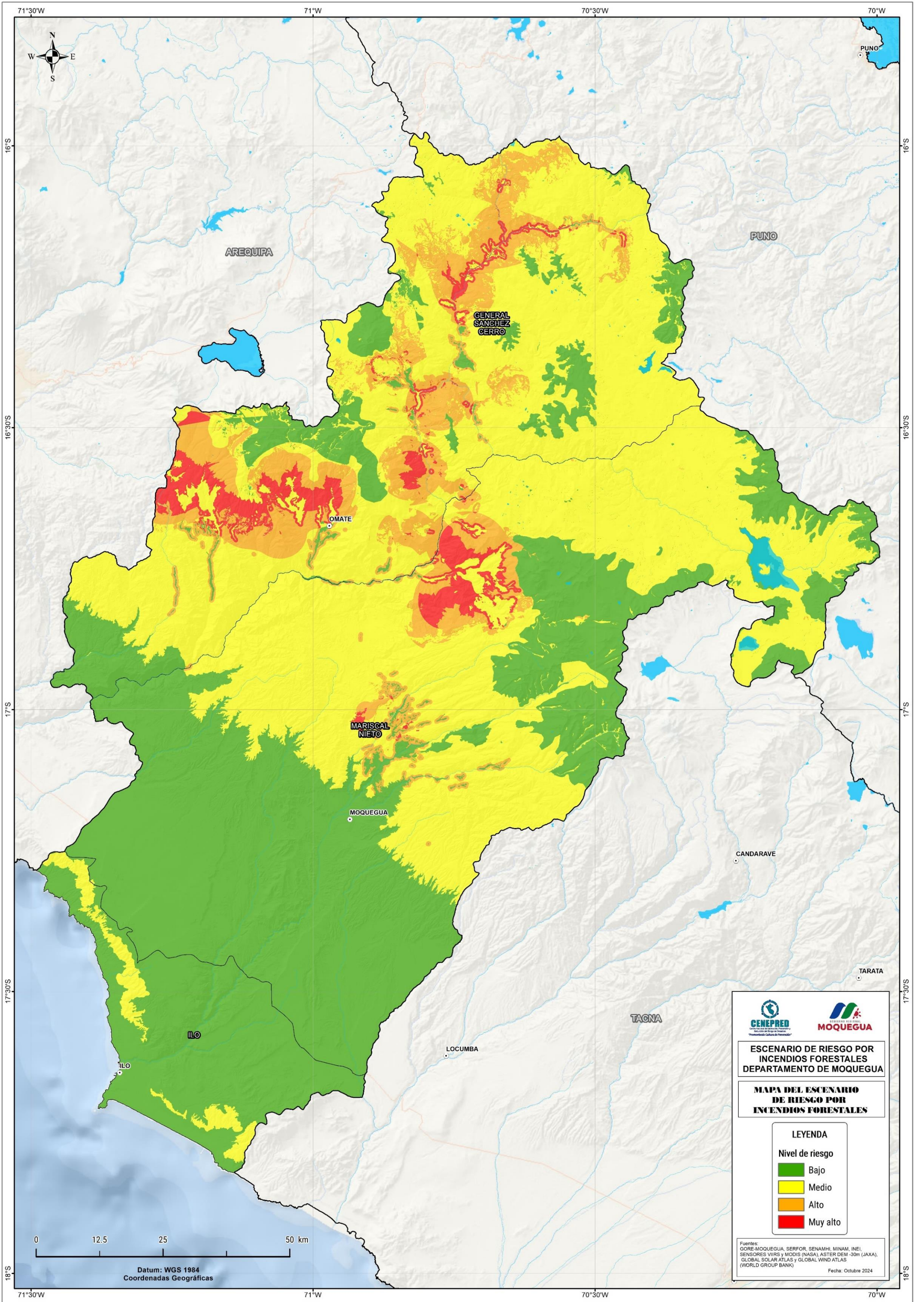
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

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

Fecha: Octubre 2024



Datum: WGS 1984
Coordenadas Geográficas






ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

MAPA DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES

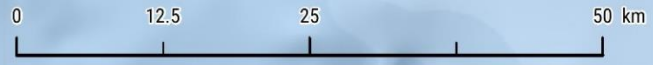
LEYENDA

Nivel de riesgo

- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

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

Fecha: Octubre 2024



Datum: WGS 1984
Coordenadas Geográficas



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

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