



INCENDIOS FORESTALES



# ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL SANTUARIO HISTÓRICO MACHUPICCHU



## ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL SANTUARIO HISTÓRICO DE MACHUPICCHU.

Elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Dirección de Gestión de Procesos (DGP). Subdirección de Gestión de la Información (SGI). CENEPRED, 2020.

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

Teléfono: 2013-550, correo electrónico: [info@cenepred.gob.pe](mailto:info@cenepred.gob.pe)

Página web: [www.cenepred.gob.pe](http://www.cenepred.gob.pe)

### Equipo Técnico del CENEPRED:

Ing. Juvenal Medina Rengifo  
Jefe del CENEPRED

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

Ing. Alfredo Zambrano Gonzáles  
Subdirector de Gestión de la Información

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

Especialistas de la Subdirección de Gestión de la Información:  
Ing. José Luis Epiquién Rivera  
Bach. Ing. Karina Obregón Acevedo

### Equipo Técnico del SERNANP:

Dr. Ernesto Escalante Valencia  
Jefe SERNANP - Santuario Histórico de Machupicchu

Especialistas del SERNANP - SHM:  
Ing. Jessica Morón Álvarez  
Biol. Roberto Carlos Quispe García



## TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN .....	5
2	OBJETIVOS.....	6
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
3	METODOLOGÍA .....	6
4	METODOLOGÍA .....	6
5	ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD.....	7
5.1	FACTORES CONDICIONANTES .....	8
5.1.1	Combustible (cobertura vegetal).....	8
5.1.2	Pendiente.....	11
5.1.3	Modelamiento de los factores condicionantes .....	13
5.2	FACTOR DESENCADENANTE.....	15
5.2.1	Densidad de incendios forestales .....	16
5.2.2	Áreas afectadas por incendios forestales.....	18
5.2.3	Modelamiento del factor desencadenante .....	19
5.3	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR INCENDIOS FORESTALES.....	21
6	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	22
6.1	PATRIMONIALES .....	23
6.1.1	Patrimonio histórico .....	23
6.1.2	Patrimonio natural .....	24
6.2	SOCIECONÓMICO .....	26
6.2.1	Población y vivienda .....	26
6.2.2	Infraestructura.....	26
7	ESCENARIO DE RIESGO .....	28
8	CONCLUSIONES.....	30
9	RECOMENDACIONES.....	31
10	BIBLIOGRAFÍA.....	32
11	ANEXO DE MAPAS .....	33



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal en el SHM .....	9
Tabla 2. Ponderación de los tipos de combustibles .....	9
Tabla 3. Ponderación de las pendientes .....	11
Tabla 4. Matriz de factores condicionantes .....	13
Tabla 5. Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el SHM.....	22
Tabla 6. Sitios arqueológicos en el ámbito del SHM .....	23
Tabla 7. Infraestructura presente en el ámbito del SHM.....	26
Tabla 8. Elementos expuestos según el nivel de riesgo muy alto y alto por incendios forestales .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología del escenario de riesgo por incendios forestales del SHM .....	6
Figura 2. Modelamiento de los factores de susceptibilidad del territorio .....	8
Figura 3. Mapa de cobertura vegetal como combustible .....	10
Figura 4. Radiación del fuego en una pendiente .....	11
Figura 5. Mapa de pendientes .....	12
Figura 6. Mapa de áreas con condiciones territoriales para incendios forestales.....	14
Figura 7. Número de incendios registrados por año en el SHM.....	15
Figura 8. Tendencia mensual de incendios forestales en el SHM.....	16
Figura 9. Mapa de densidad de incendios forestales (1981 - 2019) .....	18
Figura 10. Mapa de áreas afectadas por incendios forestales.....	19
Figura 11. Mapa de propagación de incendios forestales (1981 - 2019) .....	20
Figura 12. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales .....	21
Figura 13. Elementos expuestos a incendios forestales en el SHM .....	22
Figura 14. Mapa de elementos expuestos a incendios forestales - patrimoniales.....	25
Figura 15. Mapa de elementos expuestos a incendios forestales - socioeconómico .....	27
Figura 16. Mapa de escenario de riesgo para los elementos expuestos a incendios forestales .....	29



## 1 INTRODUCCIÓN

En el Santuario Histórico Machupicchu (SHM), las ocurrencias de los incendios forestales son inducidos por la acción humana y está relacionada principalmente a las actividades de quema de pastos, en consecuencia, los principales efectos son la destrucción de la cobertura forestal, la pérdida de fauna silvestre, la contaminación de las aguas y del aire.

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), en el marco de las funciones otorgadas por la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y su Reglamento, ha elaborado el presente documento denominado “Escenario de Riesgo por Incendios Forestales del Santuario Histórico Machupicchu”, el cual se ha desarrollado a través de un proceso participativo con las entidades vinculadas a la gestión del SHM, tales como el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) – sede administrativa del Santuario Histórico Machupicchu y la Dirección Desconcentrada Cultura de Cusco.

El presente documento detalla de manera clara y sencilla la construcción del escenario de riesgo por incendios forestales, en el ámbito del SHM, con la finalidad de identificar los posibles daños y/o pérdidas que puede sufrir la población, su estructura productiva, sus bienes y su medio ambiente, basado en los niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales.

Finalmente, este instrumento técnico servirá como un referente en la planificación y ejecución de las acciones relacionadas a los procesos de gestión del riesgo de desastres, a través de la formulación del Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres por Incendios Forestales, a cargo del SERNANP - sede administrativa de Santuario Histórico Machupicchu.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el escenario de riesgo por incendios forestales del Santuario Histórico Machupicchu.

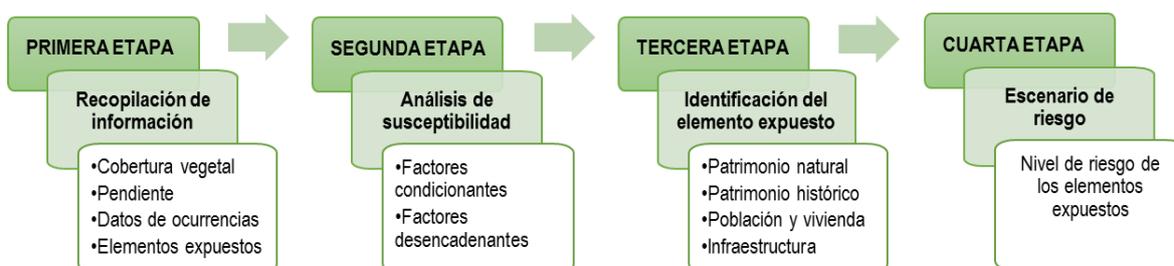
### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

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

## 3 METODOLOGÍA

La propuesta metodológica utilizada, está compuesta por cuatro etapas como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Metodología del escenario de riesgo por incendios forestales del SHM



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

## 4 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

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

- Información del mapa de cobertura vegetal del SHM (2015), registros históricos (1981–1998) elaborados por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), Santuario Histórico Machupicchu (SHM).



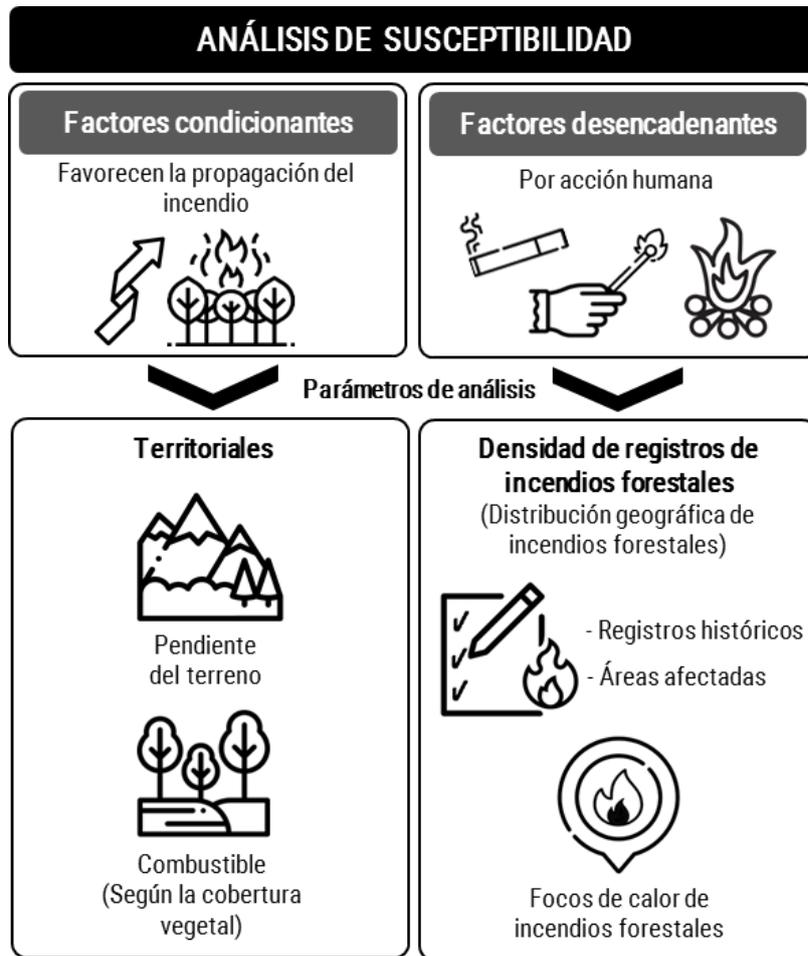
- Áreas de afectación por incendios forestales (2008–2017), elaborados por el SERNANP del SHM.
- Registro de emergencias por incendios forestales (2005 – 2019) generado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).
- Registros históricos de incendios (2005 – 2019), elaborados por el Ministerio del Ambiente (MINAM).
- Centros poblados del Censo Nacional de Población y Vivienda 2017, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).
- Monumentos arqueológicos y circuitos de caminos incas del SHM generadas por la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco (DDCC).
- Predios rurales formalizados en el SHM, generados por el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI).
- Mapa de pendientes elaborado por CENEPRED con base en la información del Modelo Digital de Elevación (DEM) del satélite ALOS - PALSAR de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón – JAXA.
- Focos de calor obtenidos del sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer) a bordo del satélite Suomi-NPP y los sensores MODIS (Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada) a bordo de los satélites EOS Terra y Aqua, ambos proyectos aeroespaciales de la NASA.

## 5 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Este análisis permite conocer las zonas más y menos propensas a la ocurrencia de incendios forestales en el área que delimita el Santuario Histórico Machupicchu, que serán clasificadas en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo. El nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales estará basado en las características del factor desencadenante y los factores condicionantes. Para este análisis, es considerado como factor desencadenante el fuego producido por la acción humana, principalmente a través de las quemadas (actividad ancestral relacionada a la agricultura). Por otro lado, es necesario identificar las condiciones que favorecen la propagación del fuego, basado en las características que presenta el ámbito geográfico del Santuario Histórico Machupicchu, a los cuales denominamos como factores condicionantes (Figura 2).



Figura 2. Modelamiento de los factores de susceptibilidad del territorio



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

## 5.1 FACTORES CONDICIONANTES

Se identificó características territoriales del ámbito geográfico del Santuario Histórico Machupicchu que favorecen la propagación del fuego, las cuales se detallan a continuación:

### 5.1.1 Combustible (cobertura vegetal)

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 de combustible fue elaborado con la información del mapa de cobertura vegetal del Santuario Histórico Machupicchu, generado por el SERNANP-SHM (2015), información homologada con las unidades del Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra Corine Land Cover (MINAM, 2015), y con la clasificación de cobertura vegetal como combustible del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (Tabla 1).

**Tabla 1.** *Tipos de combustible predominante según la cobertura vegetal en el SHM*

N°	Cobertura vegetal SHM	Cobertura vegetal SHM (Corine Land Cover)	Combustible predominante
1	Agricultura	Agricultura costera y andina	Arbustos/pastos/hierbas
2	Aguas	Lagunas, lagos, cochas	No combustible
3	Bosque nativo - denso	Bosque de montaña	Árboles
4	Bosque nativo - ralo	Bosque de montaña	Árboles
5	Glaciar	Glaciar	No combustible
6	Herbazal	Pajonal andino	Pastos/hierbas
7	Matorral	Matorral arbustivo	Arbusto
8	Plantación forestal - denso	Plantación forestal	Árboles
9	Plantación forestal - ralo	Plantación forestal	Árboles
10	Tierra desnuda, roca	Área altoandina sin vegetación	No combustible
11	Tierra urbana, construcción	Área urbana	No combustible

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

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

**Tabla 2.** *Ponderación de los tipos de combustibles*

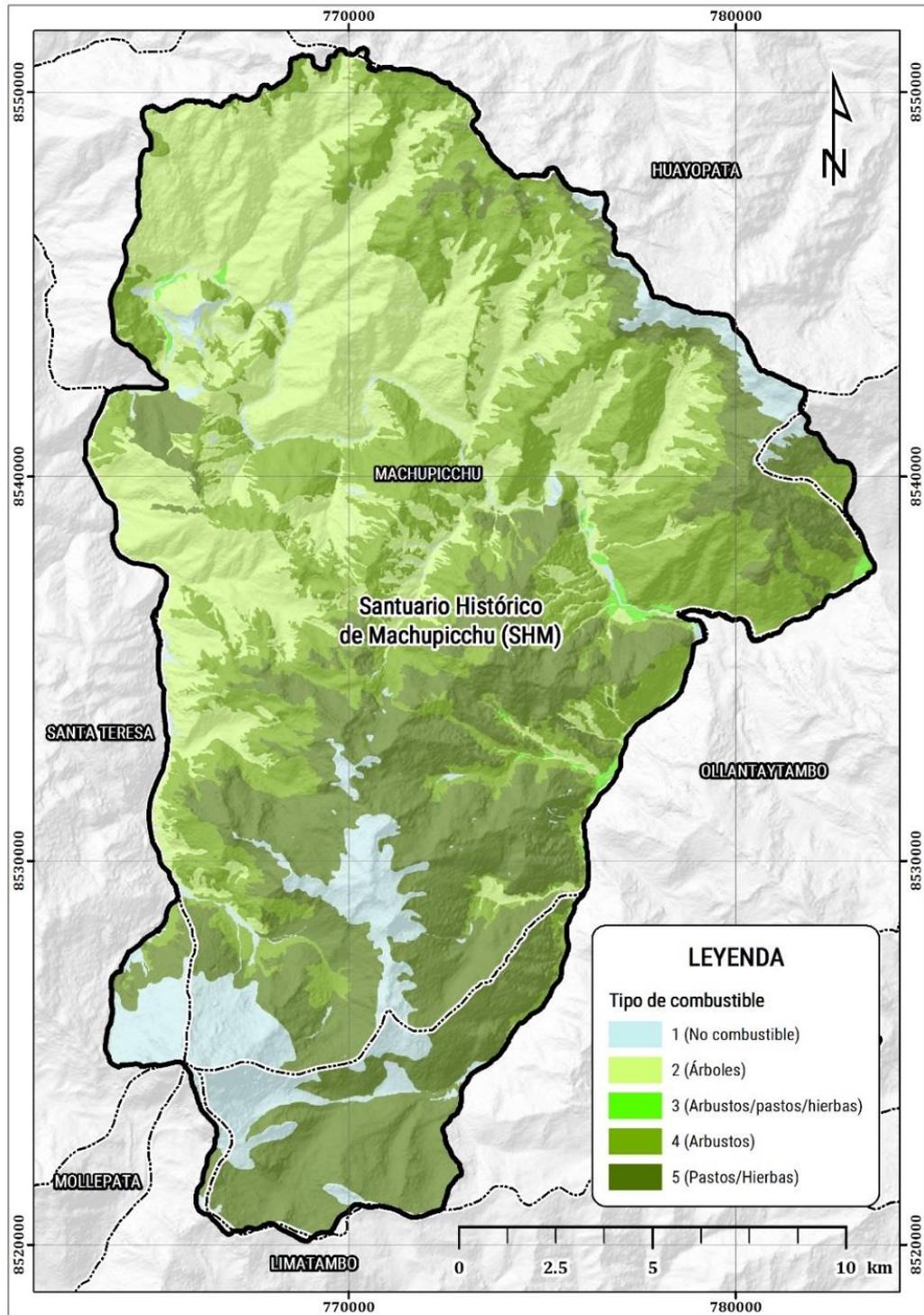
Combustible predominante	Nivel de combustibilidad	Peso asignado
Pastos/hierbas	Muy alto	5
Arbustos	Alto	4
Arbustos/pastos/hierbas	Medio	3
Árboles	Bajo	2
No combustible	Muy bajo/Nulo	1

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

El resultado del mapa de combustible para el Santuario Histórico Machupicchu se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Mapa de cobertura vegetal como combustible



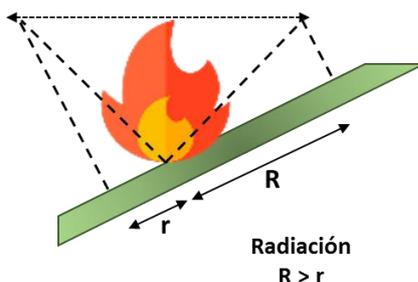
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



### 5.1.2 Pendiente

La pendiente produce una inclinación del fuego (Figura 4). En el área a favor de la pendiente el calor es transmitido por radiación y convección (R), en mayor medida que en el lado opuesto (r). 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. 2020

El mapa de pendientes para el Santuario Histórico Machupicchu (Figura 5), fue elaborado usando como base el modelo digital de elevación obtenido por proyecto ALOS-PALSAR de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón – JAXA1 (12.5 metros de resolución), la clasificación de las unidades se adaptó a la propuesta del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y se le asignó un peso a cada unidad (Tabla 3).

Tabla 3. Ponderación de las pendientes

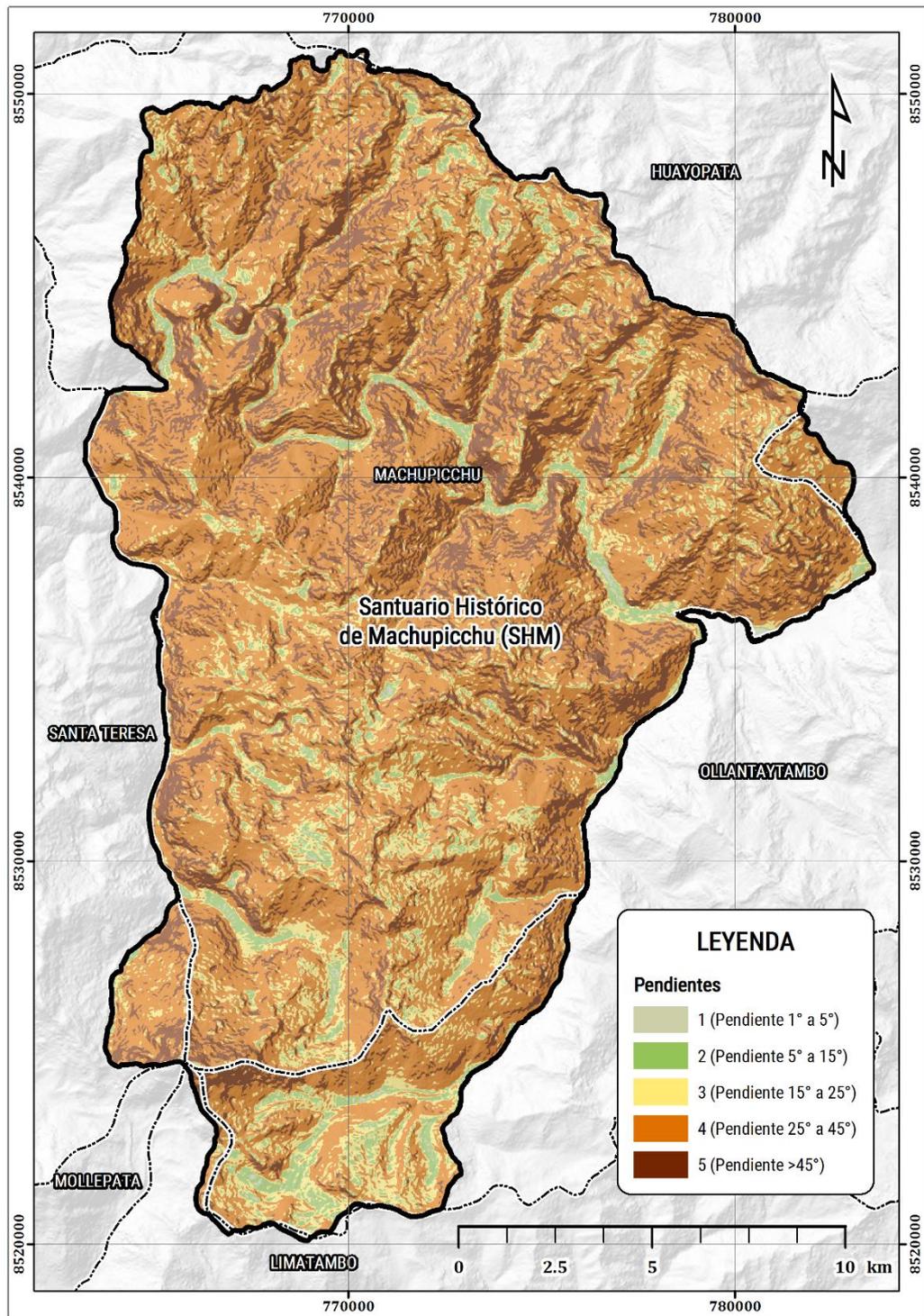
Pendiente del terreno en grados	Nivel de pendiente	Peso asignado
Muy escarpada: $>45^\circ$	Muy alto	5
Muy fuerte: $25^\circ$ a $45^\circ$	Alto	4
Fuerte: $15^\circ$ a $25^\circ$	Medio	3
Moderada: $5^\circ$ a $15^\circ$	Bajo	2
Suave: $1^\circ$ a $5^\circ$	Muy bajo	1

Fuente: Adaptado por CENEPRED de INGEMMET. 2020

<sup>1</sup> [https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index\\_en.html](https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index_en.html)



Figura 5. Mapa de pendientes



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



### 5.1.3 Modelamiento de los factores condicionantes

Los parámetros a modelar son el combustible (cobertura vegetal) y la pendiente, asignando para los descriptores de cada parámetro un peso de importancia. Se muestra los valores en la tabla 4 y el resultado del mapa en la Figura 6.

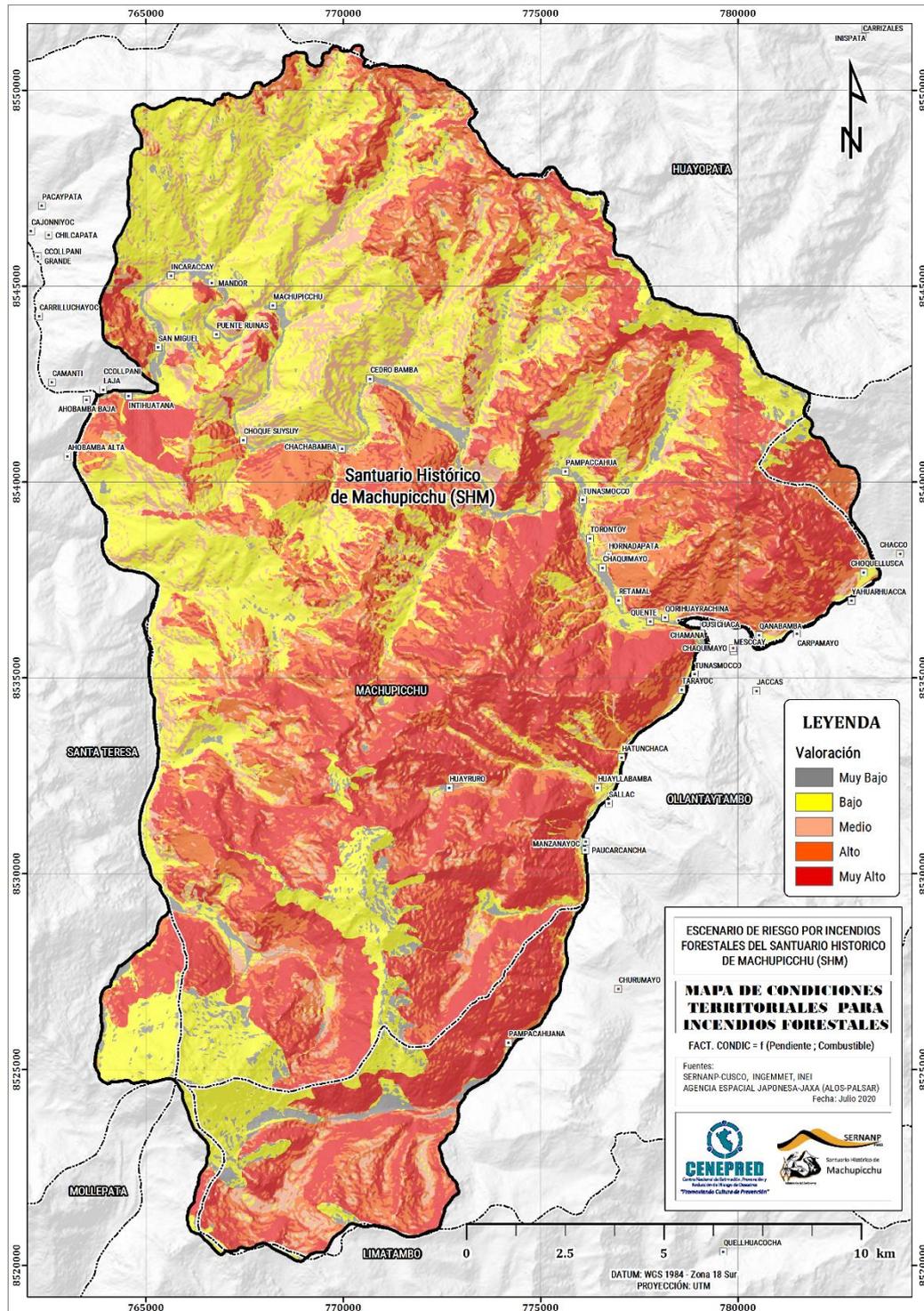
Tabla 4. Matriz de factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES DEL TERRITORIO						
Descriptores	Pendiente del terreno (P1)	Peso de descriptor	Peso (P1)	Tipo de combustible (C1)	Peso de descriptor	Peso (C1)
Descriptor 1	Muy escarpada: >45°	5		Pastos/hierbas	5	
Descriptor 2	Muy fuerte: 25° a 45°	4		Arbustos	4	
Descriptor 3	Fuerte: 15° a 25°	3	0.40	Arbustos/pastos/hierbas	3	0.60
Descriptor 4	Moderada: 5° a 15°	2		Árboles	2	
Descriptor 5	Suave: 1 a 5°	1		No combustible	1	

Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



Figura 6. Mapa de áreas con condiciones territoriales para incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

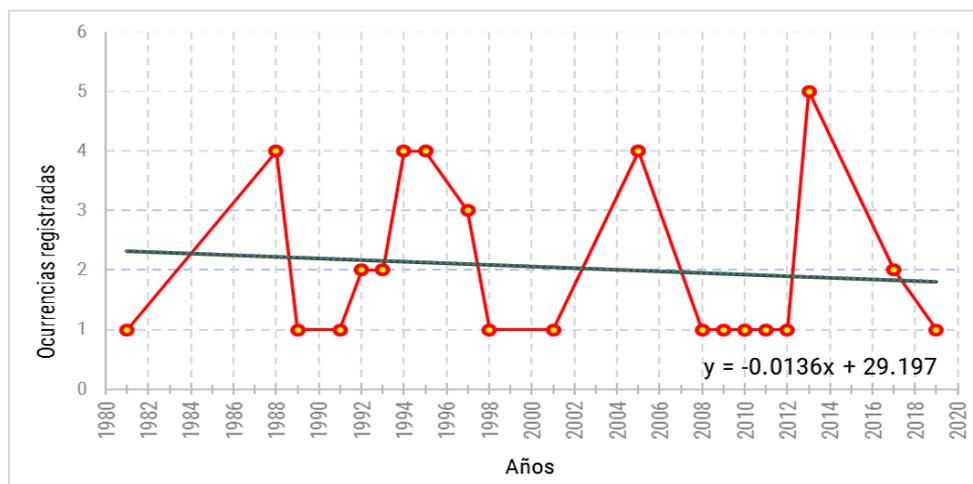


## 5.2 FACTOR DESENCADENANTE

Se estima que la mayoría de los incendios forestales en el ámbito nacional están relacionados con la habilitación de chacras de cultivo, quema de pastos, malezas y rastrojos, por esta razón es considerado como factor desencadenante el fuego producido por la acción humana.

En el área del Santuario Histórico de Machupicchu, la información estadística correspondiente al periodo 1981-2019, muestra una leve tendencia a la baja de la recurrencia de incendios forestales (Figura 7).

**Figura 7.** Número de incendios registrados por año en el SHM



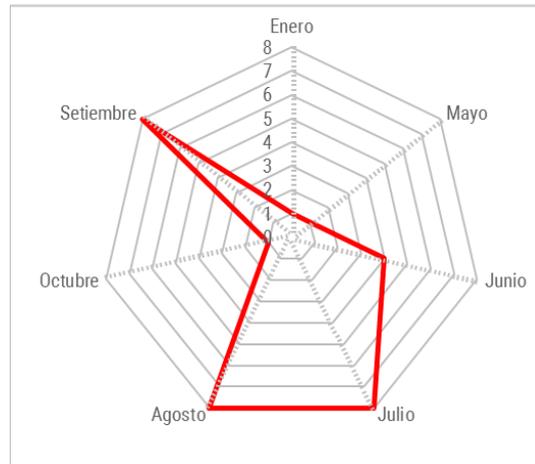
*Fuente:* Elaborado CENEPRED con información del SERNANP-SHM, INDECI, MD Machupicchu y MINAM.

Así mismo, se identificó que la mayoría de incendios se han generado entre los meses de junio a setiembre. Este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (Manta, 2017; Manta & León, 2004) (Figura 8).

Para la caracterización de los incendios forestales ocurridos en el ámbito del SHM, se recurrió a los registros de incendios forestales generados por las entidades a cargo de su administración, basado en esta información se elaboraron los mapas de densidad de registros de incendios forestales y áreas afectadas.



**Figura 8.** *Tendencia mensual de incendios forestales en el SHM*



*Fuente:* Elaborado CENEPRED con información del SERNANP-SHM, INDECI, MD Machupicchu y MINAM.

### 5.2.1 Densidad de incendios forestales

Para la obtención del mapa se elaboró el inventario de incendios forestales con toda la información registrada perteneciente a fuentes oficiales e, 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 de incendios forestales del SERNANP-Machupicchu, del INDECI y del MINAM, obteniendo una base de datos de 41 registros correspondiente al periodo 1981 - 2019.

#### b) Focos de calor

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



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

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

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

Donde:

$BT_4$ : Temperatura de brillo en grados Kelvin

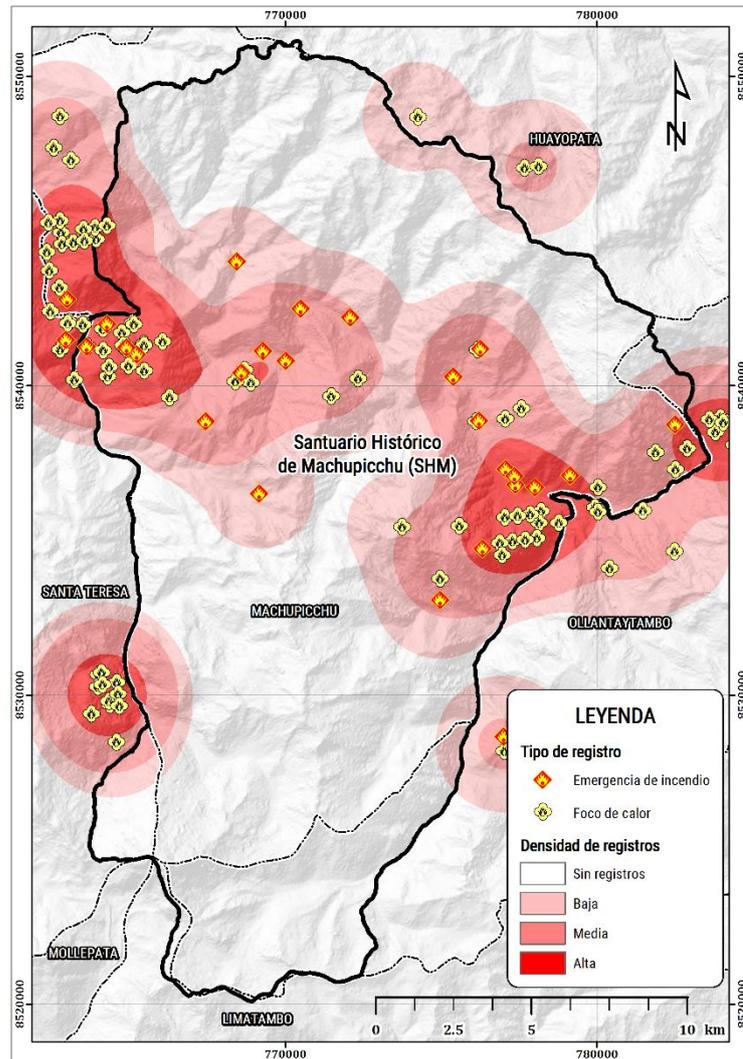
$\Delta BT_{45}$ : Diferencia de temperatura de brillo entre los canales 4 y 5

- Para los productos MODIS, 310K representa la temperatura de brillo mínima requerida para que un dato se considere un píxel de fuego y, según la experiencia operativa de validación, 340K 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).

De la unión de registros históricos y focos de calor, se pudo generar el mapa de densidad de incendios forestales en el ámbito del SHM (Figura 9).



Figura 9. Mapa de densidad de incendios forestales (1981 - 2019)



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

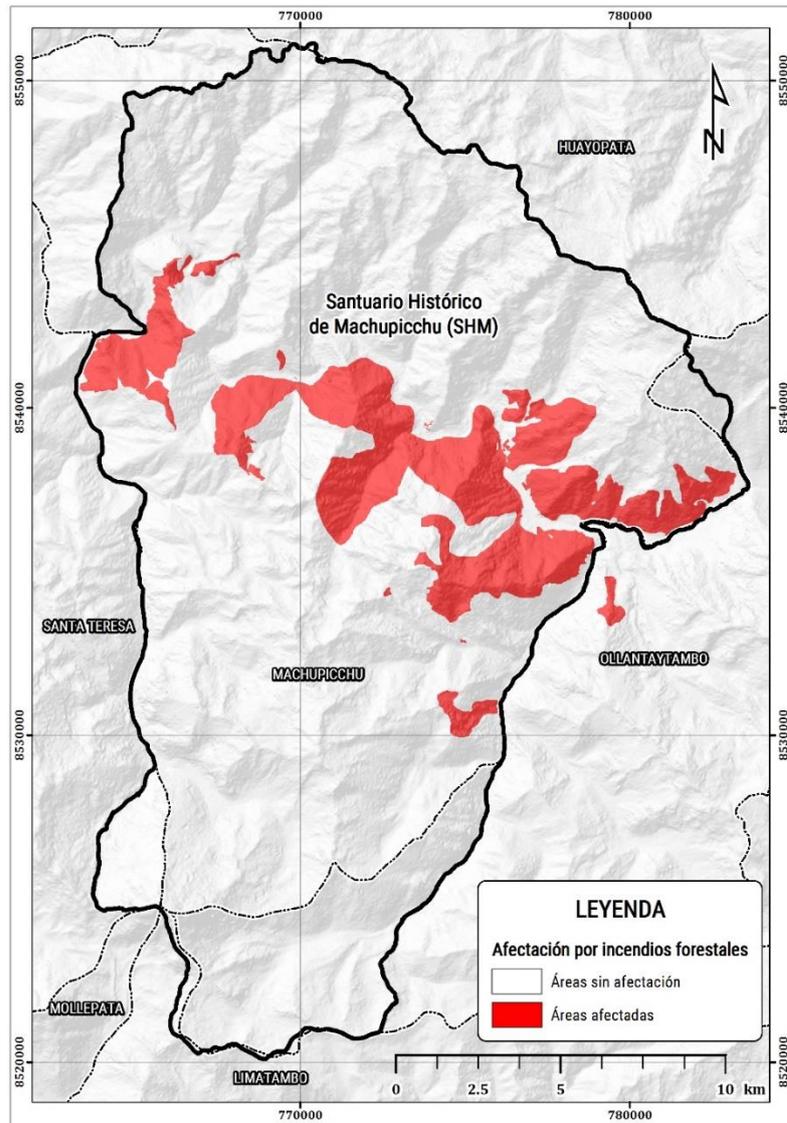
### 5.2.2 Áreas afectadas por incendios forestales.

Esta información fue proporcionada el SERNANP-Machupicchu y la Municipalidad Distrital de Machupicchu, la cual permitió conocer la ubicación y magnitud espacial de las áreas afectadas por incendios forestales en el SHM (Figura 10). A su vez sirvió para validar los registros históricos y focos de calor. Dicha información fue incluida de manera complementaria en el modelamiento del factor desencadenante.

Se utilizó los registros de incendios forestales del SERNANP-Machupicchu, del INDECI y del MINAM, obteniendo una base de datos de 41 registros correspondiente al periodo 1981 - 2019



Figura 10. Mapa de áreas afectadas por incendios forestales



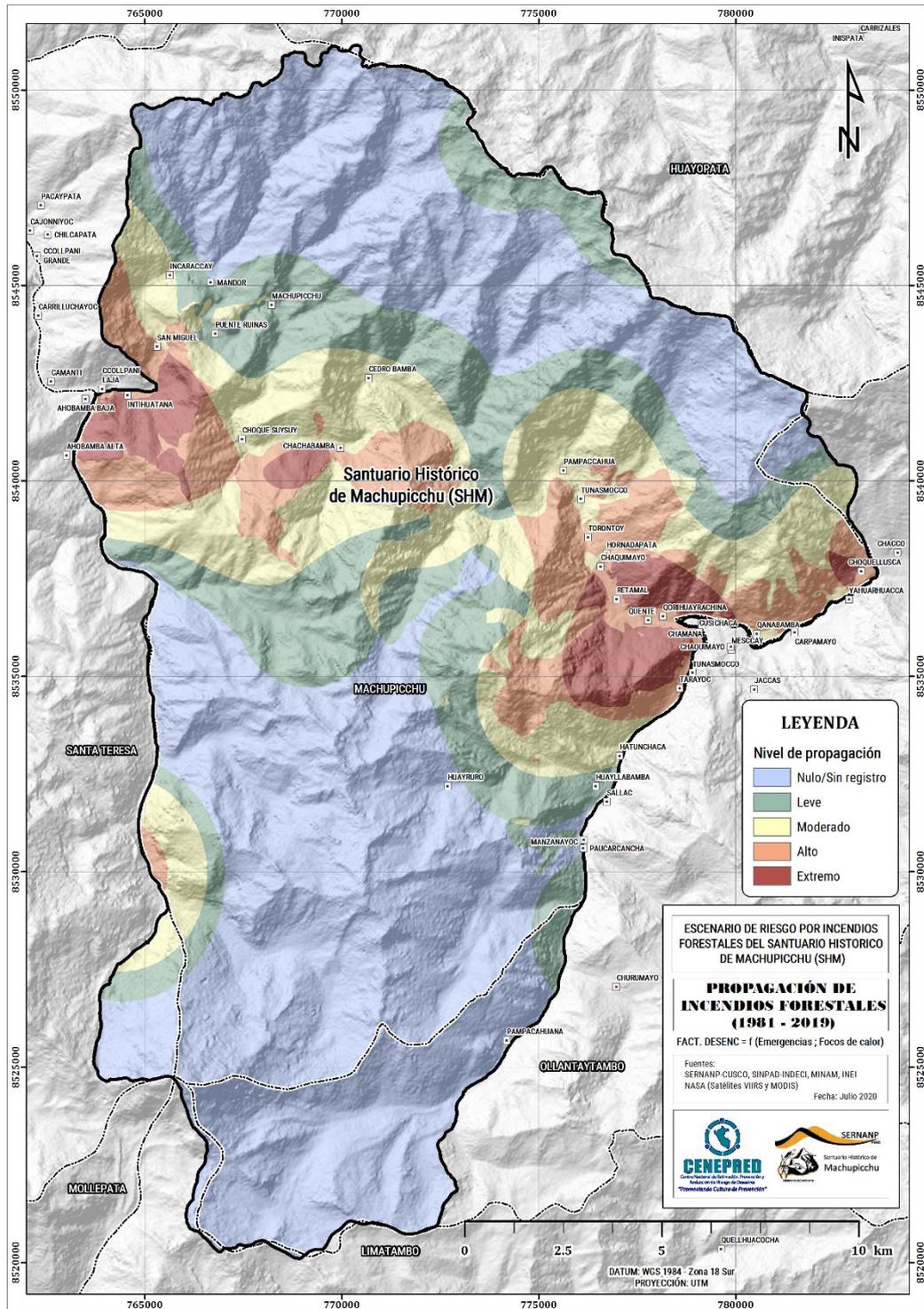
Fuente: Elaborado por el CENEPRED, con datos del SERNANP-Machupicchu y la Municipalidad Distrital de Machupicchu

### 5.2.3 Modelamiento del factor desencadenante

Finalmente se modeló la unión de los mapas de áreas de densificación de registros y áreas afectadas por incendios forestales, dando como resultado el mapa de propagación, donde las áreas obtenidas representan una aproximación a la distribución espacial de los incendios forestales dados en el SHM durante el periodo 1981 - 2019 (Figura 11).



Figura 11. Mapa de propagación de incendios forestales (1981 - 2019)



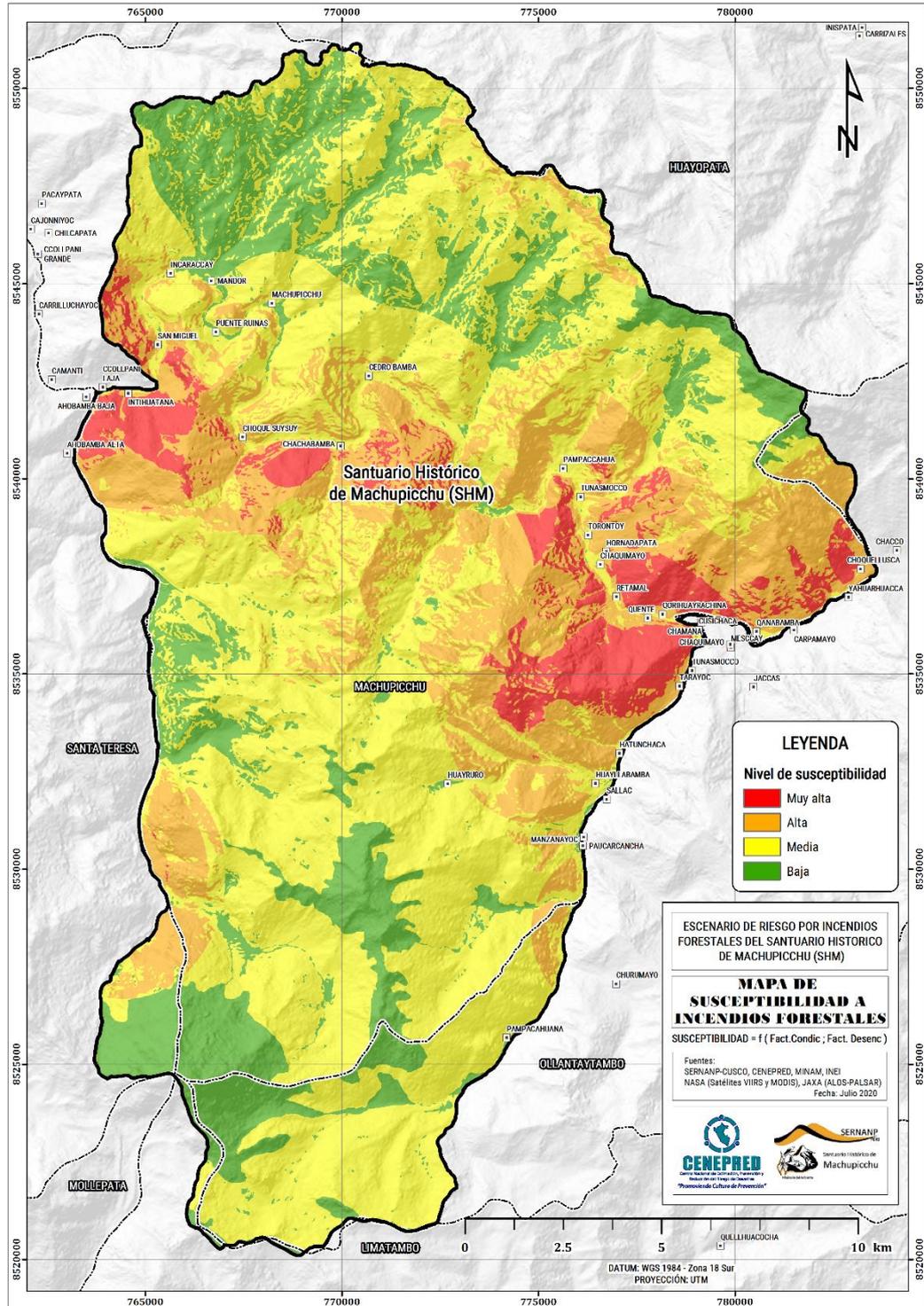
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



### 5.3 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR INCENDIOS FORESTALES

Este mapa se obtuvo de la unión de los mapas de propagación de incendios forestales y áreas con condiciones territoriales para incendios forestales (Figura 12).

Figura 12. Mapa de susceptibilidad a incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



También se presenta las áreas que ocupan los niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el ámbito del SHM (Tabla 5)

**Tabla 5.** Áreas de niveles de susceptibilidad a incendios forestales en el SHM

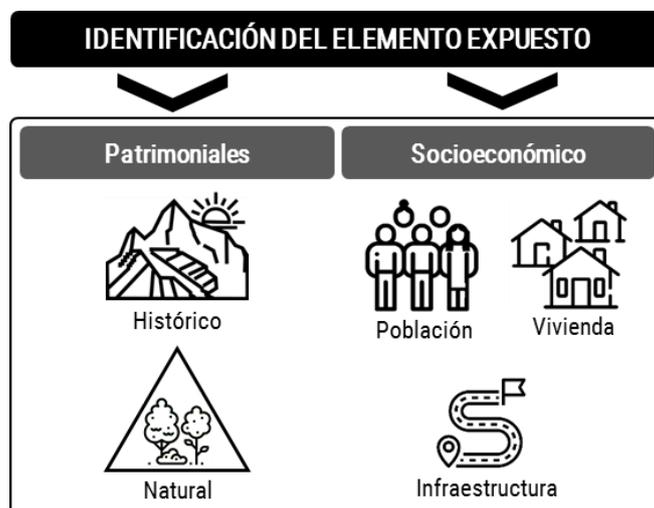
Nivel	Área aprox. (ha)	Porcentaje (%)
Muy alto	2632.438	7.1
Alto	8319.094	22.3
Medio	19366.188	51.9
Bajo	6984.860	18.7
<b>Total</b>	<b>37302.580</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

## 6 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

En el ámbito geográfico del Santuario Histórico de Machupicchu, se han identificado elementos que se encuentran expuestos ante la ocurrencia de incendios forestales, los cuales se han agrupado de la siguiente manera: patrimoniales y socioeconómicos (Figura 13).

**Figura 13.** Elementos expuestos a incendios forestales en el SHM



Fuente: Elaborado por el CENEPRED.



## 6.1 PATRIMONIALES

### 6.1.1 Patrimonio histórico

El SHM concentra un extraordinario número de monumentos arqueológicos integrados a un territorio megadiverso mediante una gran red de caminos, entre los cuales tenemos andenería, tumbas, huacas, apus, ciudadelas, entre otros (Tabla 5).

El monumento de mayor importancia es la Llaqta de Machupicchu, que funcionó como un centro político, administrativo y religioso, siendo el elemento integrador entre los andes y la amazonia (SERNANP & MINCUL, 2014). La información de sitios arqueológicos fue proporcionada por la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco.

**Tabla 6.** *Sitios arqueológicos en el ámbito del SHM*

N°	Sitio	Tipo	Clasificación análisis
1	Añasrumiyuq	Tumbas	Tumbas
2	Cerro Machupicchu	Apu	Apu, cueva, túnel
3	Chachabamba	Andenes	Andenería
4	Chachabamba	Huacas	Estructuras y huacas
5	Chachabamba	Recintos	Estructuras y huacas
6	Chaskapata	Control	Estructuras y huacas
7	Choq'esuysuy	Andenes	Andenería
8	Choq'esuysuy	Recintos, Andenes	Estructuras y huacas
9	Phuyupatamarca	Tambo	Estructuras y huacas
10	Escalerayoq	Huacas	Estructuras y huacas
11	Falda Cerro Putukusi	Huacas	Estructuras y huacas
12	Intipata	Recintos, Andenes	Estructuras y huacas
13	Intipunku	Control	Estructuras y huacas
14	Kulismoq'o	Tumbas	Tumbas
15	Llamaanden	Recintos, Andenes, Huacos	Estructuras y huacas
16	Machu Picchu	Ciudadela, Andenes	Ciudadela
17	Paqaymayo	Andenes	Andenería
18	Phuyupatamarca	Apu	Apu, cueva, túnel
19	Phuyupatamarca	Huacas	Estructuras y huacas
20	Phuyupatamarca	Recintos	Estructuras y huacas
21	Phuyupatamarca	Tumbas	Tumbas
22	Puente Ruinas	Andenes	Andenería
23	Q'antupata	Recintos	Estructuras y huacas
24	Q'onchamarca	Recintos	Estructuras y huacas
25	Runkuraqay	Recintos	Estructuras y huacas
26	Templo de La Luna	Recintos, Andenes	Estructuras y huacas



N°	Sitio	Tipo	Clasificación análisis
27	Samana	Tunel	Apu, cueva, túnel
28	Chachabamba	Recintos, Huacas	Estructuras y huacas
29	Sayaqmarka	Recintos	Estructuras y huacas
30	Urkapata	Andenes, Kanchas	Andenería
31	Warmiwañusq'a	Estructuras	Estructuras y huacas
32	Wayllabamba	Recintos	Estructuras y huacas
33	Waynapicchu	Andenes	Andenería
34	Cerro Machupicchu	Recintos	Estructuras y huacas
35	Wiñay Wayna	Cueva	Apu, cueva, túnel
36	Wiñay Wayna	Recintos, Andenes	Estructuras y huacas
37	Torontoy	Andenes	Andenería
38	Machu Q'ente	Andenes	Andenería
39	Wayna Q'ente	Recintos	Estructuras y huacas
40	Wayna Q'ente	Andenes	Andenería
41	Wayna Q'ente	Recintos, Andenes	Estructuras y huacas
42	Q'oriwayrachina	Recintos	Estructuras y huacas
43	Q'oriwayrachina	Recintos	Estructuras y huacas
44	Q'oriwayrachina	Recintos	Estructuras y huacas
45	Ñustaq Jispanan	Recintos	Estructuras y huacas
46	Pulpituyuq	Recintos, Andenes	Estructuras y huacas
47	Wayraqpunku	Recintos	Estructuras y huacas
48	Q'anabamba	Recintos	Estructuras y huacas
49	Salapunku	Recintos, Andenes	Estructuras y huacas
50	Inkatambo	Recintos	Estructuras y huacas
51	Tarayoq	Andenes	Andenería
52	Pampaqawana	Rio Encausado	Rio encausado

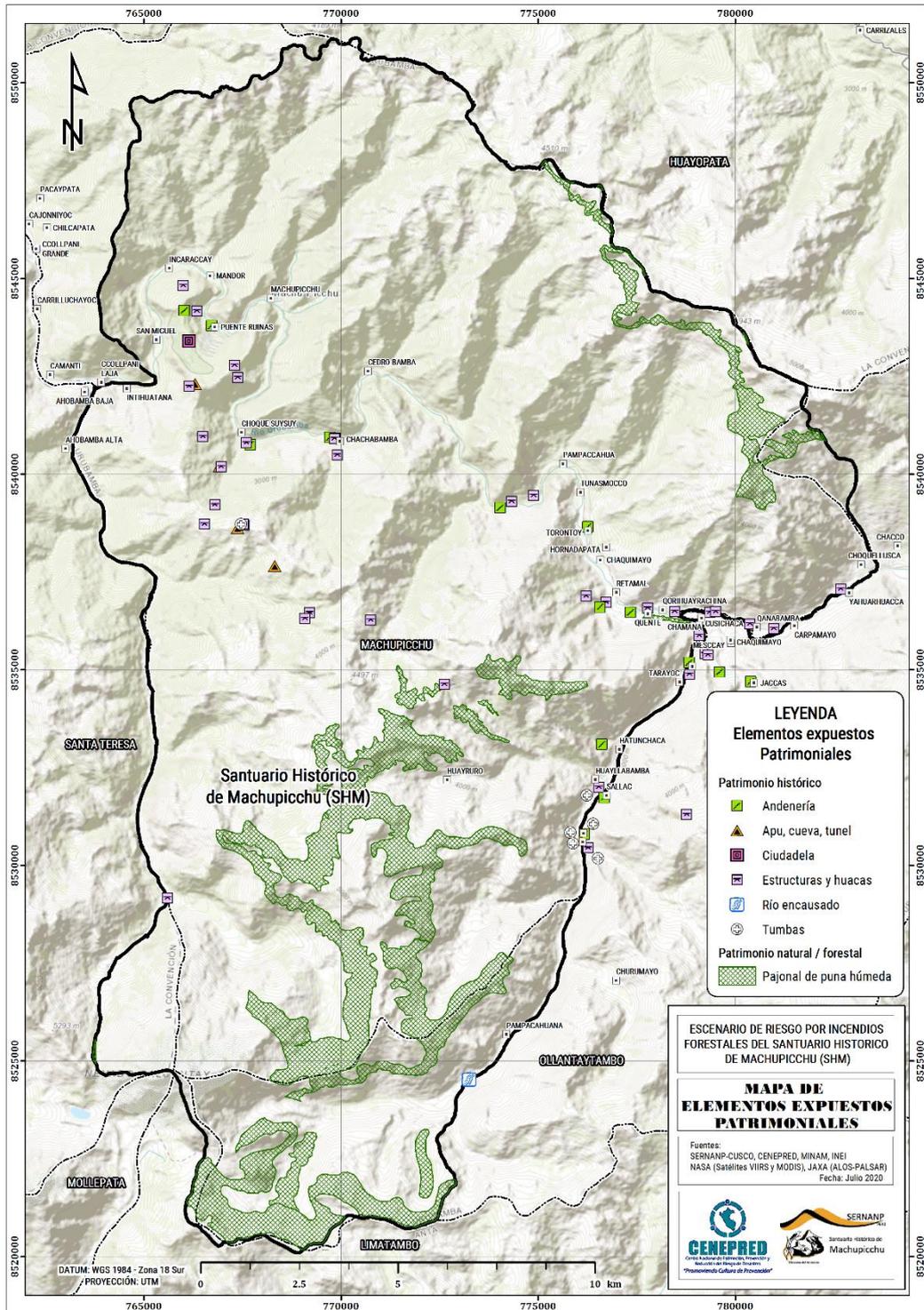
Fuente: Elaborado por el CENEPRED con la información DDCC (2020)

### 6.1.2 Patrimonio natural

Los elementos pertenecientes a esta clasificación están enmarcados en lo que manifiesta el SERFOR: "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). Además, este análisis ha considerado especialmente a los pajonales de puna húmeda asociados a los bofedales, humedales y páramos como entornos de vital importancia para la provisión de servicios ambientales, estos últimos catalogados como ecosistemas frágiles y para los cuales se deben tomar medidas especiales para su protección, de acuerdo al artículo 99 de la Ley General del Ambiente N° 28611. Los elementos patrimoniales descritos se muestran en la Figura 14.



Figura 14. Mapa de elementos expuestos a incendios forestales - patrimoniales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



## 6.2 SOCIECONÓMICO

### 6.2.1 Población y vivienda

Para el ámbito de SHM se ha identificado 25 centros poblados con una población de 5177 habitantes y 923 viviendas.

### 6.2.2 Infraestructura

De acuerdo a la coordinación con el SERNANP-SHM, se priorizó las siguientes infraestructuras: caminos y rutas incas, vía férrea, carretera, estaciones de tren, campamentos oficiales del SHM y torres de alta tensión (Tabla 6)

**Tabla 7.** *Infraestructura presente en el ámbito del SHM*

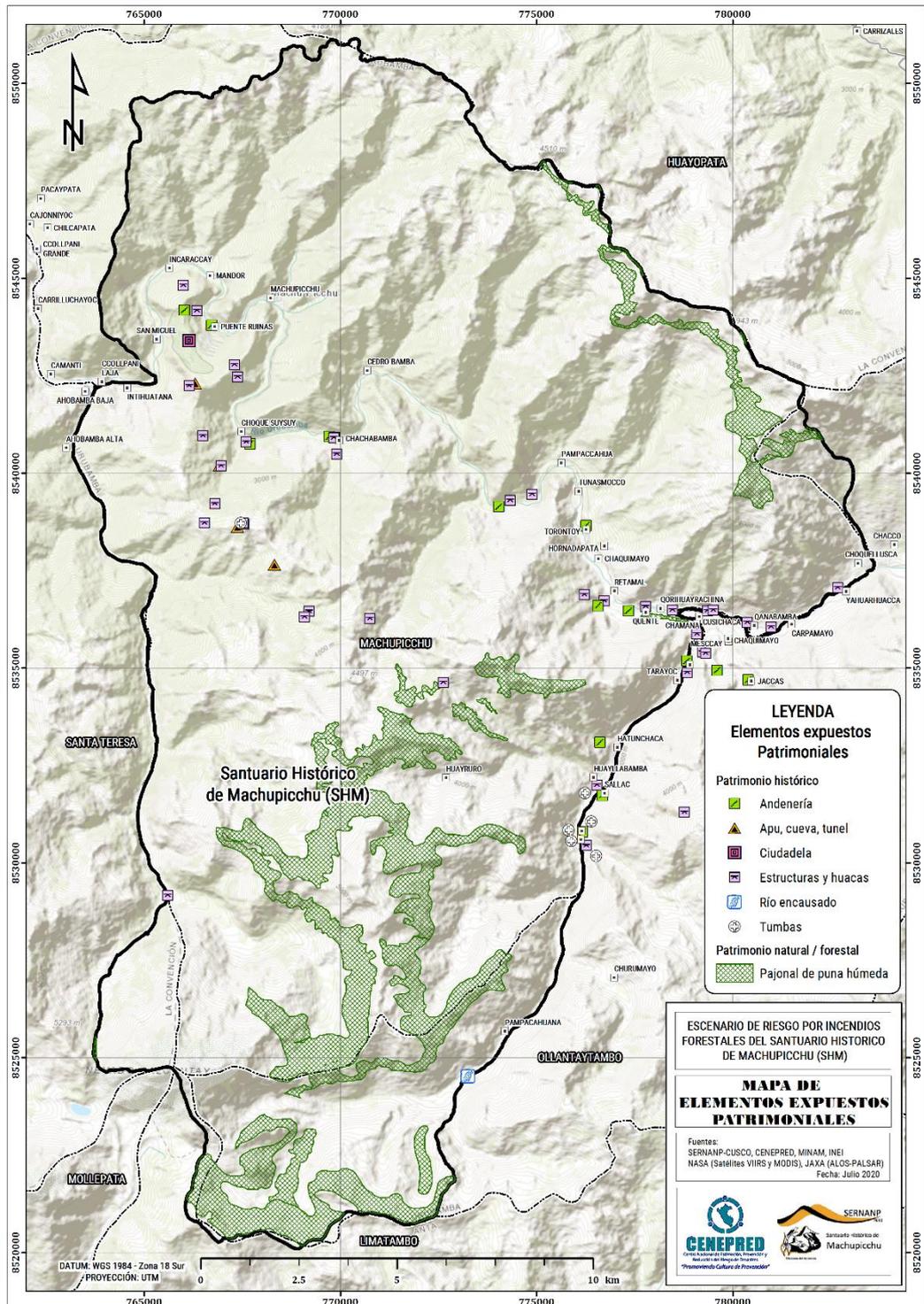
N°	Infraestructura	Total
1	Campamentos oficiales SHM	88
2	Torres alta tensión 1001	60
3	Torres alta tensión 1002	88
4	Estaciones de tren	11
5	Vía férrea (km)	37.5
6	Carretera (km)	7.8
7	Camino Inca (km)	81.2

*Fuente:* Elaborado por el CENEPRED. Con datos de MTC, DDCC, SERNANP (2020)

Los elementos socioeconómicos descritos se muestran en la Figura 15.



Figura 15. Mapa de elementos expuestos a incendios forestales - socioeconómico



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



## 7 ESCENARIO DE RIESGO

El escenario de riesgo se determinó de la superposición de elementos de patrimonio y socioeconómicos con las áreas delimitadas de los niveles de susceptibilidad a incendios forestales (Figura 16). Los resultados fueron cuantificados según el nivel de riesgo por exposición y la clasificación del elemento expuesto, priorizando los resultados de los niveles de riesgo muy alto y alto (Tabla 7).

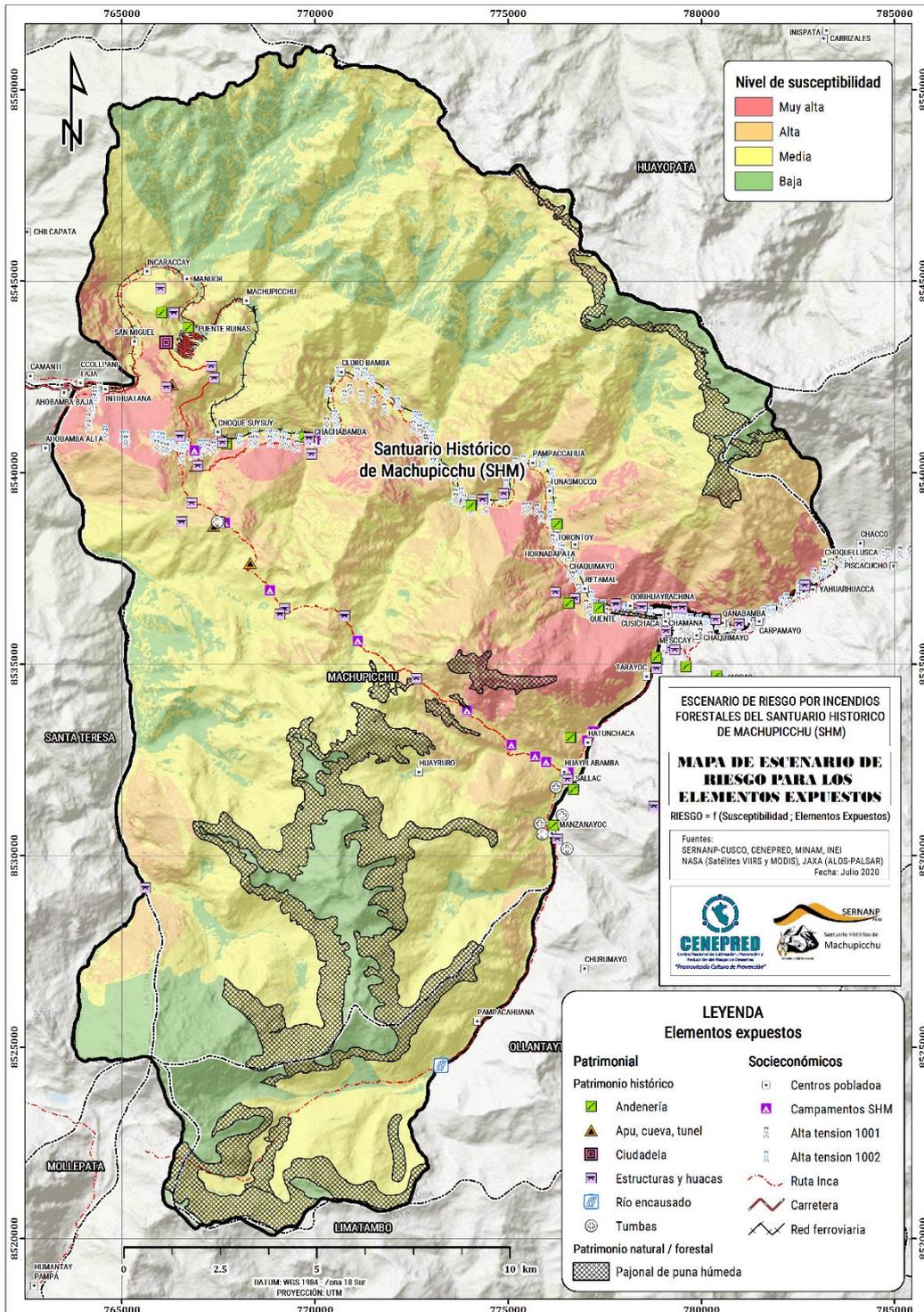
Tabla 8. Elementos expuestos según el nivel de riesgo muy alto y alto por incendios forestales

ELEMENTOS EXPUESTOS			NIVEL DE RIESGO		TOTAL
			MUY ALTO	ALTO	
PATRIMONIO	Natural	Pajonal húmedo de puna (ha)	81.0	179.6	260.59
	Histórico	Andenería	0	4	4
		Apu, cueva, tunel	1	2	3
		Ciudadelas	0	0	0
		Estructuras, huacas, tambos	2	16	18
		Tumbas	0	2	2
SOCIECONÓMICO	Población y vivienda	Centros poblados	0	9	9
		Población	0	222	222
		Vivienda	0	74	74
		Predios rurales (ha)	94.6	240.8	335.3
	Infraestructura	Campamentos oficiales SHM	0	37	37
		Torres alta tensión 1001	20	29	49
		Torres alta tensión 1002	10	41	51
		Estaciones de tren	0	0	0
		Vía ferrea (km)	0.4	11.0	11.4
		Carretera (km)	0.0	2.8	2.8
		Camino Inca (km)	4.6	29.2	33.8

Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



Figura 16. Mapa de escenario de riesgo para los elementos expuestos a incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020



## 8 CONCLUSIONES

- En los registros históricos compilados de las diferentes fuentes de información sobre el área del Santuario Histórico de Machupicchu (SHM), existe un vacío de datos geolocalizados de ocurrencias de incendios forestales, en los periodos de 1981-1988 (7 años), 1981-1988 (4 años), 2001-2005 (4 años) y 2013-2017 (4 años).
- En el año 2013 se registró la mayor cantidad de incendios forestales (5 registros geolocalizados), seguido por los años 1988, 1994, 1995 y 2005 (4 registros geolocalizados).
- Según el mapa de susceptibilidad a incendios forestales, el 29.4% del territorio del Santuario Histórico Machupicchu presenta niveles de riesgo muy alto y alto.
- En el área del SHM, se ha identificado infraestructura en riesgo muy alto, tales como: 30 torres de alta tensión, 4.6 kilómetros de rutas y caminos incas, así como 0.4 kilómetros de vía férrea. Asimismo, existen 94.6 hectáreas de predios rurales en riesgo muy alto.
- No se han identificado centros poblados en las zonas de riesgo muy alto por incendios forestales. Sin embargo, existen 9 centros poblados con 74 viviendas y 222 habitantes, en zonas de riesgo alto por incendios forestales.
- Respecto al patrimonio natural, existe un total de 260.6 hectáreas de pajonal húmedo de puna en zonas de muy alto y alto riesgo por incendios forestales. Asimismo, hay 27 sitios arqueológicos, que corresponden al patrimonio cultural, ubicados en zonas de muy alto y alto riesgo.



## 9 RECOMENDACIONES

- Desarrollar un inventario de incendios forestales en una base de datos estandarizada y georreferenciada que integre los registros de las diferentes entidades vinculadas a la administración del SHM, considerando las características del evento como severidad o intensidad, tiempo de duración, área afectada, daños y/o pérdidas, entre otras.
- El SERNANP deberá formular el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres por Incendios Forestales para el Santuario Histórico de Machupicchu tomando como referencia el presente escenario de riesgo, para implementar medidas preventivas y correctivas del riesgo.
- Difundir el presente escenario de riesgo por incendios forestales a las entidades relacionadas con la administración y cuidado del Santuario Histórico de Machupicchu, tales como la Municipalidad Distrital de Machupicchu, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) y la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco (DDCC).
- El SERNANP deberá gestionar ante el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la elaboración del mapa de zonas climáticas de mayor detalle en el ámbito geográfico del Santuario Histórico de Machupicchu.



## 10 BIBLIOGRAFÍA

CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales* (CENEPRED (ed.); Segunda).

Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., & Kaufman, Y. J. (2003). An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87(2-3), 273-282.

[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00184-6)

IDEAM. (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal [Protocolo].

MiAMBIENTE. (2015). Metodología de investigación de causas que provocan los incendios forestales [Manual].

Schroeder, W., & Giglio, L. (2018). NASA VIIRS Land Science Investigator Processing System (SIPS) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) 375 m & 750 m Active Fire Products: Product User's Guide Version 1.4. *Nasa*, July.

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>

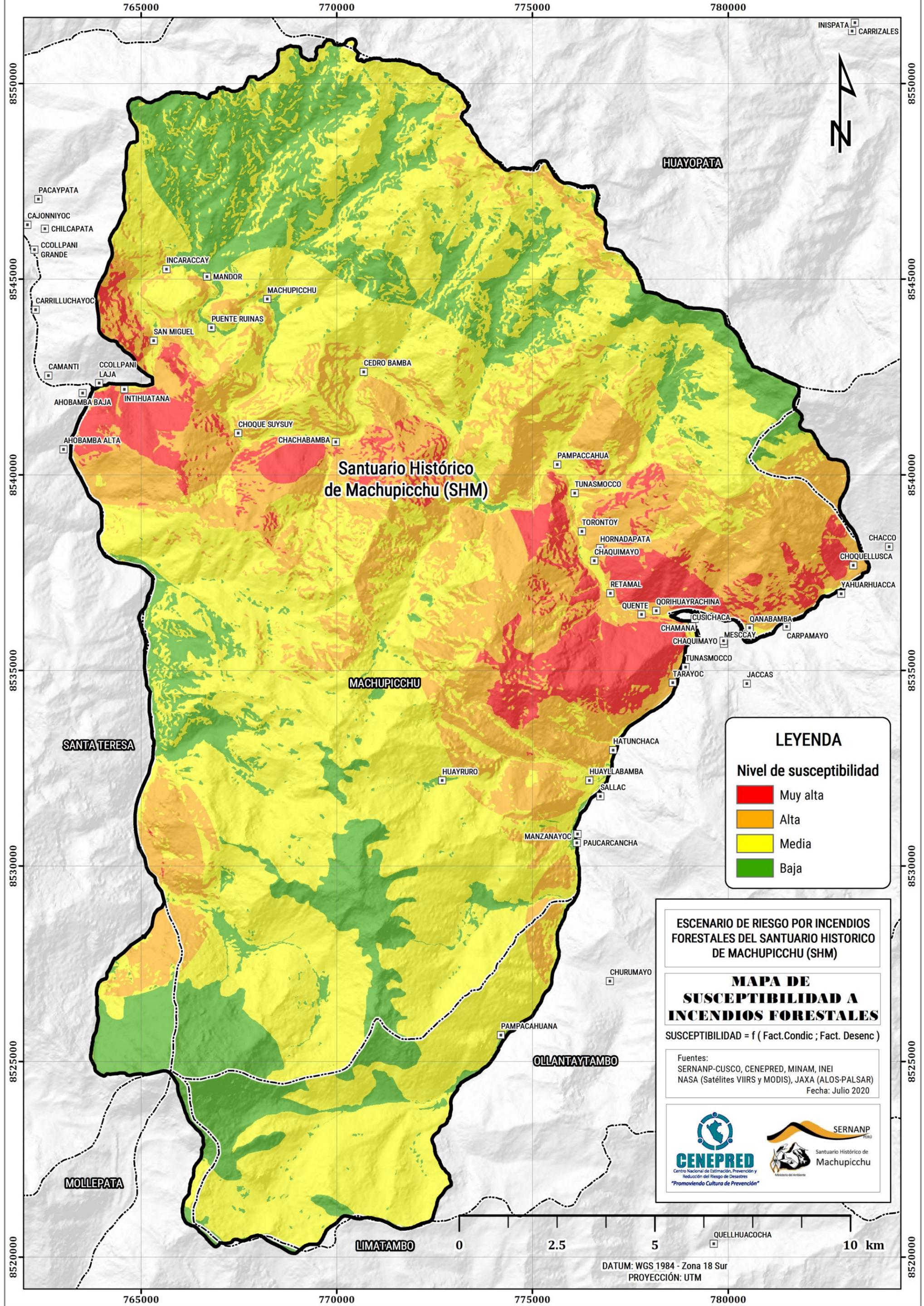
SERFOR. (2018). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales* (p. 55) [Plan]. <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>

SERNANP, & MINCUL. (2014). *Plan Maestro del Santuario Histórico de Machupicchu 2015-2019, Diagnóstico y Anexos*.

[https://www.culturacusco.gob.pe/dmdocuments/machupicchu/DIAGNOSTICO\\_FINAL.pdf](https://www.culturacusco.gob.pe/dmdocuments/machupicchu/DIAGNOSTICO_FINAL.pdf)



## 11 ANEXO DE MAPAS



**Santuario Histórico de Machupicchu (SHM)**

**LEYENDA**

Nivel de susceptibilidad

- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja

**ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL SANTUARIO HISTORICO DE MACHUPICCHU (SHM)**

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES**

SUSCEPTIBILIDAD = f ( Fact. Condic ; Fact. Desenc )

Fuentes:  
 SERNANP-CUSCO, CENEPRED, MINAM, INEI  
 NASA (Satélites VIIRS y MODIS), JAXA (ALOS-PALSAR)  
 Fecha: Julio 2020



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

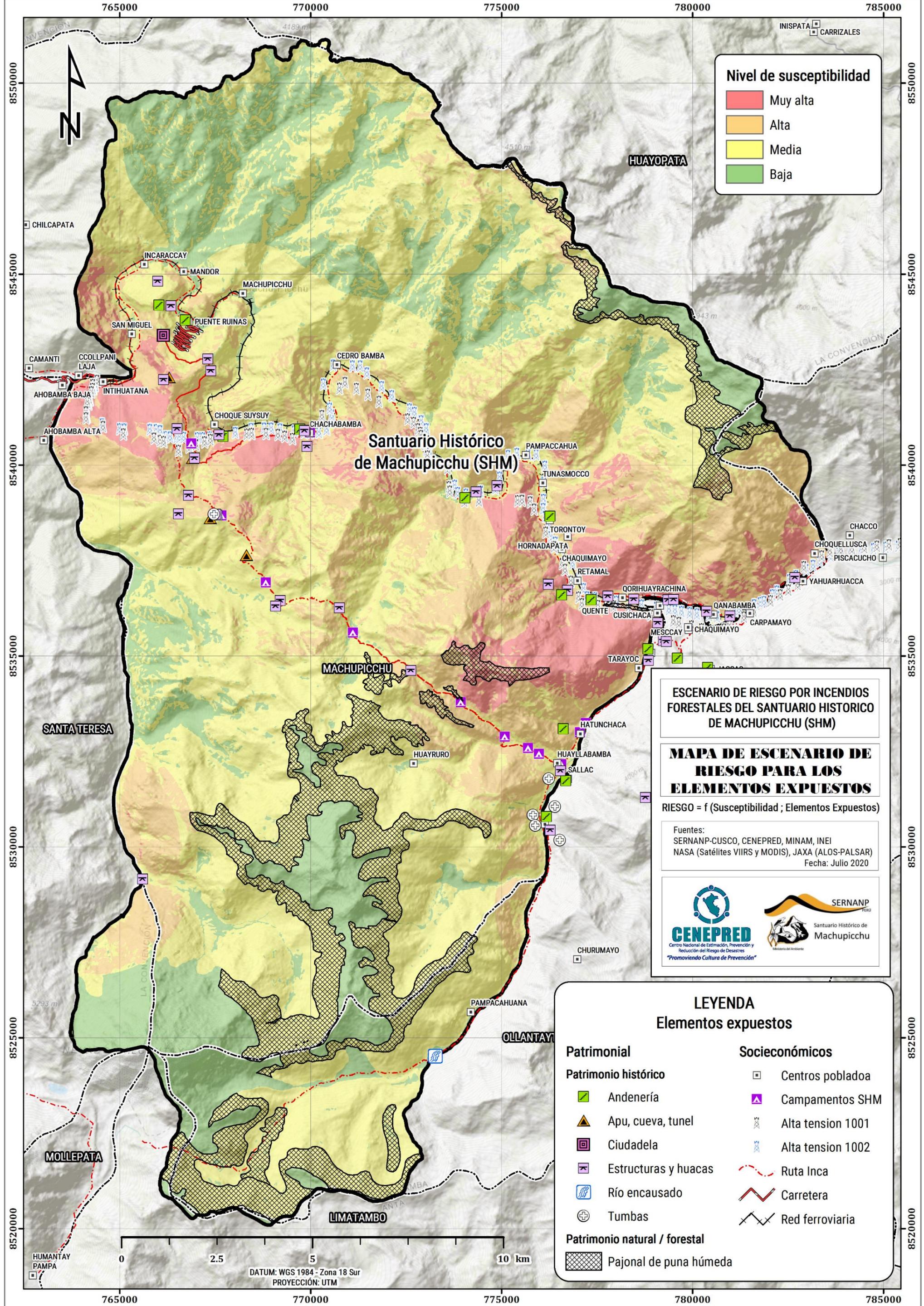


**SERNANP**  
 Ministerio del Ambiente  
 Santuario Histórico de Machupicchu

0 2.5 5 10 km

QUELLHUACOA

DATUM: WGS 1984 - Zona 18 Sur  
 PROYECCIÓN: UTM



**Nivel de susceptibilidad**

- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja

**ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL SANTUARIO HISTORICO DE MACHUPICCHU (SHM)**

**MAPA DE ESCENARIO DE RIESGO PARA LOS ELEMENTOS EXPUESTOS**

RIESGO = f (Susceptibilidad ; Elementos Expuestos)

Fuentes:  
 SERNANP-CUSCO, CENEPRED, MINAM, INEI  
 NASA (Satélites VIIRS y MODIS), JAXA (ALOS-PALSAR)  
 Fecha: Julio 2020



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



**SERNANP**  
 Perú  
 Santuario Histórico de Machupicchu  
 Ministerio del Ambiente

**LEYENDA**  
 Elementos expuestos

<b>Patrimonial</b>	<b>Socioeconómicos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> Patrimonio histórico</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> Andenería</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> Apu, cueva, tunel</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></span> Ciudadela</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></span> Estructuras y huacas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> Río encausado</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> Tumbas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> Patrimonio natural / forestal</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> Pajonal de puna húmeda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></span> Centros pobladoa</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></span> Campamentos SHM</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></span> Alta tension 1001</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></span> Alta tension 1002</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></span> Ruta Inca</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></span> Carretera</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></span> Red ferroviaria</li> </ul>

DATUM: WGS 1984 - Zona 18 Sur  
 PROYECCIÓN: UTM

0 2.5 5 10 km



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

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

[www.cenepred.gob.pe](http://www.cenepred.gob.pe)

 CENEPRED

 @CENEPRED

 CENEPRED

 CENEPRED PERU

 CENEPRED PERU