



INCENDIO FORESTALES



CENEPRED

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

ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL SANTUARIO HISTÓRICO MACHUPICCHU



ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES DEL SANTUARIO HISTÓRICO 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

Página web: www.cenepred.gob.pe

Equipo Técnico del CENEPRED:

Ing. Juvenal Medina Rengifo
Jefe del CENEPRED

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

Ing. Alfredo Zambrano Gonzáles
Subdirector de Gestión de la Información

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

Equipo Técnico del SERNANP Santuario Histórico de Machupicchu:

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

Especialistas del SERNANP Santuario Histórico de Machupicchu
Ing. Jessica Morón Álvarez y
Biol. Roberto Carlos Quispe García.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVOS.....	6
2.1	Objetivo General.....	6
2.2	Objetivos Específicos	6
3	METODOLOGÍA	6
4	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	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	12
5.2	Factor desencadenante	14
5.2.1	Densidad de incendios forestales	16
5.2.2	Áreas afectadas por incendios forestales.....	18
5.2.3	Modelamiento del factor desencadenante	20
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	Socioeconómico	25
6.2.1	Población y vivienda	25
6.2.2	Infraestructura.....	26
7	ESCENARIO DE RIESGO	27
8	CONCLUSIONES.....	30
9	RECOMENDACIONES.....	31
10	BIBLIOGRAFÍA.....	32

INDICE 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 a riesgo muy alto y alto.....	29

INDICE 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.....	13
Figura 7. Número de incendios registrados por año en el SHM.....	15
Figura 8. Tendencia mensual de.....	15
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.....	28

1 INTRODUCCIÓN

En el Santuario Histórico Machupicchu (SHM), la ocurrencia de los incendios forestales tiene 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 del SINAGERD y su Reglamento ha elaborado el presente documento “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 de 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.

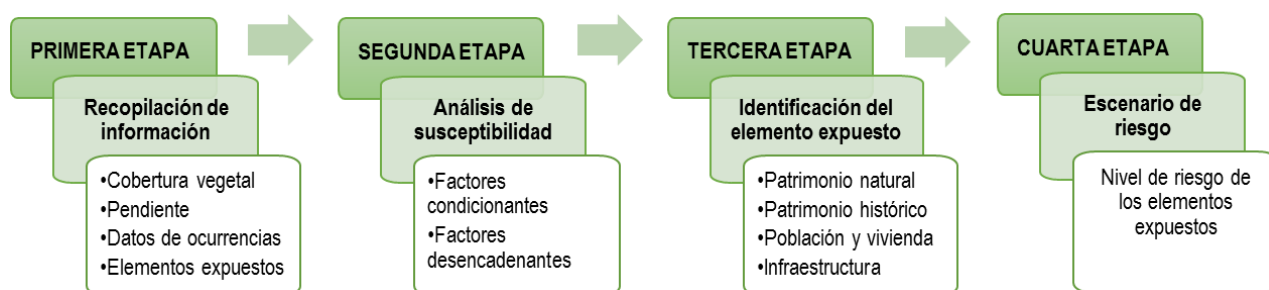
2.2 Objetivos Específicos

- 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:

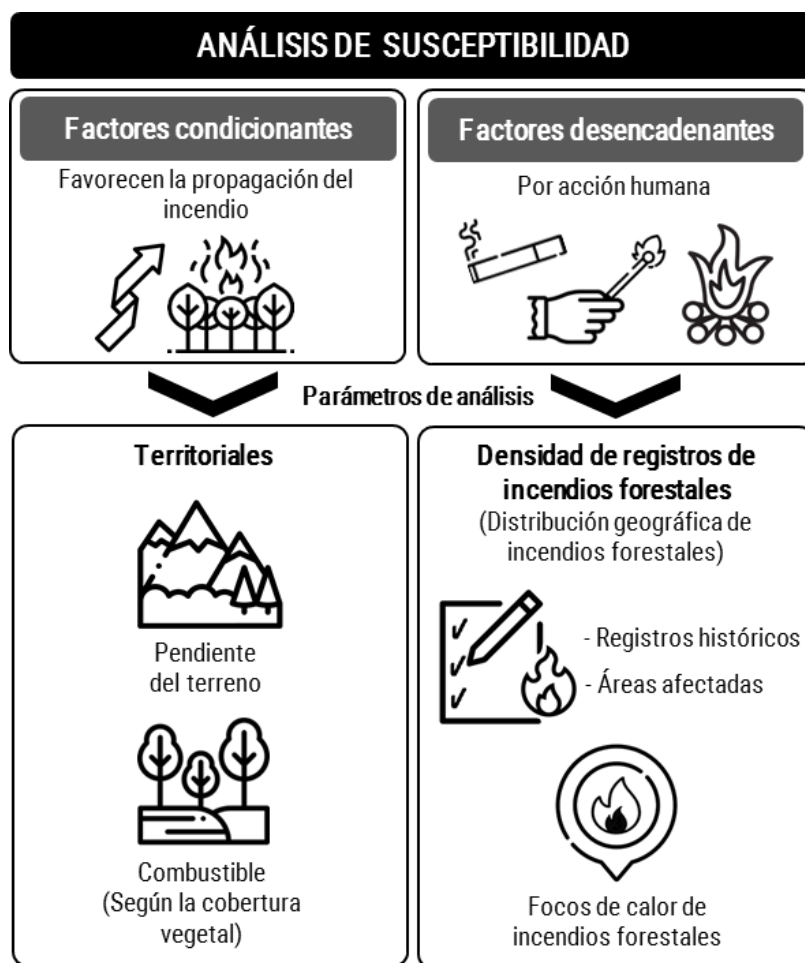
- Información del mapa de cobertura vegetal del SHM (2015), registros históricos (1981–1998) elaborados por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, Santuario Histórico Machupicchu –SERNANP – SHM.

- Áreas de afectación por incendios forestales (2008–2017), elaborados por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, Santuario Histórico Machupicchu – SERNANP – 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, Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI
- Monumentos arqueológicos y circuitos de caminos incas del SHM generadas por la Oficina Descentralizada de Cultura del Cusco
- Predios rurales formalizados en el SHM, generados por el Ministerio de Agricultura y Riego.
- Mapa de pendientes del modelo digital de elevación (DEM) elaborado por CENEPRED con base en información del satélite ALOS - PALSAR de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón – JAXA.
- Focos de calor de los satélites VIIRS y MODIS, disponibles de manera gratuita en los geoportales web 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).

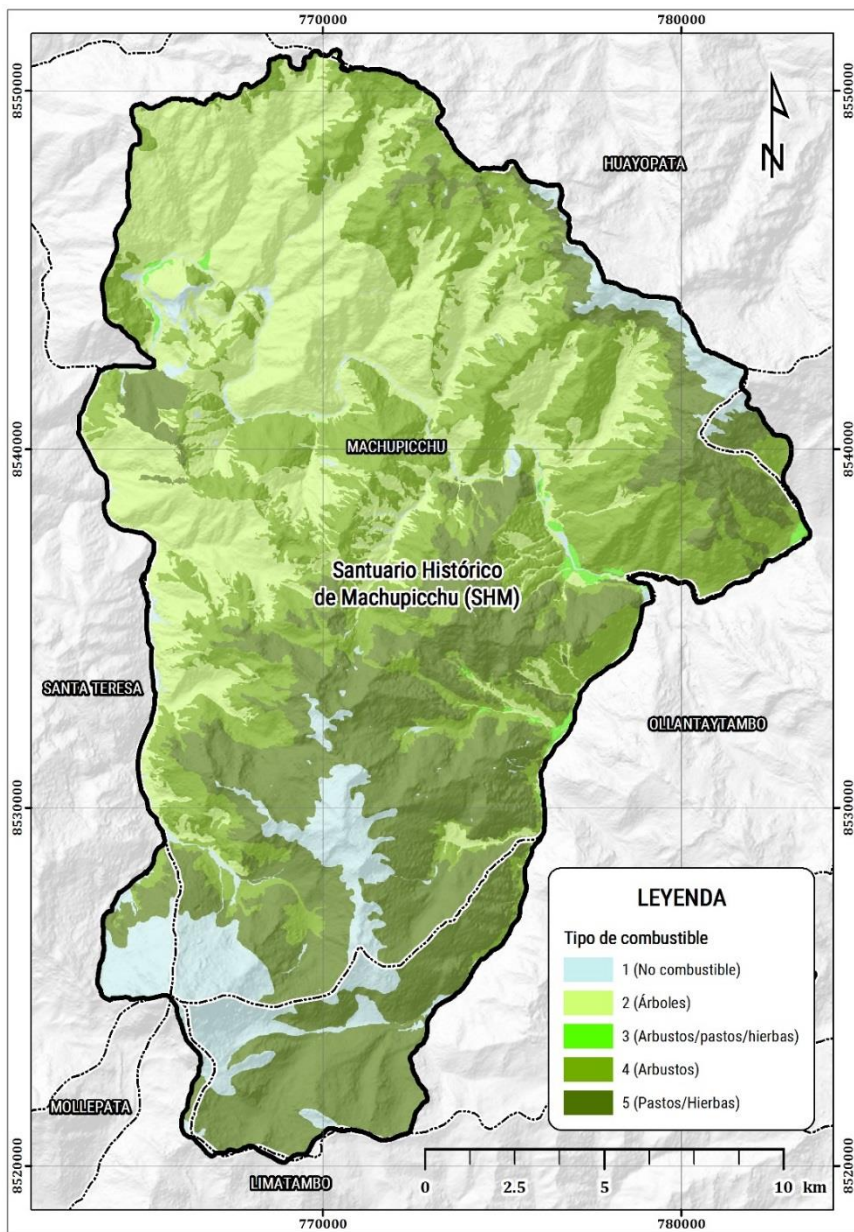
Tabla 2. *Ponderación de los tipos de combustibles*

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

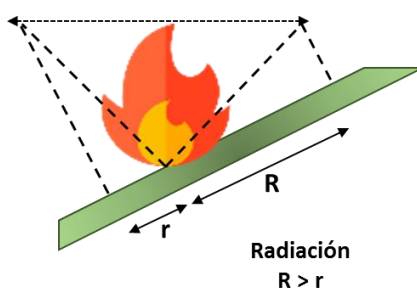


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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 INGEMMET y se le asignó un peso a cada unidad (Tabla 3).

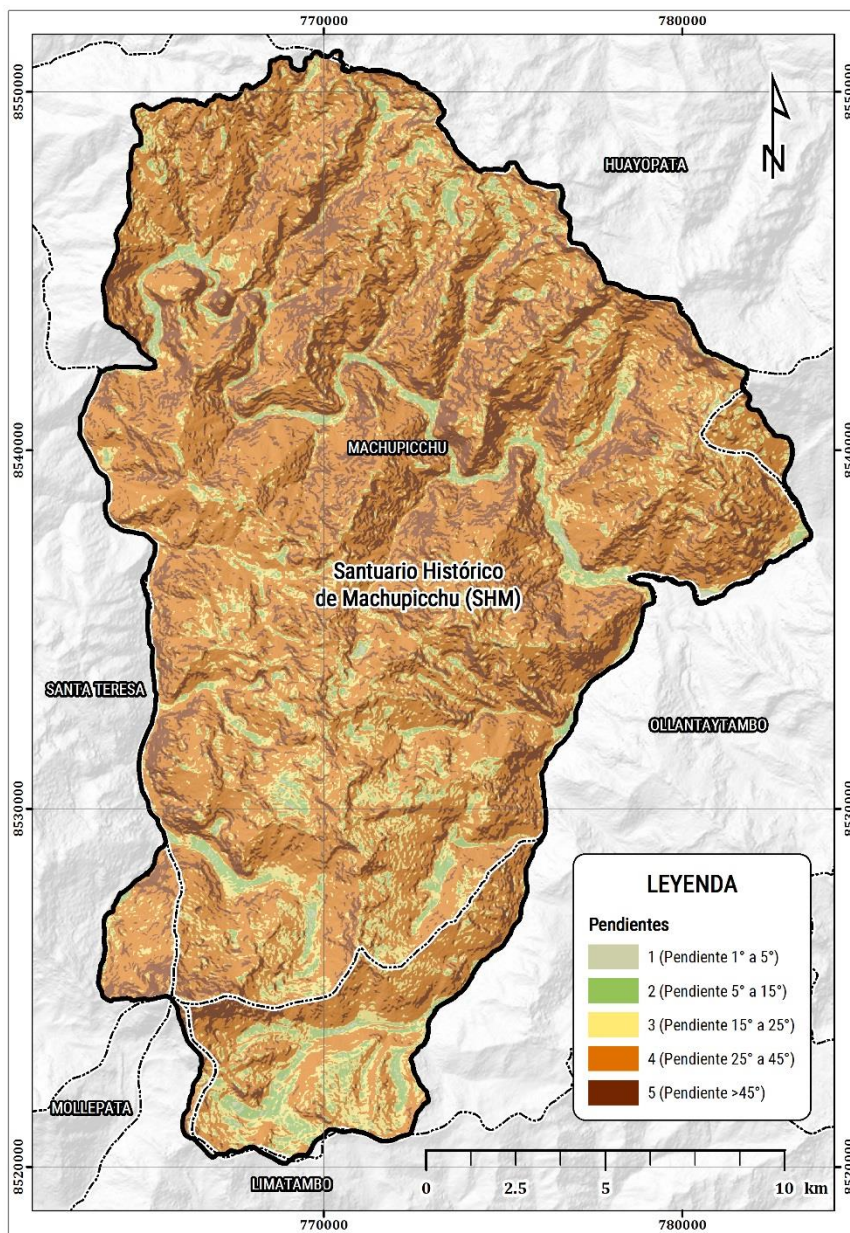
Tabla 3. Ponderación de las pendientes

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

Fuente: Adaptado por CENEPRED de INGEMMET. 2020

¹ 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

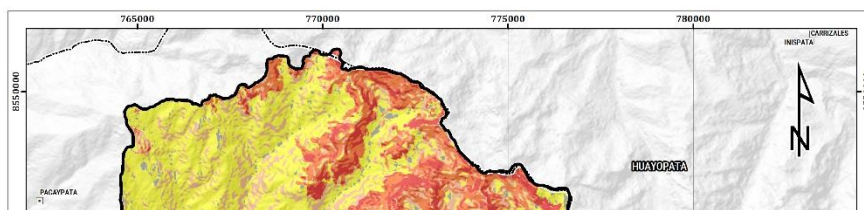
Los parámetros a modelar son el combustible (cobertura vegetal) y la pendiente, asignando para los descriptores de cada parámetro un peso de importancia. Se muestra los valores en la tabla 4 y el resultado del mapa en la Figura 6.

Tabla 4. Matriz de factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES DEL TERRITORIO						
Descriptor	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



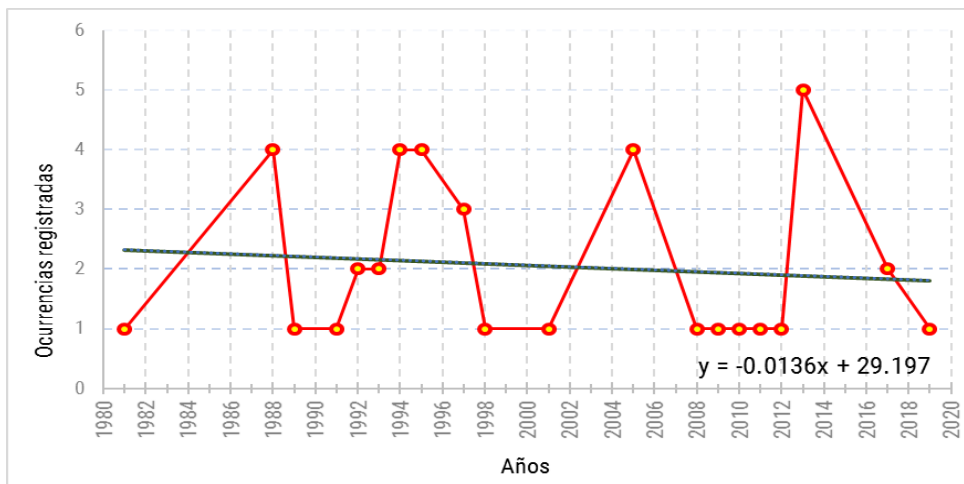
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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 a 2019, muestra una leve tendencia a la baja de la recurrencia de incendios forestales (Figura 7).

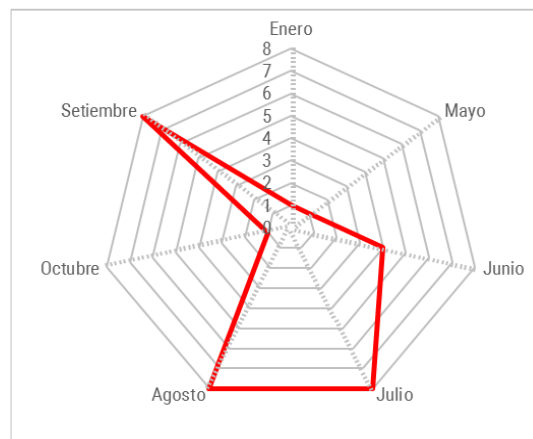
Figura 7. Número de incendios registrados por año en el SHM



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

Figura 8. Tendencia mensual de incendios forestales en el SHM

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).



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

Para la caracterización de los incendios forestales ocurridos en el ámbito del SHM, se recurrió a los registros de incendios forestales generada por las entidades a cargo de su cuidado. Basado en esta información se elaboró los mapas de densidad de registros de incendios forestales y áreas afectadas por incendios forestales.

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 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.

b) Focos de calor

Se utilizó la información de focos de calor obtenidos 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 incendios de áreas relativamente pequeñas, así como mapeo mejorado de grandes perímetros de fuego (Schroeder & Giglio, 2018). Además, este conjunto de focos de calor fue complementado con los datos de focos de calor de incendios de 1 km de resolución, obtenido del satélite 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:

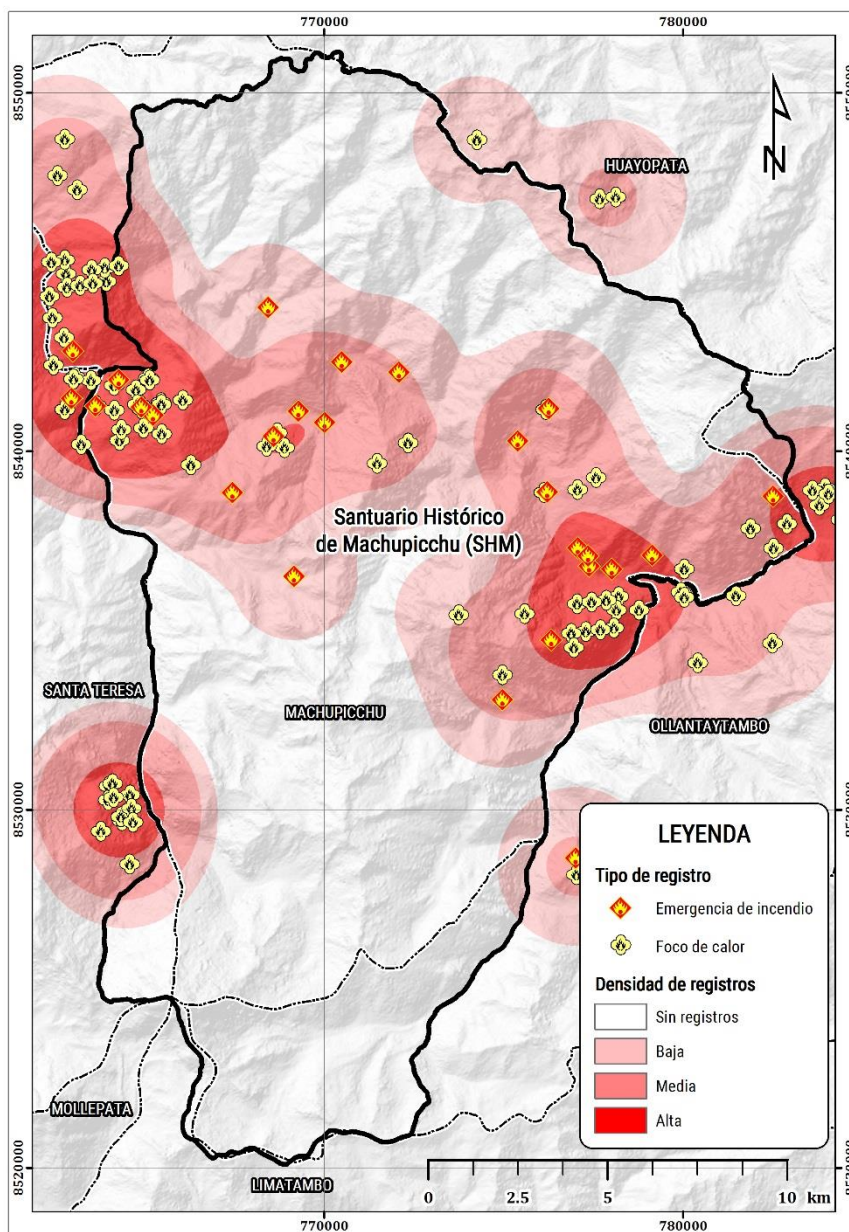
BT_4 : Temperatura de brillo en grados Kelvin

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

- 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)



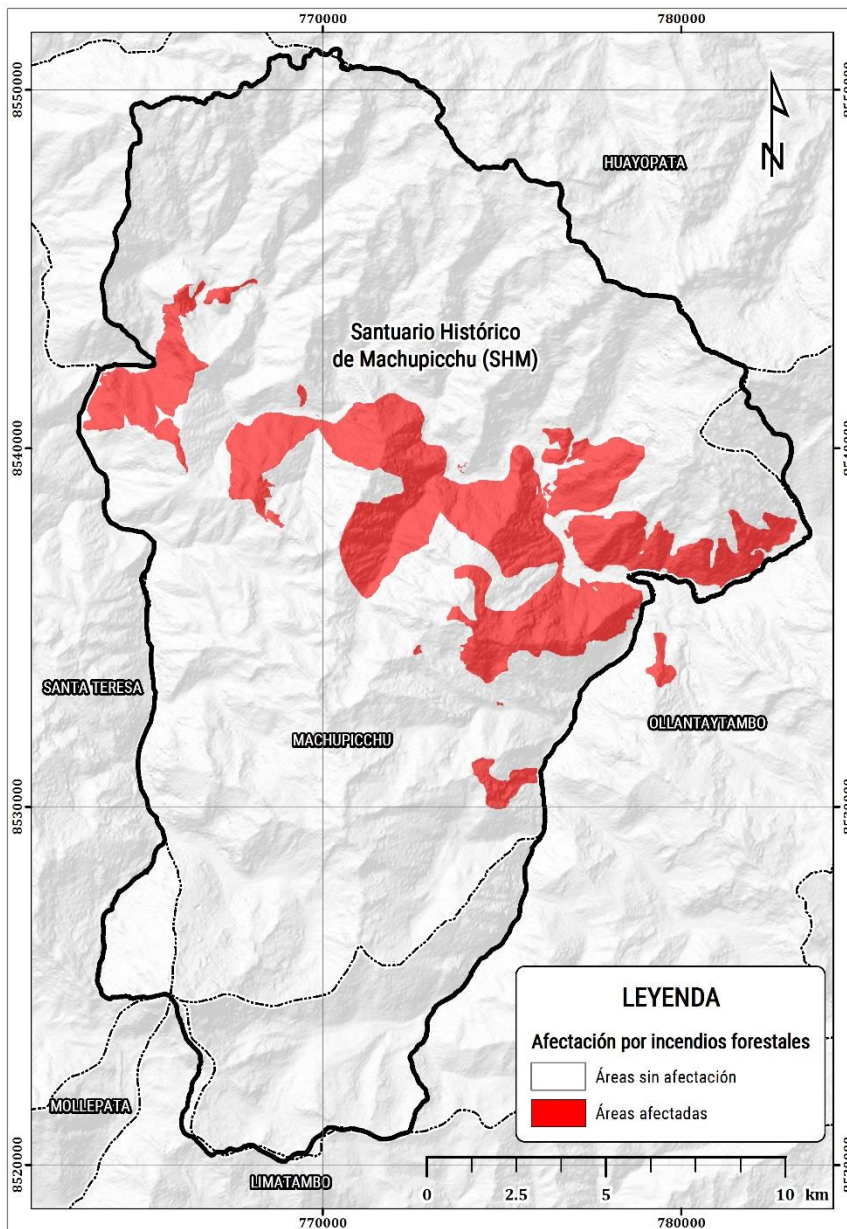
Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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

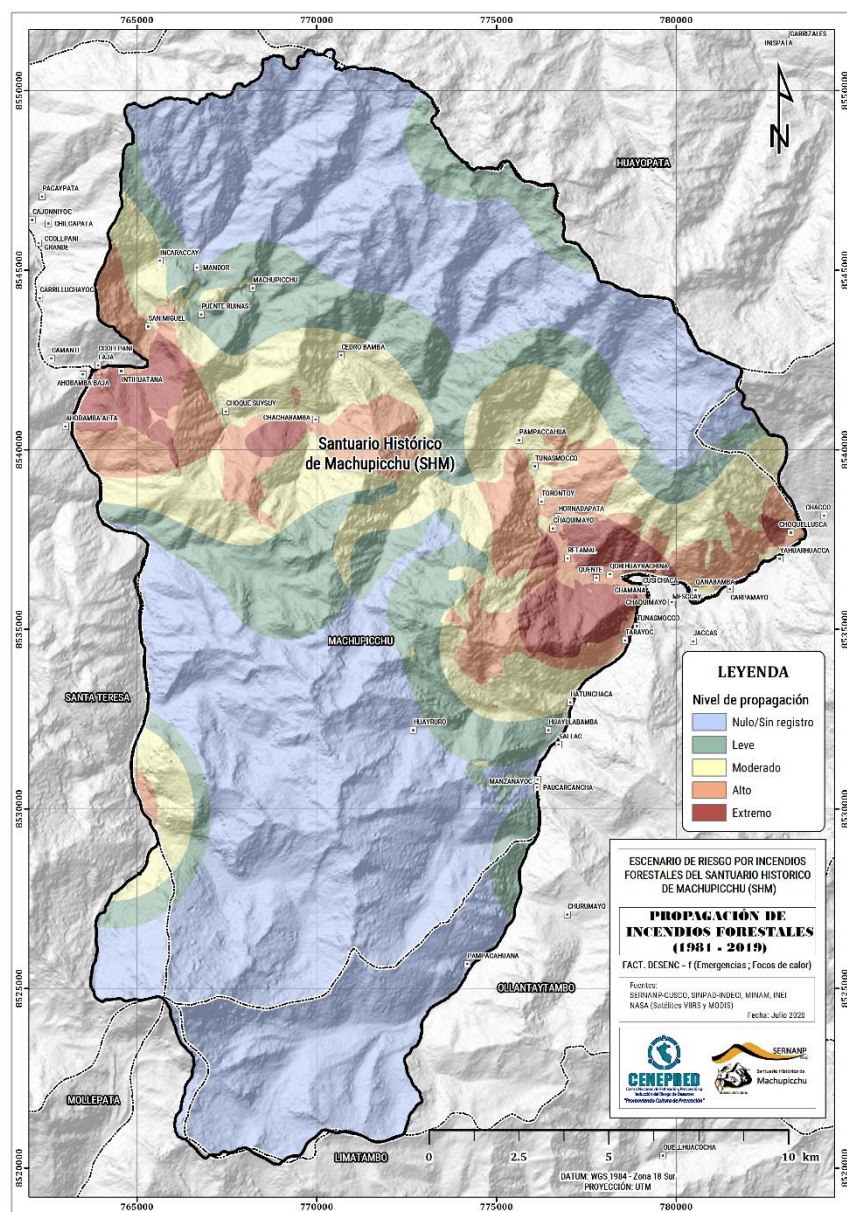


Fuente: Elaborado por el CENEPRED, con datos del SERNANP-Machupicchu y la Municipalidad Distrital de Machupicchu

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 de incendios forestales, 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)

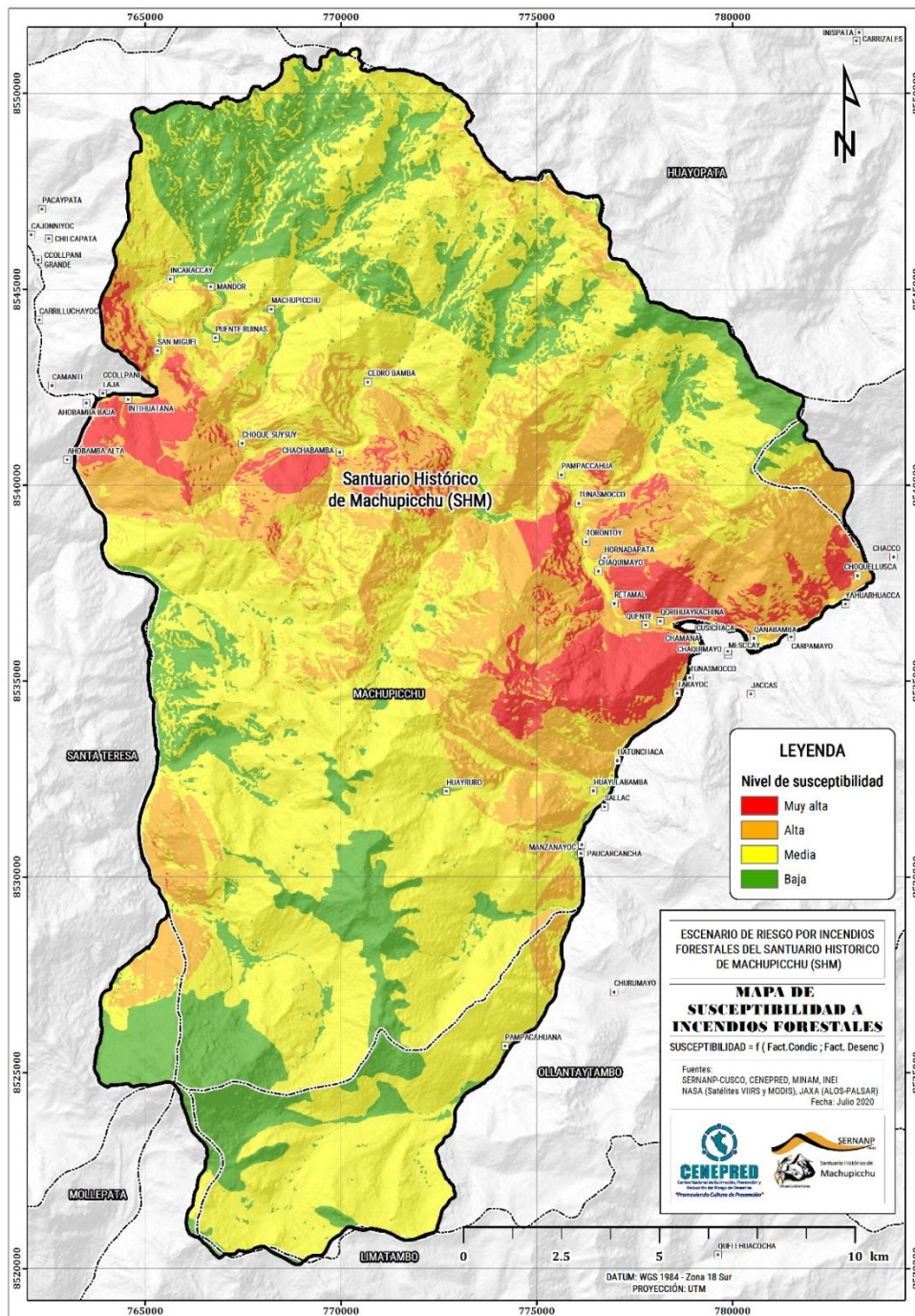


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

5.3 Mapa de susceptibilidad por incendios forestales

El mapa de susceptibilidad por incendios forestales del Santuario Histórico de Machupicchu 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

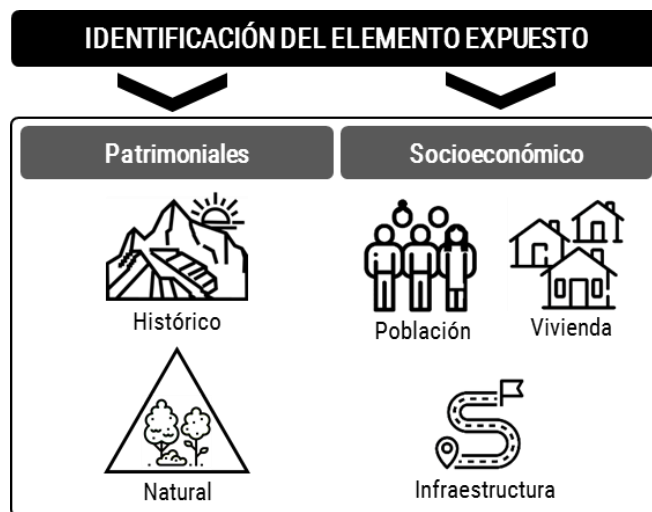
Nivel	Área aprox. (ha)	Porcentaje (%)
Muy alto	2632.438	7.1
Alto	8319.094	22.3
Medio	19366.188	51.9
Bajo	6984.860	18.7
Total	37302.580	100

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	Añasrumiyoc	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	Escalera yoc	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

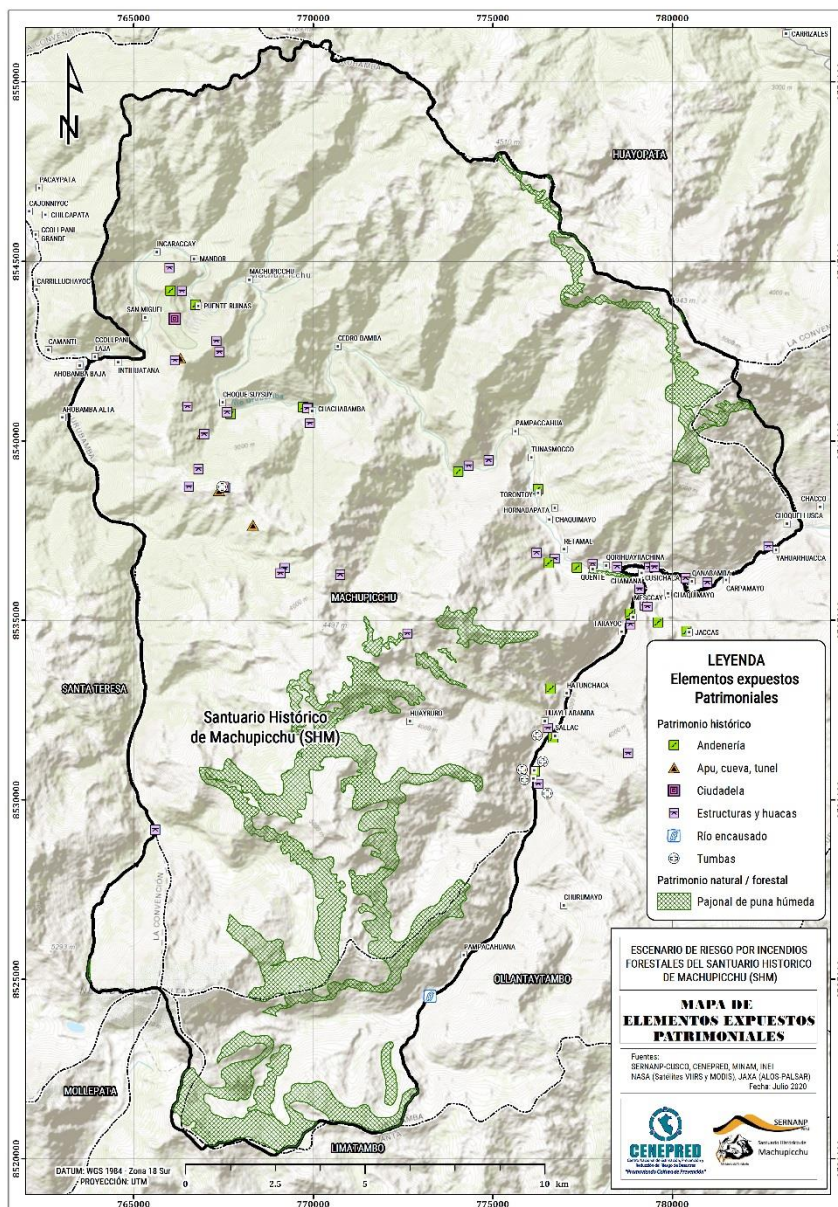
Fuente: Elaborado por el CENEPRED con la información DDCC (2020)

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 debe 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 Socioeconómico

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)

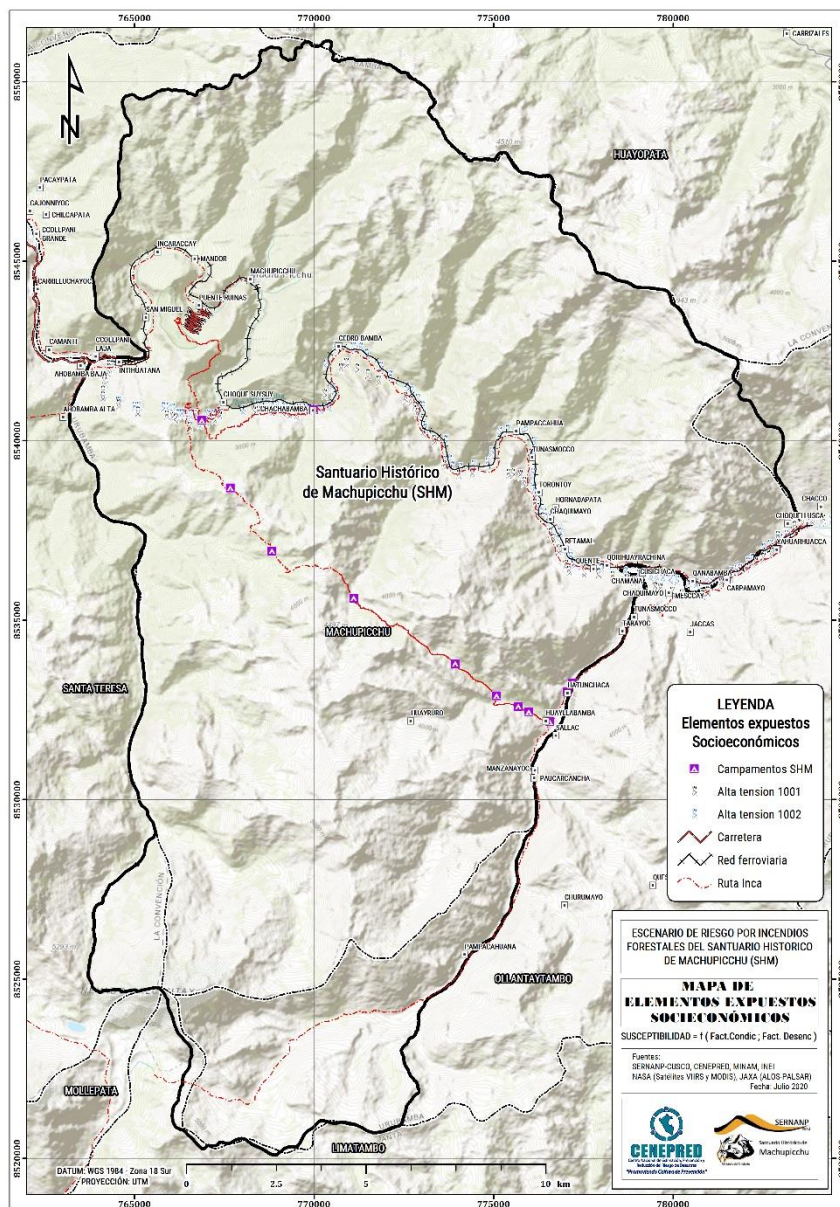
Tabla 7. *Infraestructura presente en el ámbito del SHM*

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

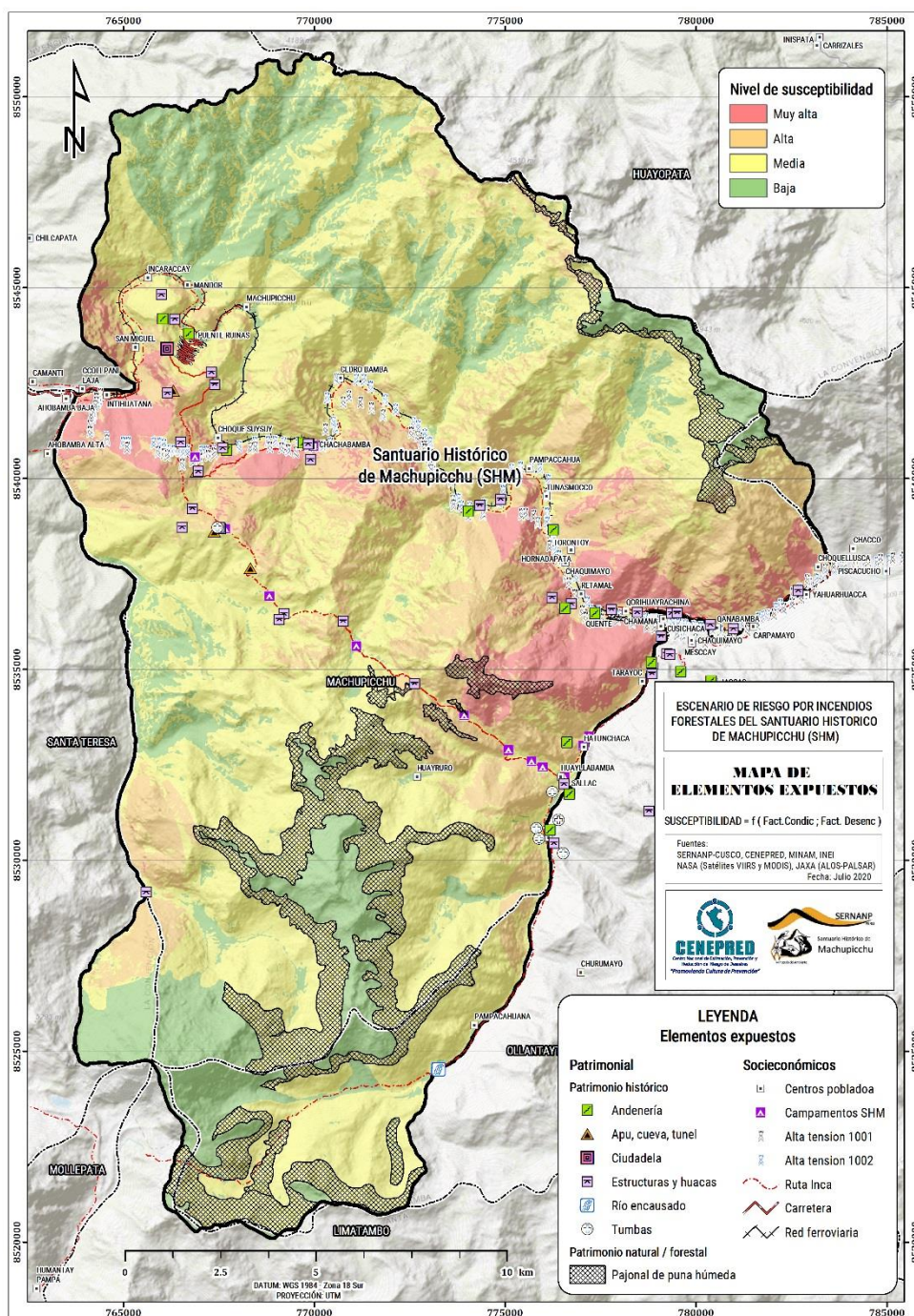


Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

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)

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



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

Tabla 8. Elementos expuestos a riesgo muy alto y alto

IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS			NIVEL DE RIESGO		TOTAL
			MUY ALTO	ALTO	
P A T R I M O N I O	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
S O C I E C O N Ó M I C O	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

8 CONCLUSIONES

- Los registros históricos de las diferentes fuentes no muestran 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), seguido por los años 1988, 1994, 1995 y 2005 (4 registros).
- 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.
- De acuerdo al análisis de riesgo con respecto a infraestructura, los principales elementos presentes en riesgo muy alto son 30 torres de alta tensión, 4.6 km de rutas y caminos incas y 94.6 ha de predios rurales.
- No encontramos centros poblados ubicados en áreas con riesgo muy alto a incendios forestales, sin embargo, en áreas con riesgo alto presentan 9 centros poblados con 74 viviendas y 222 habitantes
- En el análisis del elemento expuesto patrimonial obtenemos que 260.6 hectáreas de pajonal húmedo de puna se encuentran en riesgo muy alto y alto a incendios forestales, así mismo encontramos 27 sitios arqueológicos que podrían encontrarse en riesgo alto y muy alto de producirse un incendio forestal en el SHM.

9 RECOMENDACIONES

- Es necesario desarrollar un inventario de incendios forestales que consolide de manera estandarizada los registros de las diferentes entidades que tienen a su cargo el cuidado del SHM, así como las características del evento como severidad o intensidad, tiempo de duración, área afectada, daños y/o pérdidas, entre otras.
- Formular el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres ante Incendios Forestales para el Santuario Histórico de Machupicchu tomando como referencia el presente escenario de riesgo, para implementar medidas preventivas y correctivas del riesgo ante la posible ocurrencia de incendios forestales.
- Difundir el presente escenario de riesgo a las entidades relacionadas a la administración y cuidado del el Santuario Histórico de Machupicchu, principalmente a la: Municipalidad Distrital de Macchupicchu, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR y la Dirección Descentralizada de Cultura Cusco.
- Los resultados consignados en el presente trabajo corresponden a los niveles de peligro muy alto y alto; sin embargo, para mayor conocimiento de la totalidad de los elementos expuestos a este peligro, y su nivel de riesgo (muy alto, alto, medio, bajo), se recomienda consultar la base de datos adjunta al presente trabajo.
- Coordinar con el 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