



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

**Plan de protección contra incendios forestales
Santuario de la naturaleza Llancahue,
Comuna de Valdivia**

Patrocinante: Sr. Marcelo Del Valle Epuyao

Trabajo de Tesina presentado como parte
de los requisitos para optar al Título de
Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales

EMILIO JOSÉ ZÚÑIGA MOLINA

VALDIVIA
2025

I	Calificación del Comité de Titulación	4
II	Agradecimientos	5
III	Resumen	6
1	INTRODUCCIÓN	7
1.1	Objetivo general y específicos	8
2	MÉTODOS	9
2.1	Zona de estudio	9
2.2	Antecedentes históricos y caracterización de la población	11
2.3	Flora y fauna	13
2.4	Valor social	14
2.5	Recopilación de antecedentes específicos	15
2.6	Variables que determinan las prioridades de protección	16
2.7	Metodología DELPHI y método de los séptimos	17
2.8	Metodología de conversión de variables vectoriales a ráster	19
2.9	Análisis de amenaza y riesgo	20
3	RESULTADOS	21
3.1	Variables del plan de protección contra incendios forestales	21
3.1.1	Variables de riesgo de incendios forestales	21
3.1.2	Variables daño potencial de incendios forestales	22
3.1.3	Variables peligro de incendios forestales	22
3.2	Análisis de variables y cartografías	23
3.2.1	Análisis de Probabilidad de Ocurrencia	24
3.2.2	Análisis de Daño Potencial de Incendios en el Plan de Protección	26
3.2.3	Análisis de Magnitud Esperada de Incendios en el Plan de Protección	27
3.2.4	Análisis de Prioridades de Protección contra Incendios Forestales	28
3.3	Análisis de Riesgo y Amenaza de Incendios Forestales	29
3.4	Actividades de Prevención y Mitigación	30
3.4.1	Actividades de Prevención	30
3.4.2	Actividades de mitigación ante incendios forestales	31
3.5	Carta Gantt	32

4	DISCUSIÓN	33
5	CONCLUSIÓN	37
6	REFERENCIAS	38
7	ANEXOS	43
7.1	Anexo 1	43
7.2	Anexo 2	44
7.3	Anexo 3	45
7.4	Anexo 4	46
7.5	Anexo 5	46
8	GLOSARIO	47
8.1	Incendio forestal	47
8.2	Planes de protección contra incendios forestales	47
8.3	Método DELPHI	48
8.4	Prevención y Mitigación contra incendios Forestales	48
8.5	Riesgo	48
8.6	Peligro	48
8.7	Daño	49
8.8	Amenaza	49
8.9	Vulnerabilidad	49
8.10	Método de los séptimos	49
8.11	Rol del SIG en la protección contra los incendios forestales	49
8.12	Áreas de interfaz	50
8.13	DEPRIF	50
8.14	SENAPRED	50

I. Calificación del Comité de Titulación

	Nota
Patrocinante: Sr. Marcelo Abraham del Valle Epuyao	7,0
Informante: Sr. Mirko Ignacio Lepe Toledo	7,0
Informante: Sr. Pablo Donoso Hiriart	6,7

El patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el Reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.



Marcelo del Valle E.

II. Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en este proceso.

A mi familia, por su incondicional apoyo y amor, que ha sido un pilar en mi vida y carrera académica, brindándome la fuerza y motivación necesarias para superar cada obstáculo.

A mi pareja, por ser mi fuente de motivación, cuyo amor y comprensión han sido esenciales para mantenerme firme en mis objetivos.

También agradezco a mis amigos y compañeras de curso, por el apoyo mutuo y el apañe que hemos compartido a lo largo de estos años.

A mis colegas de la CONAF, por la oportunidad de trabajar junto a ellos y aprender de su experiencia, siendo muy buen ejemplo a seguir.

A mi comisión de tesina por su tiempo y orientación. Su retroalimentación ha sido fundamental para mejorar mi trabajo en cada paso. Gracias por su confianza y por haberme permitido aprender y mejorar.

Finalmente, a mí mismo, por el esfuerzo y la perseverancia que he tenido, por aprender de mis errores y superarlos, y por haber tenido la oportunidad de estudiar y dedicarme a lo que me apasiona. A todos ellos, gracias por hacer de esta carrera universitaria una gran experiencia de vida. Espero poder seguir esforzándome y aportar a mi trabajo y a mi vocación la conservación de los recursos naturales.

III. Resumen

Un Plan de Protección contra Incendios Forestales es una herramienta clave para identificar áreas críticas que requieren atención prioritaria en la prevención y extinción de incendios. Su implementación permite asignar recursos de manera eficiente, reduciendo el riesgo de estos siniestros, en este caso del Santuario de la Naturaleza Llancahue, un parque periurbano de 1.277 ha en Valdivia. Este plan proporciona un marco de referencia para la toma de decisiones en la gestión del riesgo de incendios forestales. El enfoque utilizado integra cartografías y análisis geoespacial mediante el Sistema de Información Geográfica QGIS versión 3.28. Además, se aplicaron los métodos Delphi y de los Séptimos, permitiendo un consenso entre expertos en incendios forestales para calificar las variables clave del estudio. A partir de este análisis, se generaron cuatro cartografías basadas en tres parámetros: riesgo, peligro y daño potencial. Estas tres variables consideran subvariables específicas. Con estos análisis se crea la cuarta cartografía que integra las anteriores y se define como "Prioridades de Protección contra Incendios Forestales", bajo la metodología del "Método para la Determinación de Prioridades de Protección contra Incendios Forestales".

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, la mayoría de los incendios forestales son producidos a causa de actividades antrópicas, ya sea por acciones negligentes o intencionales. Los incendios son más frecuentes en las temporadas estivales, cuando las condiciones meteorológicas más cálidas favorecen el inicio y propagación del fuego. Esto se debe principalmente a que la cubierta vegetal del suelo está más seca (CONAF 2022). Estos incendios afectan los servicios ecosistémicos que proveen los ambientes naturales, de los cuales dependen tanto las ciudades como las comunidades (González 2017).

El Santuario Llancahue es uno de los últimos remanentes con buen estado de conservación de bosques adultos en las cercanías de Valdivia. Este ecosistema ofrece múltiples servicios ecosistémicos, destacando principalmente los de provisión y regulación del agua, ya que la cuenca de Llancahue es la principal fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Valdivia y desempeña un papel clave en la conservación de la biodiversidad, además de ofrecer oportunidades para la recreación, el turismo y la educación ambiental (Donoso 2021).

Las Áreas Silvestres Protegidas (ASP), como el Santuario Llancahue son considerados como el principal mecanismo para la conservación *in situ* de la biodiversidad a nivel mundial (ley 21600, 2023). Su propósito es preservar ecosistemas naturales, servir como refugios para diversas especies y mantener procesos ecológicos que no podrían sostenerse en entornos con un alto grado de intervención humana (Faundez *et al.* 2023).

Sin embargo, el patrimonio natural y los diversos procesos que se desarrollan en estas áreas enfrentan constantes amenazas debido a la actividad humana. Entre estas amenazas, los incendios forestales destacan como perturbaciones, tanto naturales como provocadas por el ser humano, que son comunes en muchos ecosistemas chilenos. Estas perturbaciones han tenido efectos profundamente negativos sobre la biodiversidad, siendo identificadas como uno de los principales factores que alteran los ecosistemas terrestres, lo que puede llevar a la pérdida, degradación y fragmentación de estos sistemas naturales (Faundez *et al.* 2023).

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), mediante el Departamento de Protección contra Incendios Forestales (DEPRIF) es el ente a cargo de las actividades de combate y control de incendios forestales, así como también, de la planificación de las actividades de prevención y uso del fuego. Opera

principalmente en terrenos públicos, parques nacionales, reservas nacionales, propiedades de pequeños y medianos propietarios rurales y en las zonas denominadas de interfaz (CONAF s.f).

Así mismo se desarrolló un análisis de riesgo estandarizado a nivel nacional para incendios forestales (Tapia *et al.* 2024) que será analizado y comparado con los resultados de esta investigación local. Esto permite identificar áreas críticas, priorizar recursos y diseñar estrategias efectivas de prevención y control.

Respecto a la importancia del Santuario y la provisión de agua que brinda, en la salida de la cuenca (parte baja) del sector Llancahue se encuentra la empresa distribuidora de agua “Aguas Decimas”, la cual aplica un proceso de captación y potabilización en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), para finalmente distribuirla a la comuna de Valdivia (Muñoz *et al.* 2006). En Chile, la calidad del agua potable está regulada por normas como la NCh 409/1, que establece parámetros microbiológicos, químicos, radiactivos, organolépticos y de desinfección (INN, 2005).

Para facilitar la comprensión de los términos utilizados en este documento, al final se incluye un glosario con definiciones de conceptos técnicos claves vinculados a los planes de protección contra incendios forestales.

1.1 Objetivo general y específicos

El objetivo general de este trabajo es crear un Plan de Protección contra Incendios Forestales para el Santuario Llancahue ubicado en la comuna de Valdivia, región de Los Ríos, Chile. Los objetivos específicos son:

1. Establecer las variables potenciales que influyen en el riesgo, peligro y daño de los incendios forestales.
2. Crear cartografías para estimar la probabilidad de ocurrencia, magnitud esperada y daño potencial de incendios forestales.
3. Analizar cartografía Nacional de Amenaza y Riesgo por Incendios Forestales.
4. Definir medidas de prevención para incendios forestales.

2. MÉTODOS

2.1 Zona de estudio

El predio Llancahue es una reserva natural de 1.277 hectáreas dominada principalmente por bosques nativos y se ubica a 11 km de la salida sur de Valdivia, en la comuna y provincia de Valdivia, región de Los Ríos (figura 1; Pino *et al.* 2021). Geográficamente se sitúa entre los grados 39° 48' y 39° 52' de latitud Sur, y entre 73° 11' y 73° 07' de longitud Oeste (Muñoz *et al.* 2006).

El Santuario de la Naturaleza Llancahue corresponde a una cuenca hidrográfica de tamaño medio y es de propiedad fiscal, excepto por 50 hectáreas de la parte sur que son de Aguas Decimas, empresa privada que provee de agua potable (Donoso 2021). La cuenca de Llancahue presenta una alta densidad de drenaje, estimada en 3,3 km/km², lo que sugiere una respuesta rápida ante eventos de lluvia. Esta característica, combinada con una pendiente media del cauce del 3,5% considerada alta implica una evacuación rápida del agua y altas velocidades de flujo (Muñoz *et al.* 2006). Está situada entre los 181 y 424 msnm (Díaz 2018), presenta un clima de costa occidental con influencia mediterránea, caracterizado por lluvias distribuidas durante todos los meses del año, pero concentradas principalmente de abril a octubre, con un total anual de 1926 mm (Muñoz *et al.* 2006). En cuanto a las temperaturas, esta zona registra un promedio de 11,9 °C anuales, alcanzando sus máximas en enero, con 17 °C, y sus mínimas en julio, con un promedio de 7,7 °C. Los vientos predominantes vienen del norte y del este, con una humedad relativa que oscila entre el 75% y el 85%. Cuenta con una amplia red de senderos internos, algunos de los cuales se han formado debido a la erosión provocada por el alto tránsito relacionado con la extracción de recursos. (Muñoz *et al.* 2006). El suelo en Llancahue ha evolucionado *in situ* a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre roca metamórfica (Pino *et al.* 2021).

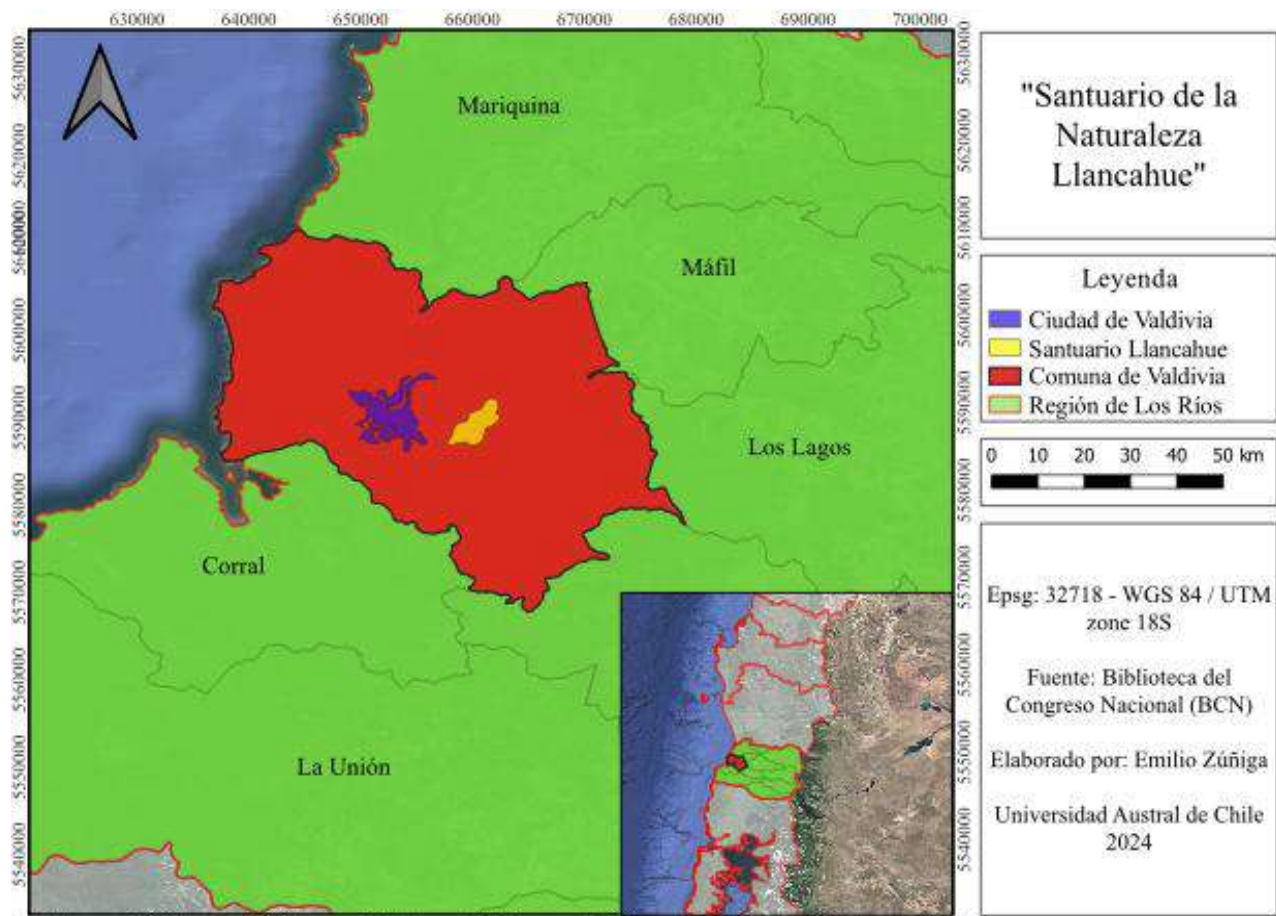


Figura 1. Representación cartográfica del Santuario de la Naturaleza Llancahue. Elaboración propia.

Este Plan de Protección de Incendios Forestales responde a la Ley N° 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, que debe proponer Áreas Protegidas con sus respectivos planes de manejo. El plan debe contener las acciones concretas para hacer efectiva la protección y conservación del área. Es entonces que, el 16 de mayo del 2022 se publica el decreto 29 y se crea el santuario de la naturaleza Llancahue por el consejo de ministros para la Sustentabilidad de forma unánime. En el plan de manejo correspondiente (Wolodarsky-Franke *et al.* 2021) se menciona que la principal y más alta amenaza que enfrenta el Santuario Llancahue son los incendios forestales, siendo la única amenaza con categoría de priorización de estrategias muy alta, por tanto, este plan de Plan de Protección de Incendios Forestales propone medidas para prevenir y mitigar posibles daños.

El santuario pertenece a la ecorregión del Bosque Lluvioso Valdiviano siendo un sitio prioritario para la conservación a nivel mundial, reconocido internacionalmente como hotspot de biodiversidad debido a su alto grado de endemismo. Destaca como uno de los últimos remanentes de bosque en las

cercanías de Valdivia. El predio Llancahue también fue declarado Bien Nacional Protegido (BNP) “Fundo Llancahue”, destinado al Ministerio de Bienes Nacionales (MBN) para la conservación del patrimonio de la biodiversidad según el Decreto Exento N° 634, en el año 2005. Así mismo, en el año 2010 Llancahue es reconocido como un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad y provisión de agua potable para la ciudad de Valdivia (Pino *et al.* 2021).

Se destaca la importancia de este santuario debido a que la cuenca hidrográfica del estero Llancahue abastece de agua potable a la ciudad de Valdivia, siendo un servicio ecosistémico relevante para el sustento de la ciudad. Adicionalmente el área es utilizada con fines educacionales y científicos tanto por la Universidad Austral de Chile como por la Seremi del Medio Ambiente de la Región de Los Ríos. También, cuenta con dos senderos elaborados por el MBN en el contexto de las "Rutas Patrimoniales". Así también, desde el punto de vista del desarrollo de la ciencia, Llancahue ha sido considerado como uno de los trece predios a nivel nacional con características para ser incluido como parte de los sitios de investigaciones socio ecológicas de largo plazo, siendo especialmente relevante ya que constituye un sitio clave con bosques templados lluviosos valdivianos en el centro-sur de Chile. Además, esta declaración de santuario forma parte del Plan Nacional de Protección de Humedales 2018 – 2022 (Decreto 29, 2022).

En el plan de manejo de Wolodarsky-Franke *et al.* (2021) se mencionan los principales objetos de conservación y objetos de bienestar humano, que destacan más la importancia de proteger este santuario de los incendios forestales. Los principales objetos de conservación son los ecosistemas dulceacuícolas, humedales y el bosque templado valdiviano, este último es equivalente al tipo forestal siempre verde (Donoso *et al.* 2018). El objeto de bienestar humano es la provisión de agua potable con su calidad de agua.

2.2 Antecedentes históricos y caracterización de la población

Según lo que muestra un mapa de 1948, en ese entonces la cuenca estaba formada por cinco predios, dos fiscales y tres privados. Respecto a los predios fiscales, estos eran de la municipalidad de Valdivia (488 ha) y del Regimiento Caupolicán (50 ha). La zona municipal ubicada en el lado suroeste es donde hoy se concentra gran proporción de los bosques nativos adultos, que se encuentran en mejor estado de conservación. A diferencia de las zonas donde hoy está cubierto por bosques secundarios,

matorrales y pastizales (parte noreste del predio), ya que en el pasado correspondían a privados que le daban usos ganaderos y agrícolas, como la empresa Collico, la cual a inicios de este siglo vende su propiedad a la forestal Arauco. De esta manera, los territorios circundantes se han reemplazado por plantaciones forestales (Donoso 2021).

Los predios privados dentro de la cuenca de Llancahue fueron adquiridos por el Fisco para formar la cuenca/predio Llancahue a mediados del siglo XX. Desde entonces, la propiedad sigue siendo fiscal y a cargo del Ministerio de Bienes Nacionales. En el año 2008, mediante una concesión gratuita, la Universidad Austral de Chile bajo la gestión del profesor Pablo Donoso H., se hace cargo de gestionar el predio con la obligación de desarrollar un proyecto que transforme a Llancahue en un parque periurbano de la ciudad de Valdivia, junto a otros objetivos de conservación y manejo de los recursos para los propietarios de la comunidad Lomas del Sol, e investigación científica. Debido al bajo apoyo que hubo por parte de la universidad el profesor Donoso junto a un comité de profesores dejaron sus funciones de gestión y administración del predio Llancahue el año 2017 (Donoso 2021), y la concesión terminó oficialmente a finales del año 2023. Hoy en día el santuario no tiene administración y el predio se encuentra en manos de bienes nacionales.

Esta cuenca fue habitada originalmente en el año 1900 por familias mapuches, quienes fueron desplazados por colonos y chilenos que querían explotar los recursos naturales de la zona, formando la comunidad Lomas del Sol en los años setenta. Esta comunidad se encuentra en el sector noreste del predio ocupando una superficie aproximada de 200 ha, sustentando su economía de los recursos naturales de la zona. Así mismo, más de la mitad de las familias de la comunidad no posee bosque nativo en sus propiedades por lo que obtienen sus ingresos familiares del predio Llancahue (Pino *et al.* 2021).

La comunidad Lomas del Sol es la más cercana a la Reserva Llancahue, la cual está compuesta principalmente por una población adulta cuyo 65% comprende edades entre los 30 y 50 años, mientras que el otro 35% es mayor a 50 años. Las personas son principalmente de sexo masculino y de origen chileno, presentándose solo una persona de etnia mapuche (Muñoz *et al.* 2006). Respecto a la escolaridad del sector, la población se caracteriza por poseer solo educación básica, con 1 de cada 10 personas con educación básica completa debido a la baja accesibilidad a la educación. Entre los factores que explican la escasa escolaridad, se considera la lejanía que hay con establecimientos educacionales, los caminos en mal estado, y la precaria situación económica de las familias, provocándose el aumento de la deserción al no poder solventar las demandas escolares (Muñoz *et al.* 2006).

Según los datos de la actualización pre censal (APC) del Censo de Población y Vivienda 2023 del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), en el área de influencia del presente estudio se registraron 388 edificaciones, las cuales incluyen tanto viviendas habitacionales como estructuras destinadas a actividades productivas diarias.

2.3 Flora y fauna

En Llancahue se identifican dos tipos principales de bosques; los bosques secundarios y el bosque adulto según lo señalado por Donoso *et al.* (2018). Los bosques secundarios comprenden distintas etapas sucesionales, incluyendo un bosque mixto de tipo forestal siempre verde en un estado temprano, originado por madereo y posiblemente incendios ocurridos a inicios de los años 30 del siglo XX, y un bosque dominado por *Nothofagus dombeyi*, que se formó tras un incendio severo ocurrido alrededor de 1914 (González *et al.* 2015). Por otro lado, el bosque adulto se encuentra en un estado sucesional avanzado, caracterizándose por su estructura multietánea y una alta diversidad vertical. Además de gran cantidad de material en descomposición, lo cual aporta al almacenamiento de carbono, a la regulación hídrica, y a la regulación del ciclo de nutrientes, funcionando así también como hábitat de diversas especies de fauna nativa (Pino *et al.* 2021).

Del total de bosques presentes el 64% corresponde a bosques adultos y el 36% restante a bosques secundarios. Entre las especies arbóreas más comunes se encuentran la tepa (*Laureliopsis philippiana*), el coigüe (*Nothofagus dombeyi*), el olivillo (*Aextoxicon punctatum*), el avellano (*Gevuina avellana*) y el mañío hembra (*Saxegothea conspicua*), entre otras (Ponce & Donoso 2021). Los matorrales cubren el 9% del área, donde se identifican mirtáceas como luma, patagua y arrayán (*Amomyrtus luma*, *Crinodendron patagua* y *Luma apiculata*, respectivamente), además de la presencia de epífitas y enredaderas como el copihue (*Lapageria rosea*) y el voqui (*Boquila trifoliolata*). El restante 1 % del uso de suelo de la superficie lo ocupan las praderas (Ponce & Donoso 2021).

En cuanto a la fauna, se han identificado 37 especies, de las cuales 26 han sido censadas y 11 avistadas, incluyendo especies como el Traro (*Caracara plancus*), Chuncho (*Glaucidium nana*), Concón (*Strix rufipes*), Carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), Hued-hued (*Pteroptochos tarnii*), Chucao (*Scelorchilus rubecula*) (Muñoz *et al.* 2006). Respecto a los mamíferos, se ha observado claramente al perro (*Canis lupus familiaris*) y se han encontrado huellas de puma (*Puma concolor*). También se han

detectado huellas, excrementos y avistamientos de zorro chilla (*Lycalopex griseus*), pudú (*Pudu puda*) (Muñoz *et al.* 2006).

2.4 Valor social

Los servicios ecosistémicos que brinda la Reserva Llancahue son relevantes, tanto para la comunidad aledaña como para la ciudad de Valdivia, pues, es la principal cuenca abastecedora de agua potable, lo cual se realiza a través de la infraestructura del sistema de captación de aguas a cargo de la empresa Aguas Décimas (Muñoz *et al.* 2006). Además, el sustento y bienestar de la comunidad Lomas del Sol, estos dependen en gran medida de los servicios ecosistémicos de Llancahue, puesto que, históricamente se han beneficiado del abastecimiento de agua, madera para carbón, para la construcción de viviendas, espacio para pequeños cultivos agrícolas y para el pastoreo del ganado (Pino *et al.* 2021).

El servicio ecosistémico de abastecimiento, en este caso de agua, se destaca como uno de los motivos principales por el cual proteger al Santuario Llancahue de los incendios forestales (Donoso 2021), junto al valor de conservación de los bosques nativos (Donoso *et al.* 2014).

Por lo tanto, es fundamental reconocer la importancia del agua tanto para los seres humanos como para la vida en general. La Ley 21.435, que reforma el Código de Aguas, establece que el acceso al agua potable y al saneamiento es un derecho humano esencial e irrenunciable, el cual debe ser garantizado por el Estado. Este es un avance significativo desde la perspectiva del ODS 6 y la sostenibilidad del recurso según las Naciones Unidas. Además, el derecho al agua está sólidamente reconocido en el ámbito de los derechos humanos, dentro del sistema de protección de derechos. Este derecho se define como el derecho de todas las personas a disponer de agua suficiente, salubre y accesible para el uso personal y doméstico (Morales, 2022).

El agua potable se refiere al agua destinada al consumo humano, que es distribuida a través de redes de abastecimiento luego de su recolección, tratamiento y almacenamiento. Debe cumplir con una serie de características fisicoquímicas, cuantitativas y microbiológicas que se establecen como "normas de potabilidad" (Aguiar, 2018).

La biodiversidad es importante para el bienestar humano, debido a la relación directa entre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios que brindan. Servicios que los seres

humanos aprovechamos, tales como; la ganadería y agricultura, el turismo, la producción de agua, la captura y retención de carbono, además de la nutrición de los suelos, entre otros. Por esto, su pérdida reducirá la provisión de estos servicios y por este motivo es de suma importancia proteger de los incendios forestales al Santuario Llancahue (Pino *et al.* 2021).

En nuestro país, los incendios son causados principalmente por actividades humanas, ya sea de manera accidental o deliberada e intencional. De hecho, la ocurrencia de incendios está directamente relacionada con la proximidad y ubicación de centros urbanos e infraestructuras como caminos, líneas férreas y áreas recreacionales. Las zonas de interfaz urbano-rural son especialmente importantes, ya que aumentan significativamente el riesgo de incendios (González *et al.* 2020). Se entiende por infraestructura crítica a todas las instalaciones, edificaciones, redes y bienes cuya interrupción o destrucción tendría un impacto significativo en la salud, la seguridad o el bienestar económico de la población, así como en el funcionamiento eficiente de las instituciones estatales. Ejemplos incluyen plantas de tratamiento y distribución de agua potable centrales, hospitales, escuelas, infraestructura de telecomunicaciones y líneas de transmisión eléctrica, entre otros (CONAF, 2022).

2.5 Recopilación de antecedentes específicos

El personal técnico del DEPRIF (CONAF) de la región de Los Ríos analizó el área de estudio y recopiló la información relacionada con los incendios forestales ocurridos en los últimos cinco años (SIDCO, CONAF, 2024). A partir de este análisis, se definieron las variables a utilizar en el estudio y se establecieron las actividades prioritarias para la protección contra incendios forestales en el Santuario Llancahue. Estas actividades serán detalladas en una carta Gantt, que mostrará los períodos de ejecución de las acciones de prevención y mitigación en las áreas identificadas. Además, se determinaron las entidades competentes que serán encuestadas utilizando la metodología DELPHI. Asimismo, se proporcionó el mapa de amenaza y riesgo a nivel nacional de incendios forestales (Tapia *et al.* 2024), el cual será analizado en el área de influencia del Santuario Llancahue, y será comparado con los resultados de esta investigación.

2.6 Variables que determinan las prioridades de protección.

La técnica que ha dado mejores resultados en Chile para minimizar la ocurrencia y daño de los incendios forestales es la conocida como determinación de prioridades de protección, método desarrollado por Julio en 1973 que permite evaluar la distribución espacial de los problemas ocasionados por la ocurrencia y propagación de los incendios forestales, basándose en los análisis de riesgo, peligro y daño potencial (Julio 2011). Estos análisis se realizan en un área de influencia de 2 km de radio alrededor del límite del Santuario Llancahue.

El área de estudio se determinó en función de la alerta roja emitida tras el análisis técnico realizado por CONAF, el cual identifica zonas con alta probabilidad de generación y/o propagación de incendios forestales, considerando factores como pronósticos meteorológicos, condiciones de riesgo, estado del combustible vegetal y/o el aumento del tránsito de personas debido a eventos masivos. Estas alertas son fundamentales para activar los planes de emergencia y los protocolos de respuesta correspondientes. La alerta roja puede ser declarada en caso de incendios dentro de Áreas Protegidas o a menos de 2.000 metros de distancia, lo que requiere la movilización de todos los recursos disponibles para el control y atención del incidente (SENAPRED & CONAF, 2024).

- Análisis de Riesgo Potencial: Este análisis determina los factores que participan en la probabilidad de ocurrencia y posee dos componentes principales: La ocurrencia histórica, donde se consideran los incendios del último tiempo; y la ocurrencia potencial, la cual, se refiere a incendios que se originarán con mayor probabilidad por causa de la cercanía con caminos públicos, operaciones forestales, cercanía de viviendas rurales y de ciudades y la presencia de tendido eléctrico.
- Análisis de Peligro Potencial: Este análisis se enfoca en la magnitud esperada a causa de las condiciones ambientales que hacen susceptible de ignición e inflamabilidad a la vegetación, frente a la propagación de focos de fuego. Siendo necesario conocer el tipo de vegetación que existe en la zona, la accesibilidad, su velocidad de propagación y resistencia al control. Además de la pendiente presente en el terreno y la exposición solar.

- **Análisis de Daño Potencial:** Este análisis estima el daño potencial a los recursos bajo protección que pueden ser afectados por el fuego. En estos se distinguen dos tipos: Daño comercial, donde se agrupan los bienes tangibles e infraestructuras críticas; y el daño social, el cual agrupa bienes y servicios intangibles ya que proveen recursos como los servicios ecosistémicos, valores culturales, y otros.

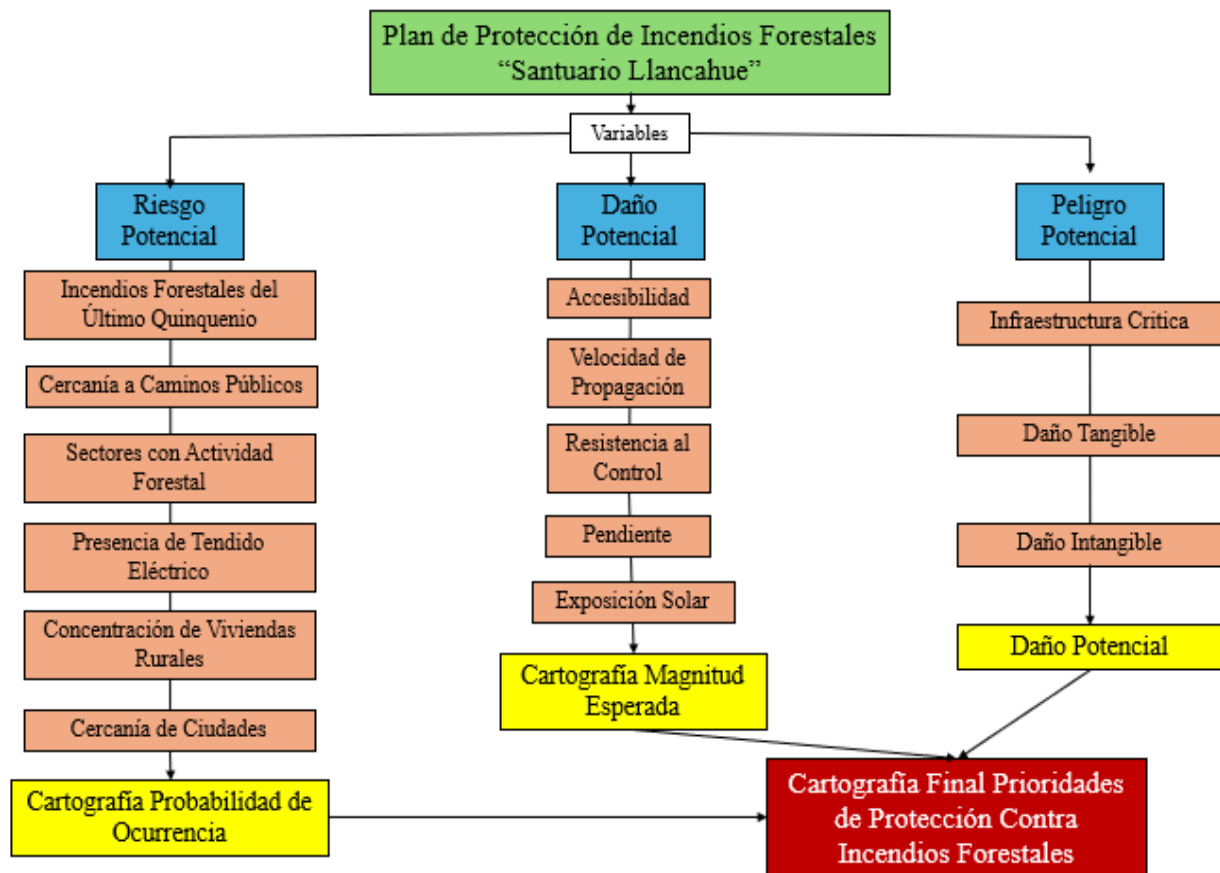


Figura 2. Variables que componen las cartografías del objeto de estudio. Elaboración propia basado en Julio 2011.

2.7 Metodología DELPHI y método de los séptimos

Para definir las variables a considerar en la determinación de áreas y actividades prioritarias de prevención de incendios forestales, fue esencial la compilación de información. Para esto se realizaron variadas reuniones, procesamiento de datos y elaboración de cartografías con el personal técnico del DEPRIF de CONAF de la comuna de Valdivia. Las variables utilizadas en el plan de protección (figura 2), fueron procesadas en conjunto con los profesionales del DEPRIF de CONAF 2024, en formato

vectorial shp. y en formato ráster. Se aplicó el método de los séptimos y asignaron los puntajes normalizados de la encuesta de expertos mediante el método Delphi.

Este método de los séptimos facilita la interpretación del archivo ráster final, ya que se establecen rangos para los puntajes por píxel, clasificando el mapa en tres categorías delimitadas, alta, mediana o baja, según su prioridad de protección. De esta forma se determinan las áreas prioritarias de protección contra incendios forestales, debido a que muestra de forma simplificada las zonas donde hay mayor probabilidad de inicio de un incendio forestal, donde sería más conflictivo y donde causaría más daño (Julio 2011).

Se realizaron 5 encuestas a 5 entidades con competencias relacionadas al caso de estudio con sus integrantes respectivos. La primera entidad fue Conaf, DEPRIF, expertos en manejo del fuego. La segunda entidad fue la universidad Austral de Chile con el profesor Pablo Donoso, experto forestal y conocedor de la zona Llancahue. La tercera entidad fue la Comunidad Lomas del Sol (anexo 3), donde participaron 7 vecinos que habitan a las cercanías del Santuario de entre 50 a 78 años, personas que han nacido y crecido en el sector y en los bosques presentes. La cuarta entidad fue el departamento de gestión de riesgo y desastre de la Municipalidad de Valdivia (anexo 4), donde participo personal técnico del área. Y la quinta entidad encuestada fue personal profesional de SENAPRED (anexo 5).

Tras la aplicación de la encuesta a los expertos, se obtuvieron los puntajes normalizados (cuadro 1) asignados a cada variable descrita en las cartografías de Riesgo, Peligro y Daño Potencial de Incendios Forestales. Posteriormente, se sumaron los puntajes normalizados de todas las variables que afectaban la superficie de estudio, asignando a cada celdilla un puntaje final acumulado. Este valor total por celdilla permitió identificar las áreas con diferentes niveles de prioridad para su protección.

Cuadro 1. Encuesta a expertos competentes a través del método Delphi. Donde E_x ; E : Experto, x : número de experto (DEPRIF 2024).

Variables	Panel de expertos					Promedio
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	
Incendios forestales del último quinquenio	2	0	2	1	2	1.4
Cercanía a caminos públicos	4	10	6	5	5	6
Sectores con actividad forestal	5	20	6	8	6	9
Presencia de tendido eléctrico	3	5	6	5	5	4.8
Concentración de viviendas rurales	10	5	10	10	10	9
Cercanía de ciudades	4	2	5	3	3	3.4
Accesibilidad	10	10	10	10	8	9.6
Velocidad de propagación	3	3	4	4	2	3.2
Pendiente del terreno	3	0	5	6	4	3.6
Exposición a la radiación solar	2	0	2	3	3	2
Resistencia al control	5	5	4	4	5	4.6
Infraestructura crítica	14	0	10	8	12	8.8
Daño tangible	5	0	5	5	8	4.6
Daño intangible	30	40	25	28	27	30
TOTAL	100	100	100	100	100	100

2.8 Metodología de conversión de variables vectoriales a ráster

La CONAF, a través del departamento DEPRIF, proporcionó un conjunto detallado de datos que incluyó variables tanto recopiladas como generadas internamente. Este repositorio fue fundamental para la creación de las cartografías necesarias. Para su elaboración, se utilizaron herramientas avanzadas de análisis geoespacial como QGIS 3.28 (QGIS Development Team, 2023), Google Earth Pro-versión 7.3.6.9796 (64-bit), ArcGis versión 10.8 y Microsoft Excel versión 2043 de Microsoft 365.

Con las variables consideradas en el proceso cartográfico, se identificaron áreas críticas. Estas variables fueron rasterizadas y ponderadas para generar cartografías detalladas que representan la probabilidad de ocurrencia, la magnitud esperada y el daño potencial en la comuna. Posteriormente, se combinaron estas cartografías con las variables rasterizadas y los puntajes normalizados (cuadro 1), resultando en las cartografías de Prioridades de protección para el Santuario Llancahue.

2.9 Análisis de amenaza y riesgo

El análisis de riesgo estandarizado para incendios forestales es esencial en un contexto donde la frecuencia, el daño y la simultaneidad de estos eventos han aumentado notablemente. Este incremento se debe, en gran parte, a la expansión del área de interfaz urbano-forestal, que ha llevado a un mayor número de personas expuestas a estos peligros. Identificar áreas críticas es fundamental para gestionar la protección contra incendios, lo que permite priorizar recursos y diseñar estrategias efectivas de prevención y control adaptadas a las características específicas de cada territorio. Además, la estandarización del análisis facilita un enfoque común que mejora la colaboración entre regiones, optimizando la planificación y coordinación de las actividades de mitigación y respuesta. Esto incluye acciones unificadas para combatir incendios que afectan múltiples regiones (Tapia *et al.* 2024).

Para calcular el riesgo, es necesario definir y ponderar diversas variables que tienen representación espacial en el área de estudio y que están asociadas tanto a la amenaza como a la vulnerabilidad. En este análisis, las variables se clasifican en categorías cuantitativas y cualitativas, derivadas directamente de la amenaza o vulnerabilidad, con el objetivo de organizarlas. Este proceso de asignación de ponderaciones se lleva a cabo en conjunto con diferentes actores distribuidos a lo largo del país utilizando la metodología DELPHI, lo que contribuye a una evaluación más integral y precisa del riesgo de incendios forestales. Se han considerado variables organizadas en tres categorías principales: antrópica, estadística y estructural. La categoría antrópica incluye subvariables como la interfaz urbano-forestal-rural, así como la red vial y ferroviaria, y la red de energía. Por otro lado, la categoría estadística abarca subvariables como la frecuencia y la causalidad. Finalmente, la categoría estructural contempla subvariables que incluyen el tipo de combustible, las condiciones climáticas históricas y las características del terreno (Tapia *et al.* 2024).

3. RESULTADOS

3.1 Variables del plan de protección contra incendios forestales

En este estudio se recopilaron 14 variables, divididas en 3 grupos: Riesgo, Peligro y Daño Potencial. Estas variables resultaron en 3 cartografías: Probabilidad de Ocurrencia, Magnitud Esperada y Daño Potencial, para así trabajarlas en conjunto y crear la cartografía que determina las Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales (figura 2).

3.1.1 Variables de riesgo de incendios forestales

- i) Incendios forestales del último quinquenio: Representó el registro de ocurrencia y afectación de incendios forestales en las cercanías del Santuario Llancahue durante las últimas cinco temporadas estivales.
- ii) Cercanía a caminos públicos: Esta variable representó la distancia relativa a la red de caminos públicos principales, caminos secundarios y senderos al interior del Santuario. Los caminos pueden actuar como líneas de defensa naturales, pero también la cantidad de tránsito y acciones humanas aumentan la probabilidad de incendios forestales.
- iii) Sectores con actividad forestal: Estos sectores representaron las distintas partes de la superficie del área de influencia destinadas a actividades económicas propias del rubro forestal que se relacionan directamente con la probabilidad de incendios forestales.
- iv) Presencia de tendido eléctrico: Esta variable representó la influencia potencial de cortes o fallas en los tramos de transmisión eléctrica de baja y alta tensión que aumentan la probabilidad de incendios forestales.
- v) Concentración de viviendas rurales: Las actividades humanas realizadas en las viviendas rurales es un factor importante en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales.

- vi) Cercanía a la ciudad: Es la distancia relativa a las áreas urbanas al Santuario. La cercanía a las ciudades fue un elemento para evaluar el riesgo de incendios forestales dado las actividades humanas que se realizan en estas zonas de interfaz.

3.1.2 Variables daño potencial de incendios forestales

- i) Infraestructura Crítica: Incluyó elementos esenciales para el funcionamiento diario de la ciudad de Valdivia y las personas que habitan el área de estudio, como la planta de tratamiento de agua, las antenas de comunicación del Cerro Buenaventura y las líneas de tendido eléctrico ya sea de baja o alta tensión. La identificación y mapeo de estas infraestructuras permitieron priorizar áreas de intervención y el establecimiento de medidas específicas de prevención y respuesta. Por ejemplo, la protección de la planta de tratamiento de aguas de aguas décima permitiría la continuidad del abastecimiento de agua. Por tanto, la asignación de recursos y la implementación de barreras físicas o cortafuegos son importantes en estas zonas.
- ii) Daño Tangible: Este tipo de daño contempló los bienes o valores con un valor conocido en el mercado, que podrían ser afectados por la propagación del fuego durante incendios forestales. En este estudio las casas rurales y la infraestructura crítica representan esta variable.
- iii) Daño Intangible: Se consideró el valor subjetivo de bienes y activos que no tienen un precio de transacción comercial, pero que podrían verse amenazados por la propagación del fuego. Aunque estos elementos no poseen un valor económico directo, los daños intangibles son fundamentales para la cohesión social y cultural de la comunidad. Esto abarca la pérdida de patrimonio cultural, biodiversidad, paisajes naturales y servicios ecosistémicos, los cuales pueden afectar de manera significativa la identidad y el bienestar de los habitantes.

3.1.3 Variables peligro de incendios forestales

- i) Velocidad de Propagación: Resultó fundamental determinar la velocidad a la que un incendio puede propagarse, ya que esto impacta directamente en la estrategia de respuesta y la

asignación de recursos. Una velocidad de propagación alta reduce significativamente el tiempo disponible para realizar evacuaciones y aplicar medidas de contención. Además, conocer la velocidad de propagación permite evaluar la necesidad de un monitoreo continuo y el establecimiento de alertas tempranas para la comunidad, lo que es esencial para una respuesta efectiva ante emergencias (anexo 2).

- ii) Resistencia al Control: Resultó crucial identificar las áreas que ofrecen una alta resistencia al control, ya que estas necesitan una mayor cantidad de recursos y personal para una respuesta efectiva. Esta variable permitió definir los puntos de mayor impacto para las líneas de control, optimizando así la estrategia de combate (anexo 2).
- iii) Accesibilidad: Esta variable fue clave para evaluar la magnitud potencial de los incendios, ya que las áreas de difícil acceso pueden retrasar la llegada de los equipos de emergencia y complicar la implementación de medidas de control. Esta variable permitió identificar áreas de alto peligro en función de la accesibilidad, destacando los puntos de entrada al Santuario Llancahue que podrían ser problemáticos en caso de emergencia.
- iv) Pendiente del Terreno: La pendiente tiene un impacto exponencial en el comportamiento del fuego, especialmente en lo que respecta a la velocidad de propagación. Por lo tanto, es fundamental considerarla al evaluar la magnitud potencial de un incendio forestal.
- v) Exposición Solar: Las laderas orientadas al norte reciben más radiación solar, lo que provoca un mayor secado del suelo y la vegetación, resultando en combustibles más secos e incendios de mayor magnitud en estas zonas.

3.2 Análisis de variables y cartografías

Las variables correspondientes a la zona de estudio (cuadro 1) están representadas y resumidas en las cartografías siguientes.

3.2.1 Análisis de Probabilidad de Ocurrencia

En las últimas cinco temporadas estivales (2019-2020 hasta la temporada 2023-2024) ocurrieron un total de 4 incendios forestales con una superficie total de 4,57 ha en el área de influencia determinada para el Santuario de la Naturaleza Llancahue (cuadro 2).

Cuadro 2. Ocurrencia histórica de incendios forestales (Elaborado a partir de SIDCO 2024).

Temporada	Incendios Forestales (N°)	Superficie afectada (ha)
2019 – 2020	0	0
2020 – 2021	1	0,05
2021 – 2022	2	0,52
2022 – 2023	1	4,2
2023 – 2024	0	0
Σ	4	4,57

Como resumen de la ocurrencia de incendios forestales del último quinquenio, la temporada 2021-2022 fue la que tuvo mayor cantidad de incendios forestales en el área de influencia determinada. Así mismo, la temporada 2022-2023 fue la que tuvo más superficie afectada. Esta información forma parte de la variable de la probabilidad de ocurrencia (Julio 2011).

Las seis variables empleadas y sus puntajes de la encuesta DELPHI, estuvieron estrechamente relacionadas con esta distribución, superponiéndose de tal manera que la acumulación del riesgo impactó directamente en la zona analizada.

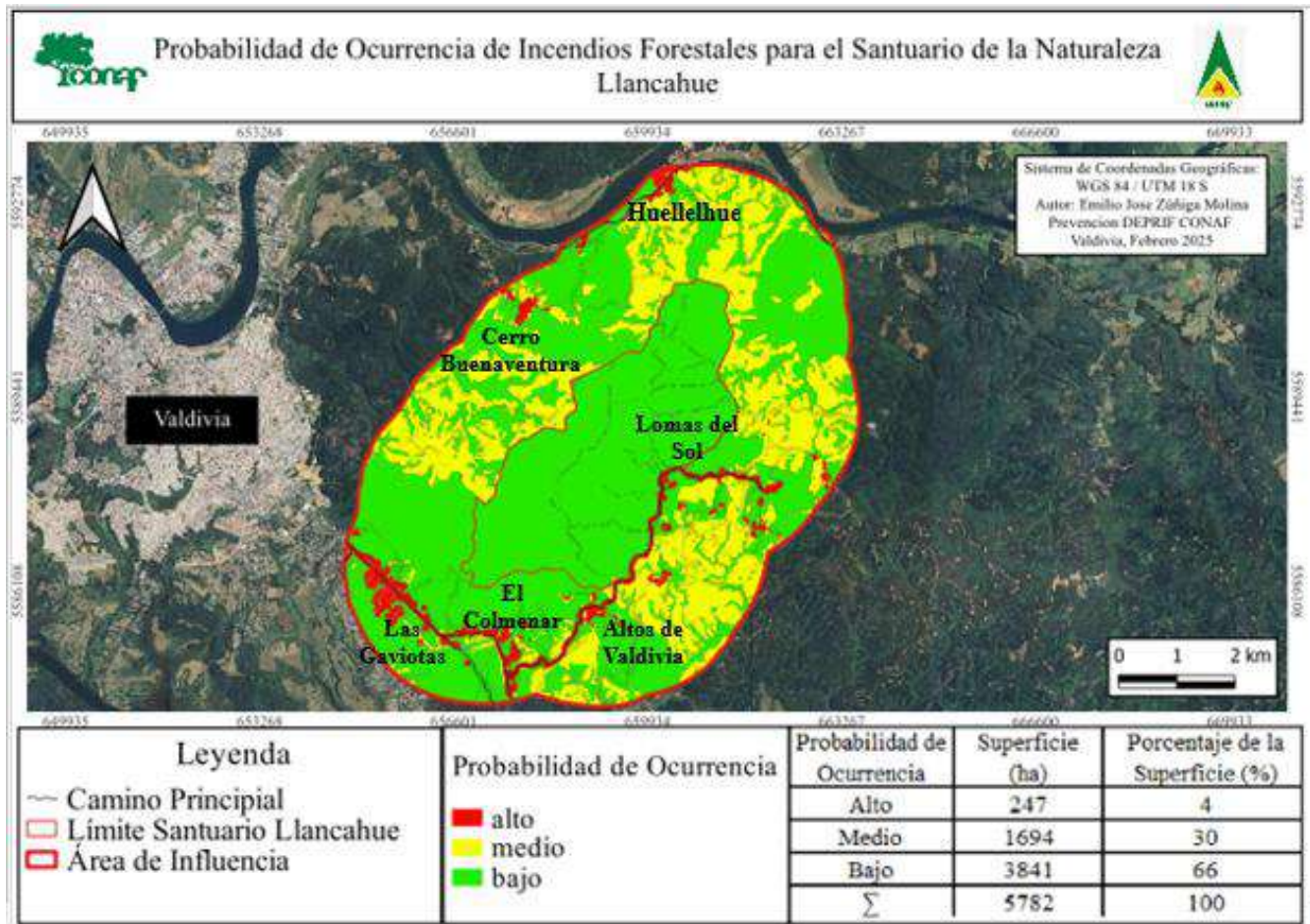


Figura 3. Cartografía de Probabilidad de Ocurrencia de incendios forestales en Santuario de la Naturaleza Llancahue.

Esta cartografía (figura 3) representa la probabilidad de que ocurra un incendio forestal en el área de influencia determinada. Existen 247 hectáreas, equivalentes al 4% de la superficie total sujeta a alta probabilidad de ocurrencia. En valor medio hay 1964 hectáreas, correspondientes al 30% de la superficie y, para baja probabilidad de ocurrencia hay 3841 hectáreas que corresponden al 66% de la superficie total.

Las variables vectoriales que tuvieron mayor relevancia asignando valores altos de probabilidad de ocurrencia fueron las de concentración de viviendas rurales y cercanía a caminos públicos. Respecto

a las viviendas rurales se destacan las concentraciones de viviendas del sector Las Gaviotas y El Colmenar, junto con Altos de Valdivia y Lomas del Sol, el Cerro Buenaventura y Huellelhue. Respecto a la cercanía a caminos públicos se menciona como relevante en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales la ruta principal 206 que conecta con la ciudad de Valdivia y la ruta T-503 que sube hacia el Santuario por el borde y conecta con Lomas del Sol. La variable de sectores con actividad forestal posee una relevancia media al momento de configurar las probabilidades de ocurrencia. Las demás variables tuvieron una relevancia menor en la cartografía (figura 2).

3.2.2 Análisis de Daño Potencial de Incendios en el Plan de Protección

El mapa de Daño potencial (figura 4), estuvo compuesto por la integración de las variables de peligro potencial, compuesto a su vez por las subvariables; daño tangible, daño intangible e infraestructura crítica, donde entró en juego el valor socioeconómico y valor ecológico.

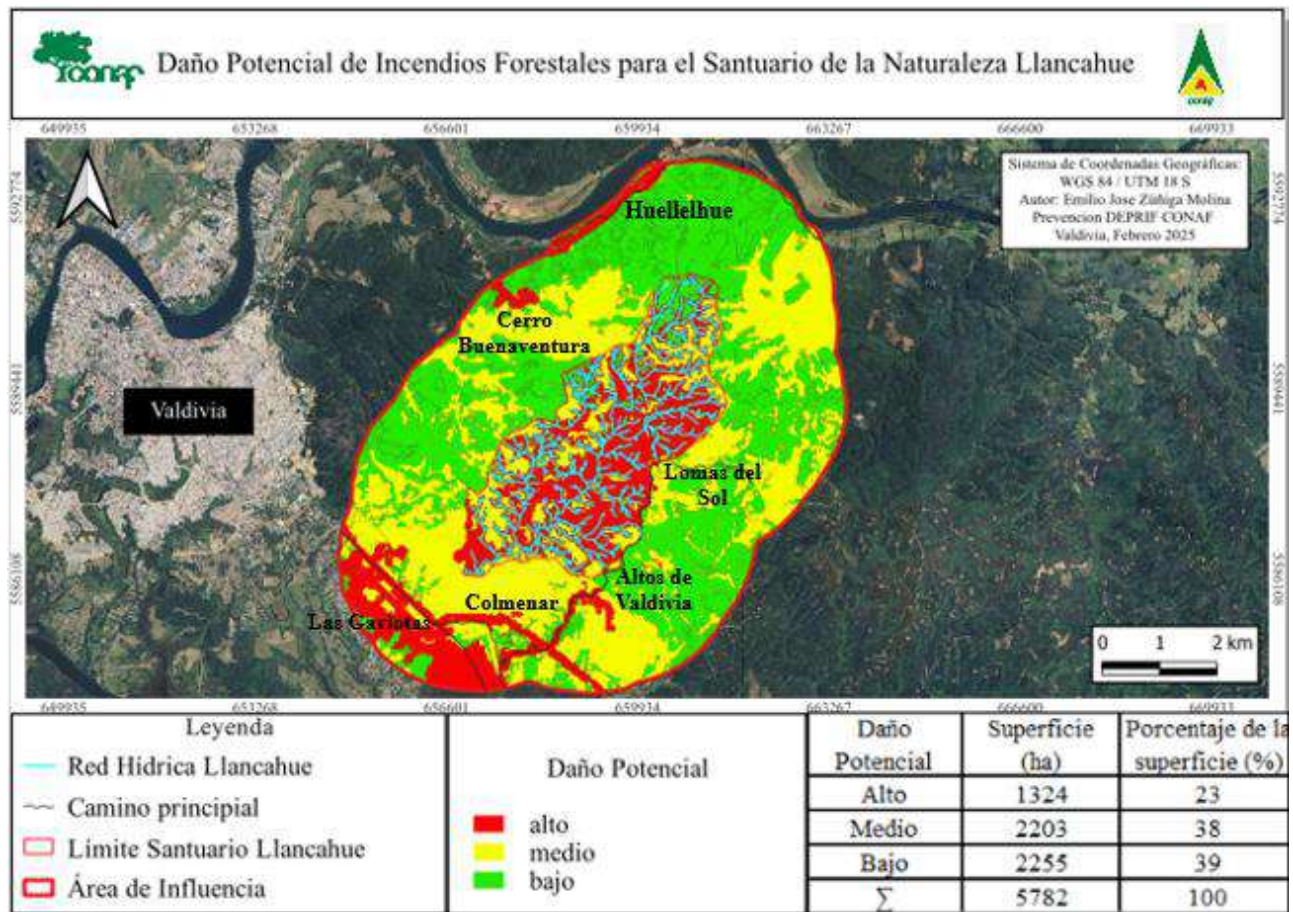


Figura 4. Cartografía de Daño Potencial de incendios forestales en Santuario de la Naturaleza Llancahue.

En esta cartografía se aprecia que 1324 hectáreas equivalente a un 23% de la superficie del área de influencia se encuentran en un nivel alto de daño potencial, referente a las variables de infraestructura crítica y daño intangible. En valor medio se muestra que hay 2203 hectáreas equivalente a 38% de la superficie correspondiente a bosque nativo presente en área de influencia. Finalmente, en valor bajo hay 2255 hectáreas equivalente a un 39% del total del área de estudio, que se encuentra principalmente ocupado por plantaciones forestales.

3.2.3 Análisis de Magnitud Esperada de Incendios en el Plan de Protección

La magnitud esperada de incendios forestales fue el resultado de la combinación de variables específicas, integradas por la velocidad de propagación, resistencia al control y accesibilidad. Estas variables influenciaron la magnitud de los incendios forestales en la zona de estudio.

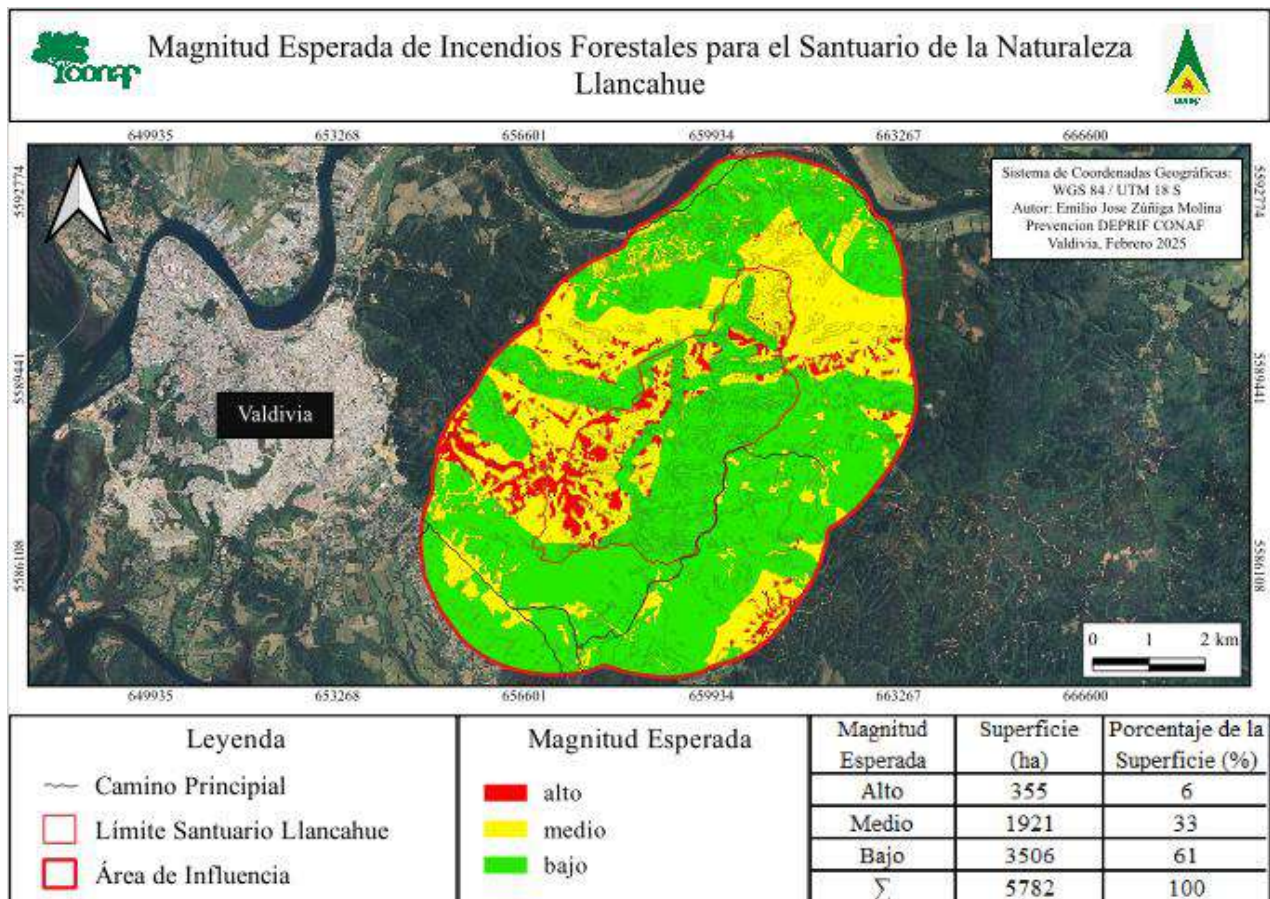


Figura 5. Cartografía de Magnitud Esperada de incendios forestales en Santuario de la Naturaleza Llancahue.

El análisis de magnitud esperada de incendios forestales en el área de influencia del Santuario Llancahue (figura 5), indica que 355 hectáreas, equivalentes al 6% de la superficie presentan un valor alto. Mientras que 1921 hectáreas, correspondientes al 33% de la superficie, se encuentran en categoría media de magnitud esperada de incendios forestales, y las 3506 hectáreas restantes, equivalentes al 61% de la superficie se encuentran en categoría baja de magnitud. En esta cartografía la variable que fue más importante fue la accesibilidad a los lugares, seguido de la resistencia al control, la pendiente y velocidad de propagación.

3.2.4 Análisis de Prioridades de Protección contra Incendios Forestales

Basado del método de determinación de prioridades de protección contra incendios forestales (Julio 2011), se muestra la distribución de áreas clasificadas según su nivel de prioridad de protección, lugares en donde se debería enfocar el trabajo preventivo ante incendios forestales (figura 6).

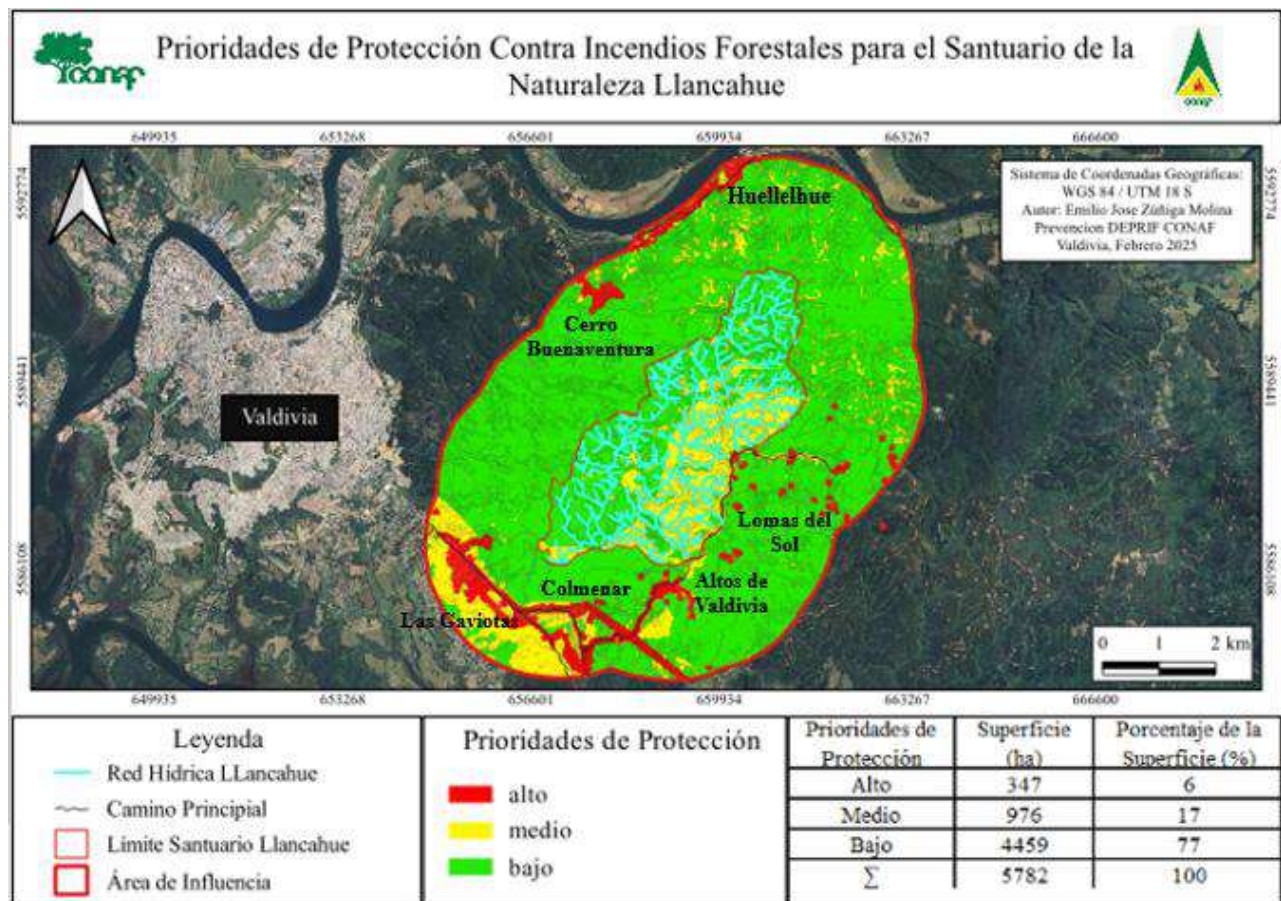


Figura 6. Cartografía de Prioridades de Protección Contra incendios forestales en Santuario de la Naturaleza Llancahue.

El Santuario Llancahue cuenta con 347 hectáreas de alta prioridad de protección, equivalentes al 6% de su superficie. Asimismo, 976 hectáreas fueron clasificadas con prioridad media, representando el 17% del área de influencia, mientras que las 4459 hectáreas restantes, equivalentes al 77% del total, correspondían a baja prioridad de protección. Las áreas en alta prioridad de protección contra incendios forestales en el Santuario Llancahue se distribuyeron marcando una fuerte concentración en torno a las viviendas rurales e infraestructura crítica.

3.3 Análisis de Riesgo y Amenaza de Incendios Forestales

Esta evaluación territorial estandarizada se llevó a cabo con el objetivo de optimizar la planificación estratégica de medidas destinadas a prevenir y mitigar incendios forestales en distintos niveles: nacional, regional, comunal y local. En este caso local del Santuario Llancahue (figura 7).

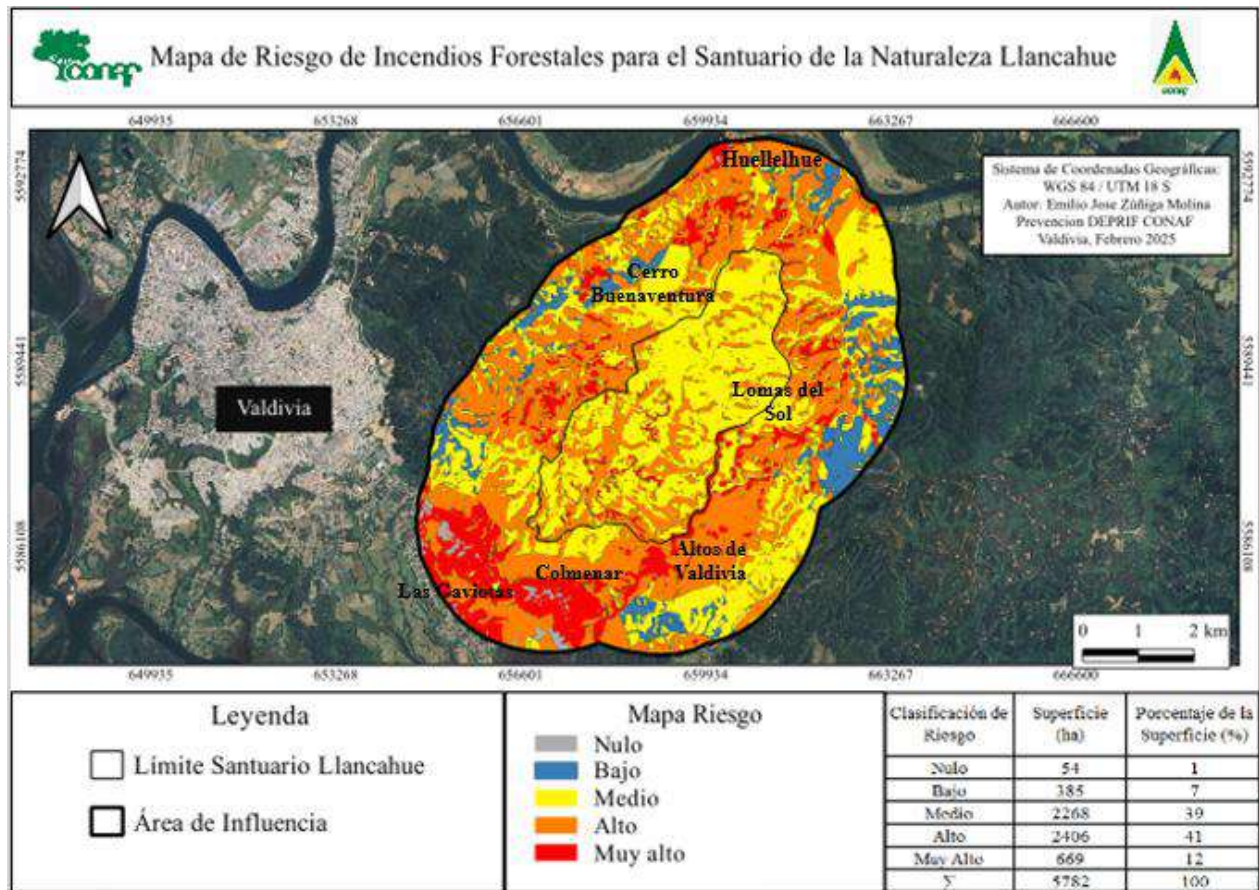


Figura 7. Cartografía de Riesgo de Incendios Forestales en Santuario de la Naturaleza Llancahue. (Elabora en base Tapia *et al.* 2024).

Se identificó una superficie total de 5,782 hectáreas, distribuidas según el nivel de riesgo. El riesgo bajo, que abarca 385 hectáreas (7%), está representado en color azul y se ubica en áreas con bosques nativos y matorrales. El riesgo medio, correspondiente a 2,268 hectáreas (39%), se muestra en color amarillo e incluye bosques nativos y gran parte del Santuario. En cuanto al riesgo alto, que abarca 2,406 hectáreas (41%), está señalado en color naranja y se encuentra principalmente en áreas forestales adyacentes a viviendas rurales. Por último, el riesgo muy alto comprende 669 hectáreas (12%), está destacado en color rojo y se localiza en zonas con alta concentración de viviendas rurales. Además, un 1% de la superficie, equivalente a 54 hectáreas, presenta riesgo nulo, representado en color gris, correspondiente a pequeñas extensiones de praderas.

3.4 Actividades de Prevención y Mitigación

La prevención de incendios forestales abarca todas aquellas medidas y acciones dirigidas a impedir la ocurrencia de estos eventos, mientras que la mitigación se enfoca en la implementación de estrategias con el objetivo de minimizar sus posibles impactos sobre las personas, los bienes y el medio ambiente (CONAF, 2021).

3.4.1 Actividades de Prevención

Se proponen actividades de prevención de incendios forestales partiendo con campañas de concientización y educación comunitaria, enfocadas en la difusión de mensajes preventivos en los lugares de mayor concentración de la población rural. Además, se continuará con el Programa de Comunidades Preparadas en Lomas del Sol, cuyo objetivo es fortalecer la resiliencia en zonas de alto riesgo mediante educación y estrategias de autoprotección. Este programa se centra en mejorar las características de las viviendas, su entorno inmediato, las acciones a tomar en caso de emergencia y la preparación de una respuesta comunitaria efectiva ante la amenaza de incendios forestales (CONAF, 2022).

Asimismo, se realizará una inducción en silvicultura preventiva para pequeños y medianos propietarios forestales en sectores de viviendas rurales concentradas. Esta iniciativa busca capacitar a los

propietarios sobre prácticas esenciales como la limpieza de terrenos y el manejo de vegetación, con el fin de reducir significativamente el riesgo de incendios forestales.

Se fortalecerá la coordinación interinstitucional mediante el trabajo conjunto y capacitaciones en fiscalización con actores claves de Valdivia como la Municipalidad, Bomberos, Carabineros, Protección Ciudadana y Unidades de Emergencia para fortalecer la capacidad de respuesta ante emergencias. También se harán capacitación docente en educación ambiental y prevención de incendios forestales con la Universidad Austral de Chile, especialmente con la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos naturales.

3.4.2 Actividades de mitigación ante incendios forestales

Se prohíbe el uso del fuego en un radio de 2 km del Área silvestre protegida Santuario de la Naturaleza Llancahue, por lo que se propondrá a las familias rurales que incorporen nuevas actividades económicas respecto de las actividades actuales, respetando sus decisiones y tradiciones. De esta forma, DEPRIF/CONAF, Región de Los Ríos se encuentra impedido de dar avisos de quema en el área de estudio.

Para reducir la acumulación de material combustible en el territorio, se implementarán medidas de manejo del paisaje, como la promoción de la silvicultura preventiva y la ejecución de obras de eliminación de combustible vegetal en zonas críticas, como los objetos de conservación, camino principal, viviendas rurales e infraestructura crítica.

Como medidas de mitigación los predios forestales deberán tomar medidas correspondientes como (CONAF, 2022):

- a. Faja Cortafuego (FC): Faja de terreno de ancho determinado de acuerdo a la altura de la vegetación circundante, que detiene o dificulta la propagación de un incendio forestal por carecer de vegetación combustible o porque ésta no está en condiciones de arder.
- b. Faja libre de vegetación (FLV): Faja de terreno de ancho determinado, adyacente a un rodal (en este caso plantación), donde se elimina totalmente la vegetación arbórea y arbustiva existente, manejando la cubierta herbácea para atenuar los procesos erosivos.
- c. Faja Corta combustible (FCC): Faja de amortiguación de ancho determinado, donde se reduce la continuidad horizontal y vertical de la vegetación, mediante la ejecución de raleos y podas,

manejando la cubierta herbácea y arbustiva para atenuar los procesos erosivos, cuyo propósito es reducir la carga combustible para retardar la propagación del fuego.

Para las plantaciones cuyos bordes entran en el radio de protección de 60 m de una vivienda rural se establece una FLV de ancho mínimo 30 metros en forma radial y FCC Ancho mínimo 30 metros. Para aquellos sectores fuera de los límites del predio, si bien no existe obligación para la implementación de las FLV y FCC, se recomienda al propietario/a realizar las gestiones con el propietario/a o administrador del predio vecino para la implementación de las fajas por parte de éste.

En caso de las plantaciones forestales cuyos bordes colindan con caminos públicos principales se establece una FLV de ancho mínimo 10 m y FCC de ancho mínimo 15 metros. Para el caso de tendido eléctrico se establece una FCC ancho mínimo 40 m (CONAF, 2022).

También se debería establecer patrullajes preventivos por los caminos principales coincidentes con la concentración de viviendas rurales, tanto para las brigadas de CONAF como para otras instituciones. Esto será acompañado investigación para la determinación de causa de incendios forestales con fines estadísticos.

3.5 Carta Gantt del Plan de Protección

Con base en los resultados obtenidos y las actividades de prevención y mitigación de incendios forestales en las áreas determinadas, se elaboró una carta Gantt (Anexo 1, cuadro 3) que establece el cronograma de actividades para la prevención de incendios forestales en el Santuario de la Naturaleza Llancahue. Esta planificación incluye un cuadro que detalla las diversas actividades programadas, las cuales están bajo la responsabilidad del Departamento de Protección contra Incendios Forestales de la Corporación Nacional Forestal de Los Ríos.

4. DISCUSIÓN

El aumento de los incendios forestales está impulsado principalmente por el cambio climático y las actividades humanas cercanas a los bosques. Las olas de calor, cada vez más frecuentes, resecan el paisaje, creando condiciones propicias para incendios mayores. Además, estos incendios liberan grandes cantidades de carbono almacenado, lo que agrava el cambio climático, intensificando a su vez los incendios y creando un ciclo de retroalimentación. Las actividades humanas aumentan la vulnerabilidad de los bosques, por lo que es crucial mejorar su resiliencia eliminando la deforestación y limitando las quemas cerca de áreas forestales, especialmente durante sequías, para así prevenir estos desastres (MacCarthy *et al.* 2024).

En Chile, las últimas dos décadas han registrado eventos de magnitud sin precedentes, destacando las temporadas 2016-2017 y 2022-2023 como las más destructivas en términos de superficie afectada. Otro evento catastrófico fue el incendio de Viña del Mar (2024) como el más letal de la historia nacional (Gil *et al.* 2024).

Respecto a las temporadas anteriores, CONAF reportó una disminución del 14% en la ocurrencia de incendios (5.846 casos en 2023-2024 vs. 6.797 en 2022-2023) y un 83% menos de superficie afectada (71.923 hectáreas vs. 428.343 ha). Los incendios de magnitud (≥ 200 ha) cayeron un 69% (51 vs. 166). Para combatirlos, CONAF en la temporada 2023-2024 aumentó su presupuesto en 47% respecto a 2022-2023 y desplegó 319 brigadas (36 más), 3.339 brigadistas (1.000 más) y 73 aeronaves (10 más). En prevención, se enfatizó que el 64% de los incendios son causados por humanos (57% negligentes, 33% intencionales), con 236 comunidades preparadas y 30 unidades de análisis para investigar causas. Además, se reforzaron alianzas con Bomberos, Fuerzas Armadas y organismos públicos para optimizar la gestión (CONAF, 2024).

El Tipo Forestal Siempreverde en Chile alberga una rica biodiversidad, siendo esencial para la supervivencia humana al proporcionar servicios ecosistémicos cruciales. Sin embargo, los incendios forestales en el centro y sur del país representan una amenaza significativa para esta biodiversidad, especialmente durante el verano, causando daños ambientales casi irreparables que afectan el ciclo del agua, la fertilidad del suelo y la belleza escénica. Estos incendios son particularmente preocupantes cuando afectan áreas protegidas parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Bernardín, 2009).

El Santuario Llancahue cuenta como un área protegida por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), ya que se trata de un entorno natural que el Estado gestiona y protege para garantizar su conservación, conforme al artículo 143 de la Ley 21.600. De igual manera, la infraestructura crítica es esencial para la generación, producción, almacenamiento y distribución de servicios e insumos básicos para la población y ciudad, incluyendo energía, agua y telecomunicaciones. Al realizar una zonificación de esta infraestructura, se pueden asignar más recursos y servicios del Estado para su protección, tal como establece la Ley 21.542.

La elaboración de un Plan de Protección contra Incendios Forestales para el Santuario Llancahue requiere considerar múltiples variables interrelacionadas. Estas variables reflejan los componentes de un territorio y como se va ordenando, en función de las actividades y modos de vidas de las personas. De esta forma, también se va configurando el riesgo, peligro y daño potencial de incendios forestales de una zona. El análisis de estas variables es esencial para entender la dinámica de los incendios y desarrollar estrategias eficaces de prevención, mitigación, detección y respuesta, facilitando la identificación de áreas de riesgo prioritarias.

Las cartografías juegan un papel clave al sintetizar la metodología empleada, proporcionando una visión general de la protección contra incendios forestales. De esta forma, la cartografía de probabilidad de ocurrencia junto con la de daño potencial representan los principales lugares donde aplicar los esfuerzos de prevención y mitigación tales como, la educación ambiental y cortafuegos respectivamente. Por su parte, la cartografía de magnitud esperada nos muestra los lugares donde la topografía y vegetación favorecen el desarrollo de un incendio forestal complejizando su control y extinción.

El análisis de la distribución espacial de probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en el Santuario Llancahue revela que las áreas con alta probabilidad se concentran principalmente en lugares con significativa presencia humana, como las vías principales y las viviendas rurales. El análisis de la distribución espacial de las categorías de daño potencial reveló que los altos valores de daño se asocian principalmente a la infraestructura crítica y a las variables de daño intangible, como los objetos de conservación, bosques adultos, la red hídrica dentro del Santuario Llancahue y los humedales en la zona sur. Asimismo, el análisis de las categorías de magnitud esperada destaca los valores de alta magnitud, que involucran variables como las zonas de matorrales, las cuales presentan una rápida propagación y alta resistencia al control. Estas áreas se encuentran fuera de los sectores accesibles, lo que dificulta una respuesta eficiente por parte de las brigadas forestales.

Las prioridades de protección contra incendios forestales en el Santuario Llancahue se centran en áreas estratégicas que requieren acciones preventivas y de mitigación. Este enfoque garantiza la conservación del ecosistema y sus servicios y la seguridad de las viviendas rurales del sector. Los esfuerzos deben concentrarse en infraestructuras críticas, concentraciones de viviendas rurales y caminos principales que colindan entre sí. Así como también, en los lugares donde conectan las viviendas rurales con las plantaciones forestales, ya que estas están compuestas principalmente por especies de rápido crecimiento como pinos y eucaliptos que incrementa el riesgo de propagación del fuego debido a su combustible denso e inflamable (González *et al.* 2020). Las zonas de protección media incluyen principalmente a los objetos de conservación, debido a la cercanía con las principales amenazas antrópicas. Las demás áreas no justifican intervenciones en prevención de incendios forestales.

En relación con el análisis de riesgo y amenaza nacional, como se muestra en la Figura 7, las áreas de muy alto riesgo, representadas en color rojo en la cartografía, coinciden geográficamente con las concentraciones de viviendas rurales identificadas en la cartografía de riesgo de este estudio (Figura 3). Estas áreas incluyen Las Gaviotas, El Colmenar, Altos de Valdivia, Lomas del Sol, Huelleshue y las viviendas rurales del Cerro Buenaventura. Además, se observa que fragmentos de plantaciones forestales también presentan un valor medio-alto en ambas cartografías. Asimismo, la subida por el camino principal T-503 muestra valores altos en ambos mapas. Esta coincidencia sugiere una alta exposición a riesgos en estas zonas.

El Plan por Amenaza de Incendios Forestales de la comuna de Valdivia destaca que la zona de la cuenca Llancahue, particularmente el área del bosque adulto presenta valores de prioridad de protección contra incendios forestales tanto altos como medios. Esta clasificación se alinea con la importancia ecológica que tiene Llancahue para la región de Los Ríos, siendo un elemento crucial para la biodiversidad y el equilibrio ambiental de la capital regional, la ciudad de Valdivia (Plan por Amenaza de Incendios Forestales, 2023).

Se menciona que, en este Plan de Protección Contra Incendios Forestales, en la probabilidad de ocurrencia hay baja relación con las zonas de interfaz, debido a que el límite urbano no alcanza a llegar al área de estudio, excepto por una parte pequeña de la población Las Gaviotas. Así mismo el registro histórico de incendios forestales fue bajo y no fue significativamente relevante al momento de configurar la variable. Respecto a la accesibilidad, la ruta llamada "La cuesta de la Culebra" o T-503, en la cartografía

se muestra como el camino principal de acceso al Santuario y para la Comunidad Lomas del Sol, pero en realidad es de difícil trayecto por su gran cantidad de curvas y pendientes. Esto dificulta en gran medida el acceso de brigadas forestales y compañías de Bomberos con sus grandes carros y la gran cantidad de agua y peso que transportan. Esto complica una respuesta eficiente ante alguna emergencia.

Es relevante señalar algunas variables que no se pudieron incluir debido a la dificultad de representación en el mapa cartográfico. Entre los factores que contribuyen a la intensificación de los incendios forestales se destaca la presencia de especies exóticas invasoras, como el *Ulex europaeus*, ciertos tipos de eucaliptos y pinos. Estas especies se caracterizan por su capacidad de propagación rápida (González *et al.* 2020), lo que aumenta significativamente la magnitud e intensidad de los incendios. En comparación con las especies nativas, estas plantas invasoras acumulan una mayor cantidad de material combustible, que se distingue por tener un bajo nivel de humedad, una mayor concentración de compuestos volátiles y un alto poder calorífico. Esto las convierte en un combustible altamente peligroso para los incendios, exacerbando su impacto y dificultando su control (González *et al.* 2020). Otra variable que no se pudo espacializar y que incrementa el riesgo son los microbasurales ubicados en algunas áreas cercanas a viviendas rurales, o en los márgenes de los caminos debido al tránsito y el comportamiento de las personas y vehículos (Elgueta, 2023).

Respecto a la carta Gantt, esta es una herramienta versátil que no solo facilita una planificación eficiente, sino que también sirve como un medio efectivo para el seguimiento y control de la ejecución de actividades. Al optimizar el uso de recursos y tiempo, permite identificar claramente las tareas y responsables, lo que simplifica la asignación de roles dentro del equipo de prevención de incendios forestales. Esto mejora significativamente la coordinación y ejecución del plan, ya que cada miembro sabe su función y cómo contribuye al objetivo general (Terrazas, 2011). Además, la carta Gantt actúa como un medio de comunicación visual rápida y efectiva entre las instituciones y entidades involucradas, lo que favorece la coordinación de esfuerzos y recursos, asegurando una respuesta más unificada y eficaz ante situaciones de emergencia.

5. CONCLUSIÓN

El Santuario de la Naturaleza Llancahue, ubicado en la cercanía de Valdivia, representa un valor inmaterial significativo para la identidad de sus habitantes debido a los servicios ecosistémicos que brinda y la biodiversidad que alberga. Su estado de conservación es crucial, convirtiéndolo en un elemento paisajístico relevante para la comuna y justificando su protección contra incendios forestales. La implementación del plan de protección contra incendios forestales en esta área es esencial para orientar efectivamente los recursos y esfuerzos de protección. El proceso de elaboración del plan resalta la necesidad de un trabajo interinstitucional cohesionado y el mantenimiento de relaciones fluidas entre los diversos sectores de la sociedad.

La elaboración de cartografías específicas facilita la visualización detallada de la probabilidad de ocurrencia, magnitud esperada y daño potencial de incendios forestales, proporcionando una base sólida para identificar zonas de alto riesgo y priorizar acciones preventivas y de respuesta. La utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas como Google Earth Pro, mejora significativamente la representación cartográfica de diversas variables.

Finalmente, los planes de protección contra incendios forestales complementan la creación de instrumentos legales, ayudando a configurar el riesgo, amenazas y vulnerabilidad en la unidad territorial de estudio. Esto permite diseñar medidas de adaptación para afrontar la incertidumbre asociada a los incendios forestales, recomendándose una vigencia de dos años para estos documentos. La planificación detallada mediante una Carta Gantt asegura el cumplimiento de los plazos y la efectividad en la ejecución de las medidas preventivas y de respuesta.

6. REFERENCIAS

- Aguiar G. 2018. El derecho al agua y su protección en el contexto de la Corte de Interamericana de Derechos Humanos. Centro de Estudios Constitucionales de Chile, Universidad de Talca. 245-280 p.
- Bernardin F. 2009. Impactos de los incendios forestales en el bosque siempreverde sobre la biodiversidad, como daño y pérdida ambiental en la región de Los Lagos (Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile). 3-30p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). (s.f.) Prevención de Incendios Forestales. Consultado el 5 de junio. Disponible en <https://www.prevencionincendiosforestales.cl/>.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2022. Manual comunitario de prevención de incendios forestales, comunidad preparada frente a los incendios forestales. 9-16 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2022. Pauta de prescripciones técnicas programa de protección contra incendios forestales aplicable al plan de manejo de plantaciones forestales del D.L. N° 701/1974 versión 4.1. 5-8 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2021. Plan de Protección Contra Incendios Forestales, Fundo Teja Norte. Departamento de Protección Contra Incendios Forestales, Sección de Prevención de Incendios Forestales, Región de Los Ríos. 5-20 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2024. CONAF entregó balance de incendios temporada 2023-2024.
- Decreto 29. 2022. Declara Santuario de la Naturaleza Llancahue. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Decreto 634 Exento. 2006. Destina al Ministerio de Bienes Nacionales predio denominado Fundo Llancahue, X Región de Los Lagos. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

- Díaz J. 2018. Antecedentes básicos para la generación de un Plan de Ordenación Predial para el fundo Llancahue, Cordillera de la Costa, provincia de Valdivia. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 10 p.
- Donoso P., Ponce D., Pinto J. & Triviño I. 2018. Cambios en cobertura y regeneración arbórea en bosques siempreverdes en diferentes estados sucesionales en el sitio experimental de Llancahue, Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile. *Gayana. Botánica*, 75(2), 657-662 p.
- Donoso P. 2021. Caracterización de Llancahue. En Oyarzún C., Donoso P., Núñez J. (Eds.), *Historia Natural, Servicios Ecosistémicos y Perspectivas de Desarrollo de la Cuenca de Llancahue*, Valdivia, Chile. 13-20 p.
- Donoso P., Frene C., Flores M., Oyarzún, C., Mooran M., Zavaleta J. 2014. Balancing water supply and old-growth forest conservation in the lowlands of south-central Chile through an adaptive co-management approach. *Landscape Ecology* 29(2): 245-260 p.
- Elgueta Gutiérrez, V. 2023. Clasificación de la amenaza por incendios forestales en campamentos del Anfiteatro de Valparaíso. *Revista Cartográfica*, (107), 35-56 p.
- Faundez J., Castillo M. & Navarro R. 2023. Impactos de los incendios forestales de magnitud en áreas silvestres protegidas de Chile Central. *Bosque (Valdivia)*, 83-95 p.
- Fuentes, L 2024. Plan de Protección contra incendios Forestales de la comuna de La Unión, Región de los Ríos. Universidad Austral de Chile. 10-20 p.
- García M. & Suárez M. 2013. El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(2), 253-267 p.
- Gil M., Cruz F., Gilabert H., Campos K., González-Mathiesen C. & Vicuña M. 2024. Gestión del riesgo de incendios forestales en Chile: aprendizajes y temas emergentes (Temas de la Agenda Pública No. 170). Centro de Políticas Públicas UC. 3-20 p.

González M., Sapiains R., Gómez-González S., Garreaud R., Miranda A, Galleguillos M., Jacques M., Pauchard A., Hoyos J., Cordero L., Vásquez F., Lara A., Aldunce P., Delgado V, Arriagada A., Ugarte A., Sepúlveda A., Farías L., García R., Rondanelli R., Ponce R., Vargas F., Rojas M., Boisier J., Carrasco C., Little C., Osses M., Zamorano C., Díaz-Hormazábal I., Ceballos A., Guerra E., Moncada M. & Castillo I. 2020. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile. 20-42 p.

González P. 2017. Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. Asesoría Técnica Parlamentaria, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones. 1-6 p.

González M., Szejner P., Donoso P. & Salas-Eljatib C. 2015. Fire, logging and establishment patterns of second- growth forests in south-central Chile: implications for their management and restoration. *Ciencia e Investigación Agraria* 42(3): 427-441 p.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2023. Actualización Pre censal (APC). Geodatos Abiertos Regionales, Región de los Ríos.

INN (Instituto Nacional de Normalización). 2005. NCh409/1.Of2005: Agua potable - Parte 1 - Requisitos. INN. 1-9 p.

Julio G. 1992. Método de determinación de las Prioridades de Protección. Santiago. Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Manual N° 10). 27 p.

Julio G., Bosnich, J. 2005. Fundamentos del Manejo de Fuego. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 285 p.

Julio G. 2011. Manual, Método para la determinación de prioridades de Protección. Presentación no publicada.

- Ley 20.283. 2008. Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Ley 21.364. 2021. Establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, sustituye la Oficina Nacional de Emergencia por el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, y adecúa normas que indica. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Ley 19.300. 1994. Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Ley 21.600. 2023. Crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Ley 21.542. 2023. Modifica la Carta Fundamental con el objeto de permitir la protección de infraestructura crítica por parte de las Fuerzas Armadas, en caso de peligro grave o inminente. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- MacCarthy J., Richter J., Tyukavina A., Weisse M. & Harris N. 2024. The latest data confirms: Forest fires are getting worse. World Resources Institute.
- Mesa Laboral de la Plataforma Nacional para la RRD. 2020. Guía para la Implementación del Plan para la Reducción del Riesgo de Desastres en Centros de Trabajo. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI). 24 p.
- Morales E. 2022. ODS 6, agua limpia y saneamiento: Situación de Chile y el mundo. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2-8 p.
- Muñoz A., Gil C., Rutherford P., Gómez L & Contreras P. 2006. Plan de manejo del fundo Llancahue comuna de Valdivia, Región de Los Lagos, Chile. Informe técnico para el Ministerio de Bienes Nacionales de Chile. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales CEA, Valdivia, Chile. 6-46 p.

- Pino A, Oyarzún C., Novoa R., Díaz-Hormazábal I. & Moreira P. 2021. Servicios ecosistémicos que conectan la cuenca de Llancahue con los humedales de los alrededores de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile. En C Oyarzún, P Donoso, J. Núñez (Eds.), Historia Natural, Servicios Ecosistémicos y Perspectivas de Desarrollo de la Cuenca de Llancahue, Valdivia, Chile. 21-37 p.
- Plan por Amenaza de Incendios Forestales. 2023. Anexo - Plan por amenaza incendio forestal. Valdivia, Chile: Municipalidad de Valdivia.
- Ponce D. & Donoso P. 2021. Flora de Llancahue. En Oyarzún C., Donoso P., Núñez J. (Eds.), Historia Natural, Servicios Ecosistémicos y Perspectivas de Desarrollo de la Cuenca de Llancahue, Valdivia, Chile. 39-49 p.
- Rabanal C. 2017. Delimitación y Caracterización de la Interfaz Urbano-Forestal (IUF), y su Relación con la Vulnerabilidad Urbana en la Comuna de Tomé, Aportes a la Gestión del Riesgo de Incendio Forestal. Tesis para optar al Título de Geógrafo. Concepción, Chile. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía. Universidad de Concepción. 6 p.
- Rubí F. 2011. Plan de protección contra incendios forestales comuna de Fresia, provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 7 p.
- SENAPRED (Oficina Nacional de Emergencia, CL). 2020. Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, Plan Estratégico Nacional (2020-2030). Ministerio del Interior y Seguridad Pública Gobierno de Chile. 135-139 p.
- SENAPRED (Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres) & CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2024. Protocolo SENAPRED-CONAF.
- SENAPRED (Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, CL). 2023. Estrategia para el fortalecimiento de la Gestión en Incendios Forestales. Ministerio del Interior y Seguridad Pública Gobierno de Chile. 18 p.

SIDCO (Sistema de Información Digital para control de operaciones, CONAF, CL) Consultado 10 de septiembre del. 2024. Disponible en <https://sidco.conaf.cl/principal.php> (Archivos no Publicados).

Tapia G, Alegría Ayala D. & Echeverría I. 2024. Actualización Análisis Nacional de Amenaza y Riesgo por Incendios Forestales. Gerencia de Protección Contra Incendios Forestales, Departamento de Desarrollo e Investigación, CONAF. 1-8 p.

Terrazas R. 2011. Planificación y programación de operaciones. Revista Perspectivas, (28), 7-32 p.

Wolodarsky-Franke A, Tacón A. & Gerding J. Cooperativa Calahuala. 2021. Informe Final Elaboración Participativa del Plan de Manejo para la Conservación del Santuario Llancahue y Diseño de una Gobernanza de Gestión. Valdivia. 3-90 p.

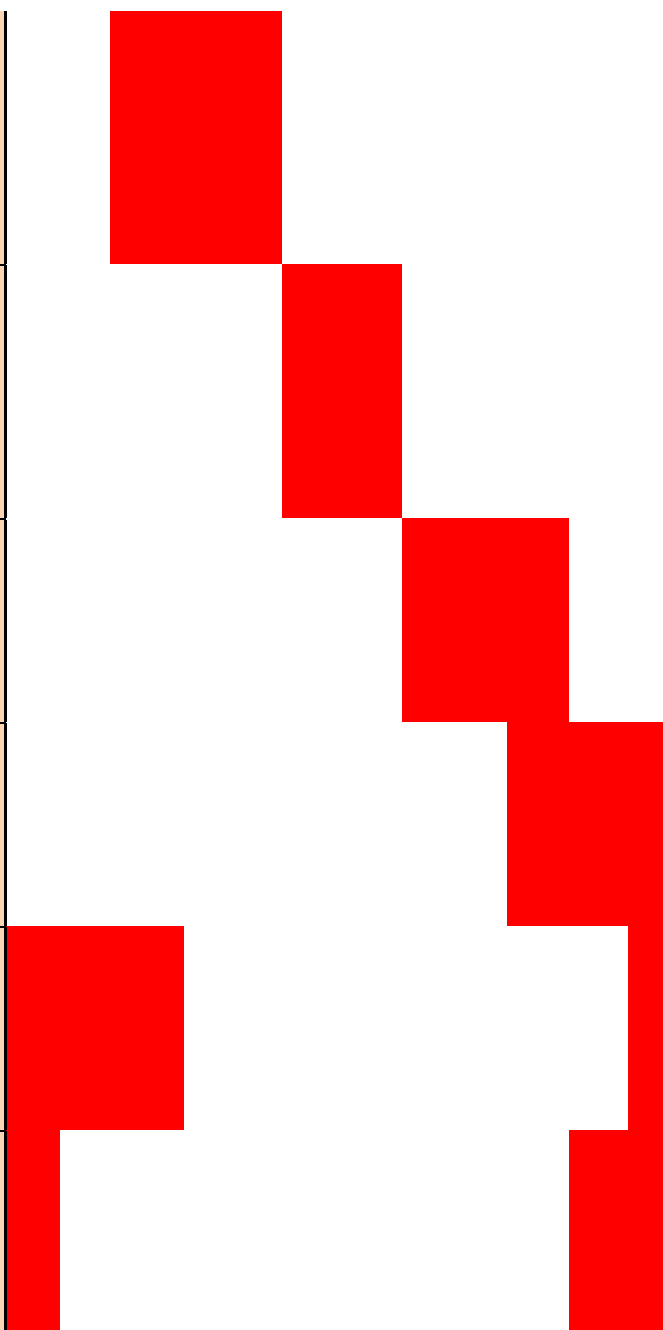
7. ANEXOS

7.1 Anexo 1

Cuadro 3. Carta Gantt, actividades de prevención y mitigación de Plan de Protección de Incendios Forestales para Santuario de la Naturaleza Llancahue.

Actividad Participantes y Responsables	Mes											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Difusión Preventiva de Incendios Forestales <u>Participantes:</u> Habitantes rurales y visitantes del Santuario. <u>Responsable:</u> DEPRIF e Ilustre Municipalidad de Valdivia.	■									■		
Seguimiento del Programa de Comunidades Preparadas. <u>Participantes:</u> Comunidad Lomas del Sol. <u>Responsable:</u> DEPRIF												

<p>Coordinación con Actores Claves.</p> <p><u>Participantes:</u> Municipalidad de Valdivia, Bomberos, Carabineros, protección ciudadana, unidades de emergencia.</p> <p><u>Responsable:</u> DEPRIF</p>
<p>Trabajo de Capacitación Docente</p> <p><u>Participantes:</u> Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales.</p> <p><u>Responsable:</u> DEPRIF</p>
<p>Inducción en Silvicultura Preventiva.</p> <p><u>Participantes:</u> Pequeños y medianos propietarios y viviendas rurales</p> <p><u>Responsable:</u> DEPRIF</p>
<p>Obras de Eliminación de Combustible Vegetal</p> <p><u>Responsable:</u> Municipalidad de Valdivia, DEPRIF</p>
<p>Patrullajes preventivos de incendios forestales de incendios forestales.</p> <p><u>Participantes:</u> Brigadas Forestales, Carabineros</p> <p><u>Responsable:</u> DEPRIF</p>
<p>Investigación de incendios forestales.</p> <p><u>Participantes:</u> Propietarios y habitantes rurales afectados por incendios forestales</p> <p><u>Responsable:</u> DEPRIF</p>



7.2 Anexo 2

Cuadro 4. Parámetros De Modelos De Combustibles, valores directos e indirectos.

Especificación	Clave Kitral	Velocidad propogación	Resistencia al Control	Valor Directo	Factor Indirecto	Valor Indirecto
Bosquea Adulto Siempreverde Denso	BN-03	0,000973	26	80	8	640
Bosquea Adulto Coigue	BN-03	0,000973	26	80	8	640
Bosquea Adulto Siempreverde Semidenso	BN-04	0,001556	39	55	7	385
Renoval Semidenso Siempreverde	MT-08	0,004342	50	30	7	210
Plantacion Forestales de Eucalipto	PL-10	0,003799	30	82	7	574
Plantacion Roble y Coigue	PL-04/07	0,002654	42	120	7	840
Matorral Semidenso	MT-02	0,008147	66	20	9	180
Praderas Perennes	PCH-03/04	0,009463	66	8	1	8
Humedales	PCH-06	0,001009	58	10	3	30

7.3 Anexo 3



Imagen 1. Encuesta DELPHI con Comunidad Lomas del Sol.

7.4 Anexo 4



Imagen 2. Encuesta DELPHI con el Departamento de Gestión de Riesgo y Desastre de la Municipalidad de Valdivia.

7.5 Anexo 5



Imagen 3. Encuesta DELPHI con SENAPRED.

8. GLOSARIO

8.1 Incendio forestal

Es la destrucción de la vegetación a través del fuego cuando éste se extiende libremente y sin control en terrenos clasificados como forestales (Ley 20.283, 2008). Se clasifica en tres estratos: subterráneos, superficiales y aéreos. Los incendios subterráneos consumen las raíces y material orgánico que se encuentran por debajo del bosque, se propagan de forma lenta y son comunes en los bosques nativos. Los incendios superficiales son los más comunes y está presente en todos los incendios, quemando la vegetación herbácea, arbustiva y la hojarasca del suelo. Por último, están los incendios aéreos, o también conocidos como incendios de copa, los cuales se dispersan rápidamente a través del follaje. Se encuentra mayormente en incendios asociados a plantaciones (Julio 2005).

8.2 Planes de protección contra incendios forestales.

El plan de protección contra incendios forestales tiene como objetivo minimizar la ocurrencia y daño de los incendios forestales en un área determinada. En este tipo de documentos se describen problemas que tienen relación con la ocurrencia, propagación y daños de los incendios, junto con, la distribución de los recursos necesarios para responder ante estos siniestros (Julio 1992).

Este es un documento orientativo que define medidas y estrategias para prevenir, detectar, controlar y extinguir incendios en áreas forestales. Su propósito es guiar las decisiones del gobierno municipal y asegurar a la población en la unidad territorial. Estos planes son esenciales para la toma de decisiones sobre prevención y mitigación, considerando las variables que afectan la problemática de los incendios. Su importancia radica en proporcionar una guía efectiva para la gestión de incendios, evaluando la situación comunal y las variables que impactan la seguridad del territorio. Además, apoyan a las autoridades en la gestión territorial al establecer un marco para abordar riesgos y asegurar una respuesta coordinada. Esto permite implementar estrategias que reduzcan el riesgo de incendios y minimicen sus efectos negativos en los ecosistemas y comunidades locales (Fuentes 2024).

8.3 Método DELPHI

El método DELPHI se usa para calcular el puntaje asignado a cada variable mediante un análisis cuantitativo. Se realiza una encuesta de manera reiterada e interactiva a un panel de expertos, con el objetivo de llegar a un acuerdo sobre las variables tratadas. Posee tres enfoques principales, estos son: Participativo, donde los expertos son consultados de forma simultánea; Anónimo, donde todos los integrantes participan de igual manera sin relacionarse de forma directa entre sí, evitando los sesgos e influencias que se producen en una discusión directa; e Iterativo, es decir, que se generan varias rondas que van aportando a la información proporcionada (García y Suárez 2013).

8.4 Prevención y Mitigación contra incendios Forestales

La prevención y mitigación contra incendios forestales tiene como objetivo disminuir la probabilidad de ocurrencia de incendios, también, se busca minimizar la vulnerabilidad de las comunidades amenazadas por incendios forestales (SENAPRED 2023).

Además, comprende medidas preventivas en la vegetación que se llevan a cabo con antelación para reducir al mínimo los efectos potenciales sobre las personas, los bienes y el medio ambiente, conocidas como medidas de mitigación (CONAF 2022).

8.5 Riesgo

Es la probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños ambientales, sociales y económicos, en una zona expuesta a amenazas naturales o antrópicas (SENAPRED 2020).

8.6 Peligro

El Peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado (SENAPRED 2020).

8.7 Daño

Alteración o pérdida causada por un fenómeno o situación adversa (Mesa Laboral de la Plataforma Nacional para la RRD, 2020).

8.8 Amenaza

Es un fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede provocar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente (Ley 21.364, 2021).

8.9 Vulnerabilidad

Son aquellas condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos y o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, infraestructuras o servicios, bienes u otros a los efectos de las amenazas (Ley 21.364, 2021).

8.10 Método de los séptimos

Es un criterio recomendado por Julio G., que establece que la superficie total cubierta por celdillas de primera prioridad debe corresponder a la mitad del total de las de segunda prioridad, las que a su vez equivalen al 50 % de las de tercera prioridad; es decir, estas categorías representan 1/7, 2/7 y 4/7 del total de la superficie de la zona bajo protección, respectivamente. (Julio 2011).

8.11 Rol del SIG en la protección contra los incendios forestales

Los sistemas de información geográfica (SIG), han tomado importancia significativa en la caracterización, diagnóstico y planificación de los diferentes espacios geográficos. Han funcionado como herramienta y solución eficiente para la protección de los recursos naturales dada la complejidad de los

fenómenos presentes en la propagación de los incendios forestales. Aportan al pronóstico de los eventuales daños, como también los recursos necesarios para la extinción del fuego.

Anteriormente, los incendios se modelaban sobre cartas topográficas según ecuaciones determinadas que consideraban factores como la pendiente, el tipo de vegetación presente y la velocidad del viento. Hoy en día con el desarrollo de programas geográficos es posible realizar las mismas tareas en un menor tiempo, con mayor precisión y un mejor análisis gracias a los datos obtenidos (Rubí 2011).

8.12 Áreas de interfaz

Se entiende por "área de interfaz" la zona de transición entre una plantación forestal u otro tipo de vegetación que puede ser un posible foco de incendio forestal, y áreas urbanas consolidadas, como barrios, aldeas, viviendas rurales e infraestructuras críticas. Según el caso, esta área se puede categorizar como interfaz urbano-rural o interfaz urbano-forestal (CONAF 2022).

La importancia de esta zona se debe a que el control de los incendios forestales se dificulta en estas áreas, provocando tanto, graves consecuencias económicas, como vidas humanas. Por esto, la correcta delimitación de la zona de interfaz es fundamental al momento de planificar los territorios (Rabanal 2017).

8.13 DEPRIF

Es el Departamento de Protección contra Incendios Forestales (CONAF s.f), compuesto por diferentes secciones, entre ellas, la sección deprevención; la que contiene un conjunto de actividades destinadas a evitar que, por acción u omisión de las personas se originen incendios. También, se menciona la sección de operaciones en donde se realizan los diversos procesos de la extinción de los incendios forestales.

8.14 SENAPRED

Es el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres en Chile. Su objetivo principal es garantizar una adecuada gestión del riesgo de desastres en donde se incluyendo los incendios forestales (Ley 21.364, 2021).