

# **ESTUDIO DE RIESGO DE INCENDIO**

**Etapa 3-2 B  
Modificación PREMVAL por Art. 27 Ley N°16.282**

Suikee Kong Espinoza

8.713.358-3

Ecólogo Paisajista – Universidad Central.

Magister en Geografía (c) Mención en Recursos Territoriales - U. de Chile.

INDICE

I.	ESTUDIO DE RIESGO DE INCENDIO .....	6
1.1	Objetivos .....	6
1.2	Límites del área de Estudio.....	7
1.3	Marco conceptual .....	7
1.4	Elaboración de Línea Base y recopilación de antecedentes .....	9
1.4.1	Documento de Trabajo 567 de Conaf.....	9
1.4.2	Prioridades de Protección contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso .....	11
1.4.3	Otros estudios analizados que conforman la Línea Base .....	13
1.5	Metodología.....	13
1.5.1	Documento base y actualización de conceptos .....	14
1.5.2	Definición de las Unidades de Superficie de Trabajo.....	14
1.5.3	Identificación de condicionantes geográficas del territorio y vías de propagación .....	15
1.6	Esquema de trabajo.....	15
1.7	Resultados .....	16
1.7.1	Amenaza por ocurrencia potencial de incendios.....	16
1.7.1.1	Ocurrencia Histórica .....	17
1.7.1.2	Resultado parcial integrado de ocurrencia histórica de incendios .....	23
1.7.1.3	Ocurrencia potencial de incendios .....	24
1.7.1.4	Infraestructura de transporte energético.....	26
1.7.1.5	Densidad poblacional proyectada por PREMVAL y Consolidado Urbano.....	27
1.7.1.6	Resultado parcial integrado de ocurrencia potencial de Incendios .....	29
1.7.1.7	Resultado integrado Amenaza por ocurrencia potencial de incendios.....	30
1.7.2	Amenaza por propagación de incendios.....	32
1.7.2.1	Identificación de zonas de acumulación de biomasa - Velocidad de Propagación.....	32
1.7.2.2	Resistencia al Control .....	35
1.7.2.3	Topografía .....	37
1.7.2.4	Pendiente .....	37
1.7.2.5	Exposición de ladeas .....	39
1.7.2.6	Clima .....	40
1.7.2.7	Vientos .....	42
1.7.2.8	Resultado integrado de Amenaza por propagación de incendios.....	44
1.7.3	Vulnerabilidad por daño potencial de incendios.....	45
1.7.3.1	Interfaz Urbana.....	45
1.7.3.2	Recursos Productivos .....	47
1.7.3.3	Captura de Carbono .....	48
1.7.3.4	Vegetación - Diversidad Visual.....	50
1.7.3.5	Cursos de Agua.....	51

1.7.3.6	Conservación.....	52
1.7.3.7	Mapa Vulnerabilidad integrado.....	52
1.7.4	Zonas de Riesgo Priorizadas .....	54
1.7.5	Resultados generales de Riesgo.....	54
1.7.5.1	Métodos y Operaciones Técnicas .....	54
1.7.5.2	Categorías priorizadas de Riesgo .....	55
1.7.5.3	Post proceso de los resultados .....	56
1.8	Recomendaciones .....	59
1.9	Conclusiones .....	62
1.10	Bibliografía de referencia .....	63
1.11	Anexos .....	65
1.11.1	Sendas de penetración asociadas a quebradas .....	65
1.11.2	Análisis metodológico de los procesos de evacuación.....	72
1.11.3	Reuniones de coordinación con actores relevantes.....	74

#### INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Conversión de nomenclatura .....	14
Tabla 2	Distribución de Puntajes y Franja de Influencia por Tipo de Red Vial .....	24
Tabla 3	Distribución de Puntajes Según Rango de Población y Franja de influencia .....	28
Tabla 4	Clasificación y Calificación de Modelo de Combustible .....	33
Tabla 5	Clasificación y Calificación de Modelos de Combustible Resistencia al Control....	35
Tabla 6	Rangos de Pendiente Promedio y Puntaje Normalizado .....	38
Tabla 7	Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Exposición Topográfica ..	39
Tabla 8	Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Clima .....	41
Tabla 9	Clasificación y Calificación de Modelos de Combustible. Recursos Productivos...	47
Tabla 10	Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Captura de Carbono.....	49
Tabla 11	Asignación de Puntajes Normalizados para la Sub variable Diversidad Visual ...	50
Tabla 12	Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Agua.....	51
Tabla 13	Fuentes utilizadas para las recomendaciones .....	61
Tabla 14	Clasificación y Calificación sendas potenciales de penetración de incendios.....	66
Tabla 15	Nivel de propagación y usos de suelo normados – PRC Viña del Mar .....	70
Tabla 16	Nivel de propagación y usos de suelo normados – PRC Quilpué .....	71
Tabla 17	Lista de asistentes – Reunión CONAF.....	74

#### INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Límites área de estudio .....	7
Ilustración 2	Tipología de áreas homogénea de riesgo de incendio .....	10
Ilustración 3	Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales.....	12
Ilustración 4	Conceptos involucrados y su relación.....	14
Ilustración 5	Diagrama de trabajo .....	16
Ilustración 6	Amenaza por ocurrencia potencial de incendios .....	17
Ilustración 7	Esquema para la obtención de Ocurrencia histórica de incendios .....	17
Ilustración 8	Localización de incendios entre los años 2010 al 2017 por causal .....	18
Ilustración 9	Incendios registrados por satélite, según su "FRP" (Fire Radiative Power) ...	20
Ilustración 10	Modelado Kernel puntos Conaf.....	21
Ilustración 11	Modelado con datos MODIS y VIIRS.....	22



Ilustración 12	Resultado parcial integrado de la Ocurrencia Histórica de incendios .....	23
Ilustración 13	Diagrama de Ocurrencia potencial de incendios.....	24
Ilustración 14	Puntajes Normalizados y Franja de Influencia, según Tipo de Red Vial .....	25
Ilustración 15	Infraestructura de transporte energético .....	26
Ilustración 16	Densidades de población según zonificación PREMVAL .....	27
Ilustración 17	Ocurrencia Potencial de incendios por Población .....	28
Ilustración 18	Resultado parcial integrado de ocurrencia potencial de Incendios.....	29
Ilustración 19	Diagrama integrado Amenaza de Incendios .....	30
Ilustración 20	Amenaza por ocurrencia potencial de incendios.....	31
Ilustración 21	Diagrama de Amenaza por propagación de incendios .....	32
Ilustración 22	Coberturas consideradas para la Velocidad de Propagación .....	32
Ilustración 23	Amenaza de incendios. Combustible Velocidad de Propagación .....	34
Ilustración 24	Coberturas consideradas para Resistencia al Control.....	35
Ilustración 25	Amenaza de propagación de incendios - Resistencia al Control .....	36
Ilustración 26	Componentes de la Topografía respecto a incendios.....	37
Ilustración 27	Distribución de la Pendiente Promedio.....	38
Ilustración 28	Variable Exposición Topográfica.....	40
Ilustración 29	Amenaza de propagación incendios. Variable Clima .....	41
Ilustración 30	Velocidad promedio de los vientos .....	42
Ilustración 31	Velocidad del viento acentuadas por localización.....	43
Ilustración 32	Mapa integrado de Amenaza por Propagación de Incendios .....	44
Ilustración 33	Variables de la vulnerabilidad por Incendios.....	45
Ilustración 34	Edificaciones respecto al consolidado urbano.....	46
Ilustración 35	Vulnerabilidad por incendios - Gradiente de Interfaz urbana .....	47
Ilustración 36	Vulnerabilidad por incendio - Recursos Productivos.....	48
Ilustración 37	Vulnerabilidad incendios por Captura de Carbono .....	49
Ilustración 38	Vulnerabilidad por incendio - Diversidad visual vegetacional .....	50
Ilustración 39	Vulnerabilidad por incendio áreas asociadas a recurso hídrico .....	51
Ilustración 40	Vulnerabilidad por incendio - Variable Conservación.....	52
Ilustración 41	Integración de variables del Mapa de Vulnerabilidad.....	53
Ilustración 42	Mapa integrado de vulnerabilidad por incendio .....	53
Ilustración 43	Zonas de Riesgo Priorizadas .....	54
Ilustración 44	Mapa integrado de Zonas de Riesgo .....	55
Ilustración 45	Zonas de Riesgo Priorizadas .....	56
Ilustración 46	Zonificación de Riesgo Priorizado final.....	58
Ilustración 47	Cursos de agua como sendas de penetración en áreas consolidadas .....	65
Ilustración 48	Sendas de penetración por respuesta al fuego .....	67
Ilustración 49	Edificaciones asociadas a sendas de penetración por respuesta al fuego...	68
Ilustración 50	Terrenos SERVIU en quebradas .....	69
Ilustración 51	Campamentos en quebradas.....	70
Ilustración 52	Registro fotográfico .....	79

#### INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Caracterización de incendios por causas registradas.....	18
Gráfico 2	Incendios según localización .....	19
Gráfico 3	Largo de cursos de agua por tipo y comuna .....	66

## **I. ESTUDIO DE RIESGO DE INCENDIO**

Este estudio aborda el riesgo de incendios forestales en el marco de la "Modificación PREMVAL por Art. 27 de la Ley N°16.282". La metodología utilizada se basó en fuentes de información secundaria y un análisis espacial detallado para identificar áreas prioritarias, especialmente en la interfaz urbano-rural, donde los riesgos son más significativos debido a la proximidad de vegetación combustible y asentamientos humanos.

El proceso inicial consistió en la integración de datos históricos de incendios registrados por CONAF con registros satelitales, lo que permitió identificar patrones espaciales recurrentes. Se observó que las áreas afectadas por incendios suelen presentar procesos de regeneración vegetal que, al combinarse con actividades humanas, incrementan la probabilidad de nuevos eventos.

Posteriormente, se incorporó la cartografía regional de incendios forestales elaborada en el estudio "Determinación de Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso" y del "Resumen Ejecutivo Riesgo Incendios Forestales", la cual se adaptó en términos metodológicos para este estudio, enfocándose en un análisis a mayor escala y con énfasis en las áreas de interfaz urbano-rural.

Para generar la cartografía de riesgo, se elaboraron 14 mapas parciales como parte del análisis de amenaza y vulnerabilidad, considerando cerca de 40 variables ponderadas según la metodología de CONAF. Estos productos fueron procesados en una plataforma SIG, permitiendo clasificar el riesgo en tres categorías: bajo, medio y alto, con énfasis en zonas urbanas y periurbanas como referencia para la clasificación.

El modelo digital de terreno y el catastro de bosque nativo fueron fundamentales para refinar la cobertura obtenida, minimizando inconsistencias como zonas "perforadas" por pequeños polígonos. Este proceso incluyó la agregación espacial y la verificación mediante imágenes satelitales, asegurando una mayor coherencia en áreas urbanas y su entorno inmediato.

Los resultados destacan que las áreas de alto riesgo de incendio se concentran principalmente en:

- Cerros y áreas urbanas consolidadas, donde la combinación de vegetación combustible y densidad poblacional aumenta la probabilidad de ignición.
- Perímetros de grandes ciudades, especialmente en laderas de cerros y valles fluviales, donde la vegetación y la cercanía a caminos o poblaciones incrementan el riesgo.

Aunque el análisis modela matemáticamente el riesgo de incendio, es importante reconocer que este fenómeno tiene una dinámica variable en el tiempo y el espacio, influenciada significativamente por factores humanos. Incluso con la implementación de medidas preventivas, el riesgo no puede eliminarse por completo debido a su dependencia del comportamiento humano individual y colectivo.

Finalmente, este estudio contribuye a dimensionar la probabilidad de ignición, propagación y daño potencial asociado a los incendios forestales, priorizando los sectores de interfaz rural-urbana según tres niveles de riesgo. La metodología y los resultados, detallados en las secciones correspondientes, constituyen una herramienta clave para la planificación territorial y la gestión del riesgo de incendios en la región.

### **1.1 Objetivos**

El objetivo general es determinar zonas de Riesgo de Incendio Priorizadas, para la Modificación PREMVAL por procedimiento excepcional asociado al Art. 27° de la Ley N°16.282, Región de Valparaíso.

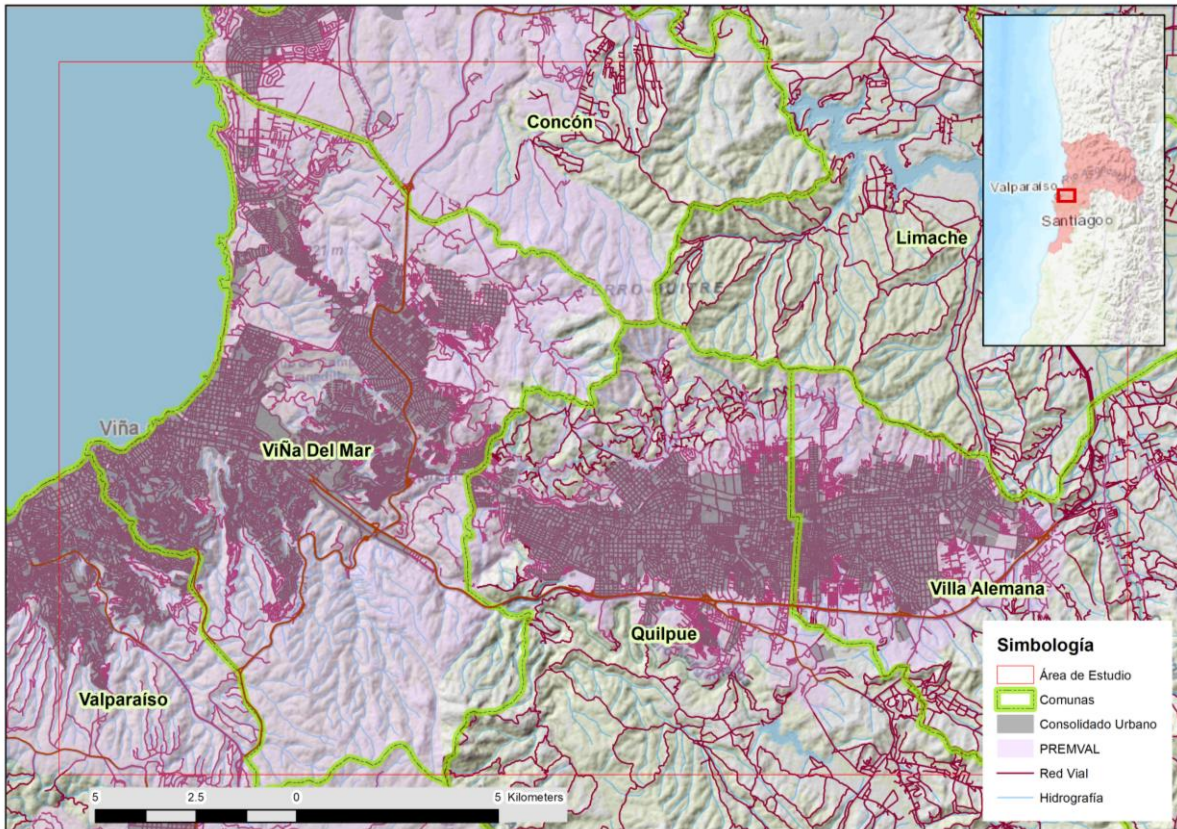
Dentro de los objetivos específicos están:

- a) Identificar y componer variables asociadas a la probabilidad de ocurrencia de incendios.
- b) Definir coberturas y su composición para identificar la afectación potencial por propagación de eventuales incendios.
- c) Generar una cobertura que permita identificar el daño potencial de recursos antrópicos y biofísicos, que podrían generarse como consecuencia de incendios.
- d) Generar una cobertura fusionada o agregada, que permita establecer rangos jerárquicos de riesgo potencial por incendio, con énfasis en sectores de interface urbano rural – forestal.

## 1.2 Límites del área de Estudio

Si bien el área a normar será el polígono contenido en la Ordenanza de la modificación, el estudio de riesgo comprende tanto los territorios afectados por el incendio de febrero de 2024 como una sección de las cuencas hídricas costeras entre Aconcagua y Marga Marga, tal como se indica en la siguiente ilustración.

Ilustración 1 Límites área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

El territorio en estudio corresponde a un cuadrante en el cual se desarrolló el mega incendio del 02 febrero de 2024 en la región de Valparaíso, semejante al utilizado en el informe de “Evaluación del área quemada y severidad del incendio mediante imágenes Landsat” de la PUCV<sup>1</sup>

## 1.3 Marco conceptual

El marco conceptual de este estudio se fundamenta en las definiciones y lineamientos del \*Manual de Reducción de Riesgo de Desastres en Chile\* (CIGIDEN, 2017) y la \*Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres\*. El riesgo se concibe como la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad

<sup>1</sup> [https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20240209/20240209151003/incendio\\_valpo\\_2024\\_v01.pdf](https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20240209/20240209151003/incendio_valpo_2024_v01.pdf)

“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N°16.282”  
de los elementos expuestos en el territorio, considerando los incendios forestales como una amenaza principal, con énfasis en las áreas de interfaz urbano-rural.

### **Definición de Riesgo y Componentes Fundamentales**

El riesgo se define como la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas, que pueden incluir muertes, lesiones, interrupción de actividades económicas, deterioro ambiental, y daños a infraestructura y medios de vida. Este concepto combina:

1. **Amenaza** : La probabilidad de que ocurra un evento físico, natural o antropogénico que pueda generar daños significativos.

2. **Vulnerabilidad** : Las condiciones determinadas por factores físicos, sociales, económicos y ambientales que incrementan la susceptibilidad y exposición de una comunidad o sistema a los impactos negativos de un evento adverso.

3. **Exposición** : La cantidad y el tipo de elementos humanos o naturales que se encuentran en zonas susceptibles a la amenaza.

### **Relación entre Amenaza y Vulnerabilidad**

El riesgo aumenta significativamente en la interfaz urbano-rural, donde el desarrollo humano se encuentra con áreas de vegetación combustible, como bosques y matorrales. Esta interacción se intensifica en zonas mal planificadas, como quebradas, laderas y valles, donde se concentra una mayor exposición y vulnerabilidad debido a la cercanía con los asentamientos humanos, cultivos y redes de infraestructura.

En el contexto del presente estudio, la evaluación del riesgo de incendios forestales incluye:

- La probabilidad de iniciación y propagación del fuego, considerando factores como la cobertura vegetal, las condiciones meteorológicas y las actividades humanas.
- El grado de vulnerabilidad derivado de aspectos sociales (como densidad poblacional y acceso a infraestructura), económicos (como cultivos o infraestructura crítica), y ambientales (como el estado del ecosistema y su capacidad de recuperación).

### **Reducción del Riesgo y Ordenamiento Territorial**

Dado que las amenazas naturales no pueden evitarse, la gestión del riesgo se orienta a reducir la vulnerabilidad mediante:

- Planificación territorial que restrinja o condicione el uso de zonas críticas, como bosques, humedales y áreas propensas a incendios.
- Criterios de protección basados en la importancia ecológica, social y económica de las áreas.
- Políticas proactivas de compensación y solidaridad territorial, priorizando la prevención sobre la reacción.

El ordenamiento territorial proactivo busca integrar estrategias de adaptación al cambio climático, promover la restauración de ecosistemas y mejorar las condiciones de resiliencia comunitaria. La implementación de estas medidas supone un enfoque integral que aborde las causas subyacentes del riesgo.

### **Conceptos clave actualizados**

Para asegurar coherencia y rigor técnico, los conceptos utilizados han sido actualizados conforme a la nomenclatura oficial de la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres:

- Riesgo	: La probabilidad de pérdidas asociadas a la interacción entre amenazas y condiciones de vulnerabilidad.
- Evaluación del Riesgo	: Análisis de amenazas y vulnerabilidades para determinar la magnitud y alcance del riesgo.
- Amenaza	: Potencial de un evento que puede causar impactos

	perjudiciales.
- Exposición	: Elementos presentes en zonas de amenaza susceptibles de sufrir daños.
- Vulnerabilidad	: Factores que incrementan la susceptibilidad al impacto negativo.
- Reducción del Riesgo de Desastres	: Gestión proactiva para disminuir vulnerabilidades y exposición mediante planificación adecuada, educación y medidas preventivas.
- Desastre:	Interrupción severa en una comunidad o sociedad que excede su capacidad de respuesta autónoma.

### **Aplicación al Contexto de Incendios Forestales**

Este marco conceptual guía la identificación, análisis y priorización de áreas de riesgo alto, medio y bajo, con énfasis en las zonas críticas de la interfaz urbano-rural. En definitiva, la gestión del riesgo de incendios requiere no solo identificar las áreas más vulnerables y expuestas, sino también desarrollar estrategias que integren la reducción del riesgo en la planificación territorial y el diseño de políticas públicas, asegurando la sostenibilidad del territorio y la seguridad de sus comunidades.

#### **1.4 Elaboración de Línea Base y recopilación de antecedentes**

La primera etapa del proceso, comprometió la consulta de fuentes bibliográficas, las cuales, en términos generales, refieren por una parte la descripción y evaluación del Mega-Incendio Valparaíso de Febrero 2024 (en adelante también denominado como MIV24), sus consecuencias y lecciones aprendidas y por otra parte aquellos documentos anteriores al MIV24, que refieren mayoritariamente a guías y/o una serie de recomendaciones de manejo y medidas preventivas respecto a los incendios en el contexto de interface urbano – rural, con una escala de aproximación gruesa al territorio. Como parte de esta revisión destacaron los siguientes documentos, por su relación al tema y área de estudio. Véase el punto denominado “Bibliografía de referencia” al final del presente documento, para consultar el listado completo de los textos

##### **1.4.1 Documento de Trabajo 567 de Conaf**

Entre los textos consultados, destaca por su pertinencia al área de estudio el denominado “Manual con Medidas para la Prevención de Incendios Forestales Región Valparaíso. Documento de Trabajo 567” de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) 2011<sup>2</sup>

En este manual se exponen los conceptos referidos a los tipos de incendios, origen, épocas y diversos efectos, entre otros aspectos. Especificando que los espacios usualmente afectados corresponden a sectores rurales y/o de transición urbano-rural.

El citado documento de Conaf 2011, incluye una serie de coberturas, derivadas de geo procesamientos en una plataforma SIG, tomado en consideración una batería de variables para la definición de áreas homogéneas respecto a riesgo de incendio forestal. Como resultado de dicho procesamiento se obtuvieron 23 tipos de áreas homogéneas para la Región de Valparaíso, jerarquizadas según su riesgo y condición o grupos para la aplicación de medidas. Los grupos corresponden a varias áreas uniformes que por sus características demandan la aplicación de similares medidas para la prevención de incendios forestales.

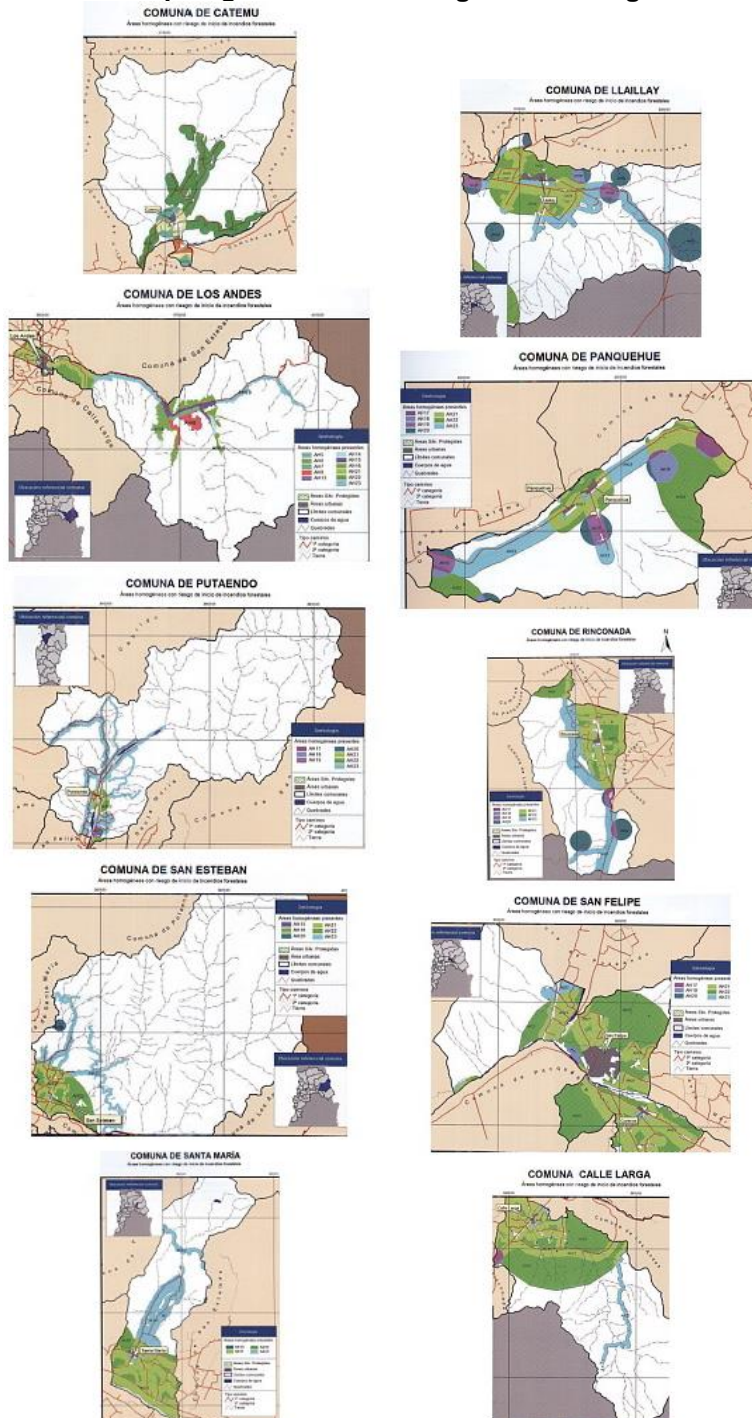
Los resultados cartográficos expuestos en el documento de trabajo Conaf 2011, corresponden a una escala regional, por lo que el grado de detalle es más bien grueso, con amplios polígonos que obedecen a la generación de distanciamientos tipo “buffers” respecto a ciertos elementos de interés. Dicha escala de representación no permite identificar al detalle los sectores de interface urbanos rural potencialmente afectados.

<sup>2</sup> Departamento de Manejo del Fuego, Región de Valparaíso 2011  
[https://avisoenlinea.conaf.cl/documentos/doc\\_tecnicos/Manual\\_Valparaiso.pdf](https://avisoenlinea.conaf.cl/documentos/doc_tecnicos/Manual_Valparaiso.pdf)



Como referencia se exponen las láminas con los resultados de dicho estudio. Sin embargo, se debe considerar que las comunas representadas no corresponden a la actual modificación del PREMVAL y que por lo tanto no forman parte del presente estudio. Véase la siguiente ilustración.

### Ilustración 2 Tipología de áreas homogénea de riesgo de incendio



2

Fuente: Modificado de Conaf 2011 (Op. Cit)

Por otra parte, el resultado de la superposición de las variables indicadas precedentemente no puede ser replicado debido a la ausencia de una descripción metodológica de las métricas y procesos efectuados. Del mismo modo, los archivos (shapes) originales, de las coberturas no se encuentran

“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N° 16.282” disponibles según la autoridad regional<sup>3</sup>, por lo que se ha preferido utilizar información georreferenciada de los sitios de incendios para la generación de los patrones históricos de distribución de los mismos.

En todo caso se reconoce a los “Sectores rurales cercanos a poblados con bosque, matorral o plantaciones” y “Sectores rurales cercanos a caminos, senderos o líneas de tren con bosque, matorral o plantaciones”, como aquellos que comprenden mayor relación la generación de incendios, aspecto que también será abordado en el presente ámbito de estudio.

#### **1.4.2 Prioridades de Protección contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso**

El documento “Determinación de Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso” (CONAF 2010), elaborado por el Departamento de Manejo del Fuego de la CONAF y el CIREN y su actualización a través del Informe Riesgo Incendios Forestales, elaborado por Departamento de Desarrollo e Investigación Gerencia de Protección contra Incendios Forestales Corporación Nacional Forestal (Enero 2021), proporcionan una base técnica robusta para identificar áreas críticas respecto a incendios forestales. Este análisis resulta particularmente relevante al contextualizar los mega incendios recurrentes en Valparaíso, que han afectado tanto zonas urbanas como periurbanas en las últimas décadas.

#### **Metodología de Análisis de Riesgo**

El enfoque empleado por CONAF considera tres componentes clave en la evaluación del riesgo:

1. Análisis del Riesgo de Iniciación: Determina la probabilidad de que se inicien incendios forestales, con base en factores como el uso de suelo, el clima y la actividad humana.
2. Análisis del Peligro de Propagación: Evalúa la capacidad del fuego para extenderse, influenciada por variables como la pendiente del terreno, el tipo de vegetación y las condiciones meteorológicas.
3. Análisis del Daño Potencial: Cuantifica las posibles pérdidas en términos de bienes materiales, infraestructura crítica, ecosistemas y vida humana.

La integración de estos análisis permitió generar un modelo espacial gestionado en un Sistema de Información Geográfica (SIG), con coberturas raster de 900 metros de resolución. Este enfoque identificó sectores críticos jerarquizados por prioridad, ayudando a la definición de estrategias de protección específicas.

#### **Resultados Relevantes**

Los resultados jerarquizados destacan las zonas de prioridad alta, concentradas principalmente en la interfaz urbano-forestal, donde el riesgo de iniciación y propagación de incendios es extremo. Estos sectores críticos incluyen comunas del borde costero, como Valparaíso, Viña del Mar y Quilpué, que presentan una densa interacción entre asentamientos humanos, infraestructura y áreas forestales.

En las zonas de prioridad media, ubicadas principalmente hacia el norte de la región (Provincias de Quillota, Petorca y San Felipe), el riesgo es moderado. Estas áreas corresponden a sectores montañosos y laderas con menor densidad poblacional, pero con condiciones topográficas y climáticas que favorecen incendios.

#### **Contexto de los Mega Incendios en Valparaíso**

Los mega incendios recientes en Valparaíso resaltan la vulnerabilidad del territorio debido a su configuración geográfica y las condiciones de uso del suelo. La zona de interfaz urbano-forestal ha sido particularmente afectada, con incendios que han devastado barrios enteros, exponiendo la inadecuada planificación urbana y las carencias en infraestructura para la prevención de riesgos.

---

<sup>3</sup> [http://www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/ene2018/CO\\_004-valparaiso.pdf](http://www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/ene2018/CO_004-valparaiso.pdf)

La vegetación predominante, compuesta por matorrales esclerófilos y plantaciones de especies exóticas como pinos y eucaliptos, aumenta la inflamabilidad del paisaje. A esto se suma la influencia de factores climáticos, como el viento y las altas temperaturas estacionales, que incrementan el peligro de propagación rápida.

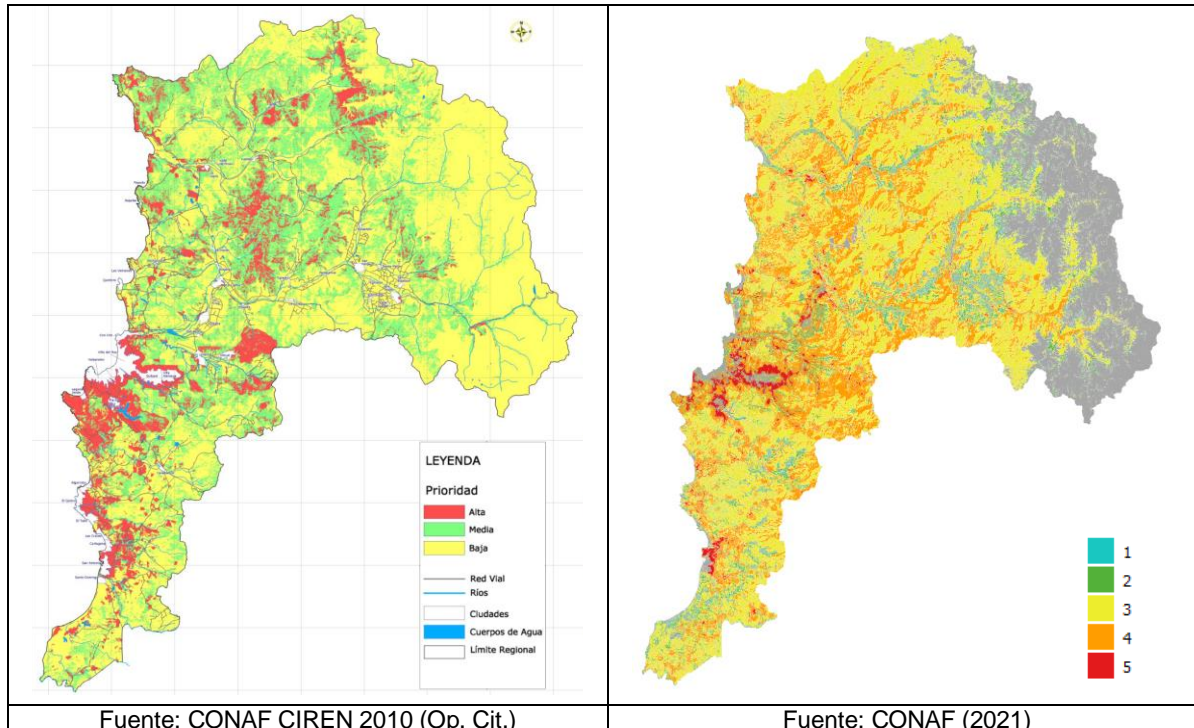
### Implicancias para la Gestión del Riesgo

Ante estos desafíos, es fundamental priorizar estrategias de manejo integrado que incluyan:

- La reducción del riesgo en la interfaz urbano-forestal, mediante la implementación de cortafuegos, zonas de amortiguamiento y programas de reubicación estratégica.
- Campañas de educación comunitaria, orientadas a sensibilizar sobre la prevención de incendios y las medidas de autoprotección.
- Mejora de la infraestructura contra incendios, como redes de agua y vías de evacuación.
- Planificación territorial proactiva, enfocada en la regulación del crecimiento urbano en zonas de alto riesgo y en la recuperación ecológica de áreas degradadas.

La priorización y el manejo de incendios en la Región de Valparaíso deben considerar no solo la dimensión técnica y espacial del riesgo, sino también la integración de políticas públicas que promuevan una gestión sostenible del territorio, con énfasis en la protección de las comunidades más expuestas, en la restauración de paisajes y medidas que ayuden al desarrollo de territorios resilientes.

**Ilustración 3 Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales**



Como se puede apreciar en las ilustraciones recién expuestas, las áreas de Alta Prioridad de Protección Contra Incendios Forestales se localizan en áreas costeras de interfaz urbano forestal, incluyendo sectores montañosos.

La cobertura georreferenciada presentada en la ilustración anterior formó parte del análisis inicial del presente estudio. Sin embargo, su escala de orden regional de dicho resultado, constituyeron argumentos para la definición de un estudio actualizado, abordado en el presente documento.



### 1.4.3 Otros estudios analizados que conforman la Línea Base

El MIV24, puso de manifiesto nuevamente la problemática de incendios de interfaz en el borde costero de la región de Valparaíso. A partir de dicho evento, fueron emanados una serie de informes técnicos que abordaron las superficies y características principales de dicho evento, catalogado como un incendio de sexta generación, especialmente el incendio denominado Complejo Las Tablas - Reserva Nacional Lago Peñuelas, donde hubo signos de actividad intencional. Este evento extremo afectó a 8.657 hectáreas de terreno en la interfaz bosque-urbano, provocando valiosas pérdidas civiles y materiales<sup>4</sup>.

Los incendios de sexta generación representan una categoría emergente en Chile, muy desafiantes en términos del manejo del fuego, caracterizada por su comportamiento extremo y alta capacidad destructiva. Estos incendios pueden generar su propia dinámica atmosférica, incluyendo pirocumulonimbos, lo que aumenta su intensidad y dificulta su control. Las causas de estos eventos incluyen factores como el cambio climático, que amplía los períodos de riesgo alto, y el abandono rural, que incrementa la acumulación de combustibles en las áreas forestales. Esto ha provocado que los incendios de sexta generación no solo se propaguen rápidamente, sino que también sean capaces de atravesar áreas urbanas y forestales con gran virulencia, complicando los esfuerzos de supresión y poniendo en peligro vidas humanas y propiedades (International Association of Wildland Fire (IAWF)<sup>5</sup>, Science Media Centre España<sup>6</sup>.

En el caso de Valparaíso, estos incendios plantean serias implicancias para la planificación territorial y la gestión de incendios. Dada la interfaz urbano-forestal de la región, la planificación debe priorizar el desarrollo de zonas de amortiguamiento entre áreas urbanas y forestales, así como la implementación de políticas que limiten el crecimiento urbano en zonas de alto riesgo. Adicionalmente, es crucial mejorar la coordinación interinstitucional y los recursos para la prevención y extinción, ya que estos incendios superan las capacidades convencionales de respuesta. La adopción de estrategias de adaptación que incluyan la restauración de ecosistemas y el uso de tecnología avanzada para monitorear condiciones de riesgo también será esencial para mitigar los impactos de estos incendios extremos en el futuro.

En otros estudios con énfasis en áreas de interfaz urbano-forestal, para la Provincia de Valparaíso, se ha reconocido una gran vulnerabilidad a lo largo de los cordones de cerros que bordean los sectores orientales de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, que corresponden primordialmente a la interfaz urbano-forestal.

Lo que “coincide con la permanente amenaza histórica que han tenido esos sectores, desde hace unos 40 o más años, que se traducen en graves daños e impactos, incluyendo la pérdida de vidas humanas y la destrucción de cientos de casas en las temporadas más críticas”.<sup>7</sup>

Complementariamente a estos antecedentes, las coberturas y distintas fuentes de información cartográfica constituyen la línea base del presente estudio.

## 1.5 Metodología

A continuación, se define los referentes del estudio y aspectos a considerar respecto a las bases de información y su tratamiento para generar los resultados del estudio.

---

<sup>4</sup> <https://www.conaf.cl/conaf-entrego-balance-de-incendios-temporada-2023-2024/>

<sup>5</sup> <https://www.iawfonline.org/article/sixth-generation-fires-public/> - <https://www.iawfonline.org/article/six-generation-fires-patagonia-region-development-leads-devastation/>

<sup>6</sup> <https://sciencemediacentre.es/incendios-de-sexta-generacion-que-son-como-les-afecta-el-cambio-climatico-y-formas-de-prevenirlos>

<sup>7</sup> Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, Provincia de Valparaíso. Chile Central. M. Castillo Et Al. 2010

### 1.5.1 Documento base y actualización de conceptos

La determinación de una zonificación por riesgo de incendio, ha sido definida a partir de una modificación de la metodología de Conaf 2010 y 2021. Cuyo resultado se obtiene de la combinación de tres análisis diferentes: Riesgo, Peligro y Daño Potencial, priorizados, los cuales son expuestos brevemente en la siguiente tabla, junto a la conversión de términos utilizada en el presente estudio.

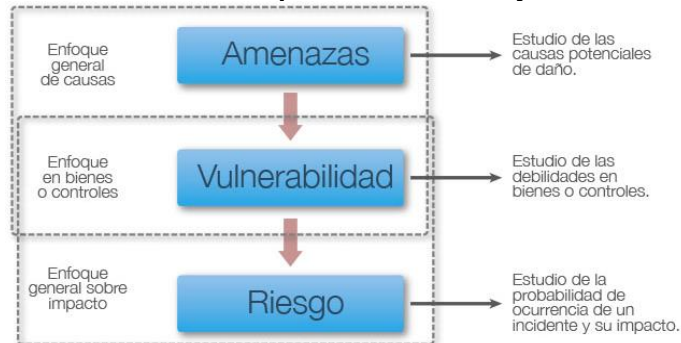
**Tabla 1 Conversión de nomenclatura**

Nomenclatura Conaf 2010	Nomenclatura Conaf 2021	Nomenclatura del presente estudio
Riesgo, entendiendo por este, la probabilidad de ocurrencia de incendios.	Amenaza por posibilidad e intensidad de ocurrencia de un fenómeno	Amenaza por ocurrencia potencial de incendios
Peligro, como la conflictividad en la propagación de los eventuales incendios.		Amenaza por propagación de incendios
Daño Potencial, en relación a las pérdidas e impactos que podrían generarse como consecuencias de los incendios.	Vulnerabilidad en relación con la sensibilidad del territorio si el peligro ocurriese	Vulnerabilidad daño potencial de incendios
Prioridades de Protección, resultado integrado de los análisis de riesgo, peligro y daño potencial.	Cálculo del riesgo, integración de los factores de amenaza y vulnerabilidad	Evaluación del Riesgo / zonas riesgo priorizadas

Fuente: Elaboración propia a partir de Conaf 2010 y 2021.

Como una forma de facilitar las equivalencias entre conceptos se elaboró la tabla anterior, donde se establece el paralelo entre ambos estudios. De esta forma la nomenclatura ha sido actualizada según los lineamientos detallados en el punto Marco conceptual, del presente documento. Estos conceptos originales han sido reorganizados conceptualmente a partir del siguiente esquema.

**Ilustración 4 Conceptos involucrados y su relación**



Fuente: Prandini & Pallero 2013<sup>8</sup>

### 1.5.2 Definición de las Unidades de Superficie de Trabajo

Para la realización de este estudio, fueron utilizadas diversas coberturas de fuentes secundarias en formato vectorial, gran parte de ellas disponibles en la plataforma de infraestructura de Datos Geoespaciales IDE, del Ministerio de Bienes Nacionales.

Las coberturas georreferenciadas fueron convertidas a un formato Raster o matricial, para poder realizar geo procesos, cálculos y fusiones espaciales entre las distintas coberturas.

Una de las diferencias respecto a la metodología de referencia (Conaf) es que en ésta se utilizó una grilla de pixeles de 30 x 30 m (cuadrículas de 900m<sup>2</sup>) provenientes de un Modelo Digital de Terreno (ASTER), con esa resolución espacial. En este caso, la información utilizada para el presente estudio

<sup>8</sup> En: Desarrollo de un modelo para el análisis de vulnerabilidades. Caso de estudio Amazon Echo. Otilia Guzmán 2018 Proyecto de Título Universidad Internacional SEK

“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N° 16.282” correspondió a una cobertura de una mayor resolución, al utilizar un Modelo Digital de Terreno (ALOS-PALSAR) con píxeles de 12.5 x 12.5 m de resolución espacial.

### 1.5.3 Identificación de condicionantes geográficas del territorio y vías de propagación

La región de Valparaíso y en especial el área de estudio presenta una compleja geografía que influye significativamente en la ocurrencia y propagación de incendios forestales. Entre las principales condicionantes geográficas destacan la disposición de la Cordillera de la Costa, los valles interiores, y las áreas urbanas que se entremezclan con zonas forestales en la interfaz urbano-forestal. Estas características generan patrones específicos de riesgo que son determinados por factores como el relieve, la cobertura vegetal, la orientación de pendientes y la proximidad a asentamientos humanos.

#### Condicionantes geográficas claves:

- **Relieve accidentado y pendientes pronunciadas:** La topografía irregular, con cerros y valles estrechos, facilita la propagación de incendios, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas, donde el fuego avanza rápidamente cuesta arriba debido al efecto de convección térmica. Este patrón es particularmente visible en los cordones montañosos cercanos a zonas urbanas, como los cerros de Valparaíso y Viña del Mar.

- **Cobertura vegetal y acumulación de combustibles:** La presencia de matorrales, bosques de pinos y eucaliptos, junto con una acumulación significativa de material vegetal seco, actúa como un combustible altamente inflamable. Esto incrementa el peligro en áreas donde estas coberturas están cerca de viviendas, caminos o infraestructuras críticas.

- **Interfaz urbano-forestal:** Las zonas donde los límites entre áreas urbanas y forestales son difusos representan puntos críticos para la propagación de incendios, ya que combinan fuentes de ignición antropogénicas con vegetación inflamable. Estas áreas son especialmente vulnerables debido a la densidad de construcciones y la dificultad para implementar medidas de contención efectivas.

#### Vías de propagación de incendios:

Los patrones de propagación están influenciados por factores climáticos y topográficos. Los principales corredores de propagación incluyen:

- **Vientos predominantes:** Los vientos costeros, que en muchas ocasiones son intensificados por fenómenos locales como el efecto de valle, actúan como un acelerador para el avance del fuego hacia zonas interiores.

- **Conexión entre áreas rurales y urbanas:** Caminos y senderos en áreas rurales pueden servir como rutas de propagación para incendios, facilitando su traslado hacia asentamientos urbanos.

- **Proximidad de fuentes de ignición:** La combinación de actividades humanas, como quemas agrícolas, y condiciones favorables como sequías prolongadas, crea puntos críticos de inicio que, con frecuencia, se conectan mediante corredores vegetales naturales.

Estas condicionantes son abordadas en las distintas capas temáticas utilizadas en el desarrollo del estudio y sus variados mapas temáticos.

### 1.6 Esquema de trabajo

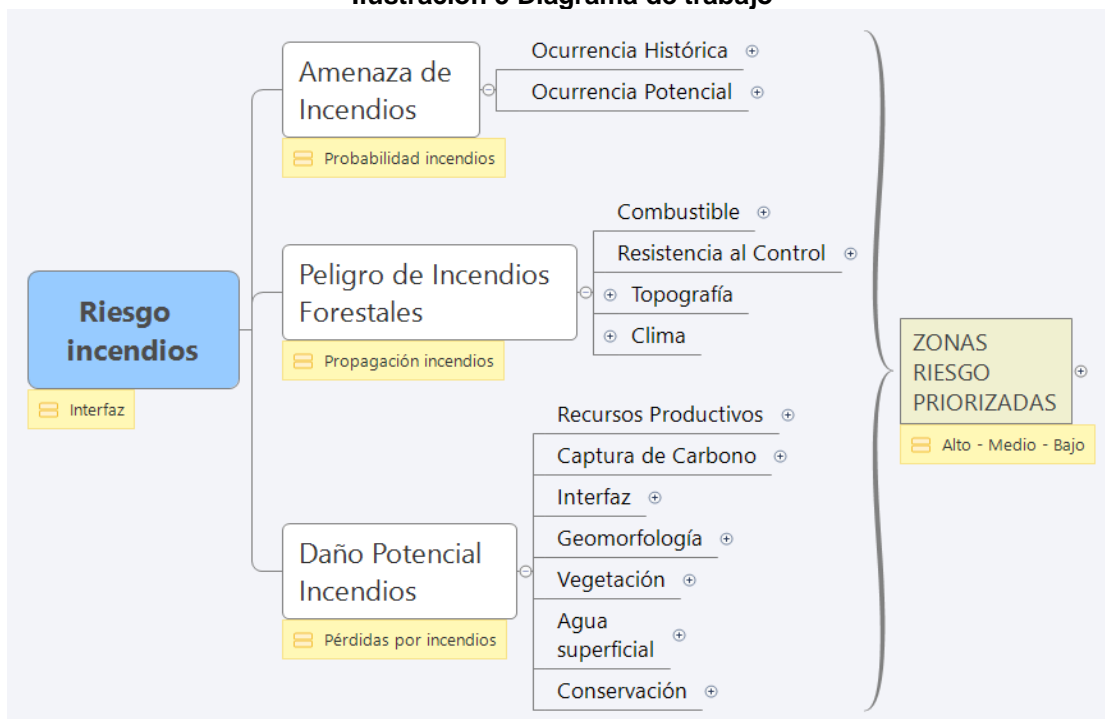
A través del uso de una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se gestionaron las coberturas y se llevaron a cabo procesos de transformación y modelación espacial, siguiendo los parámetros establecidos en la metodología base. En algunos casos, se realizaron ajustes específicos para garantizar la aplicabilidad de los resultados en el área de estudio, priorizando la identificación de zonas de riesgo de incendio en la interfaz urbano-forestal.

El esquema de trabajo se estructuró en varias etapas, en las que se integraron diferentes productos y coberturas, junto con los factores que las componen. Estos elementos se resumen a continuación:

1. **Componentes de Amenaza y Vulnerabilidad:** Cada componente fue evaluado mediante la generación de mapas temáticos, los cuales representan diferentes factores de riesgo. Ejemplos incluyen mapas de densidad de combustibles, inclinación del terreno, uso de suelo y proximidad a zonas urbanas.
2. **Fusión de resultados intermedios:** Los mapas generados para cada factor fueron combinados en capas de resultados intermedios, utilizando operaciones de álgebra de mapas y análisis multicriterio en el SIG. Esta fusión permitió identificar áreas de mayor exposición y susceptibilidad al fuego.
3. **Zonificación de riesgo priorizada:** El análisis final integró los resultados intermedios en un mapa de zonificación del riesgo de incendio. Esta zonificación clasifica las áreas según su nivel de criticidad, desde bajo hasta extremo, para orientar acciones de prevención y mitigación.

El siguiente esquema ilustra el flujo de trabajo, destacando cómo los insumos iniciales se transforman progresivamente hasta llegar al producto final de zonificación de riesgo. Este enfoque sistemático asegura una representación clara y priorizada de las áreas más vulnerables dentro del área de estudio, permitiendo una planificación territorial más eficaz frente al riesgo de incendios forestales.

**Ilustración 5 Diagrama de trabajo**



Fuente: Elaboración propia.

Una descripción más detallada de los puntajes y consideraciones respecto al manejo de las coberturas y sus salidas cartográficas puede ser consultada a partir del siguiente punto.

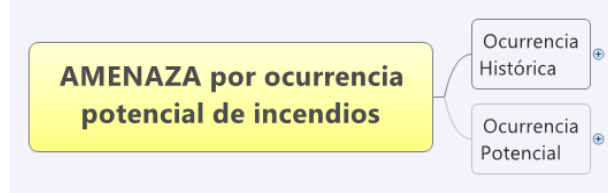
## 1.7 Resultados

Se presentan a continuación los productos intermedios y finales del proceso de trabajo presentado en el esquema anterior.

### 1.7.1 Amenaza por ocurrencia potencial de incendios

Considerando la metodología Conaf, se utilizó como indicador, la Ocurrencia Histórica, y como factores de influencia: La Población y la Red Vial. Cada uno de estos elementos, una vez valorados permitieron medir el riesgo potencial de una determinada área, lo que se ve reflejado en un mapa de riesgo. Véase la siguiente ilustración.

### Ilustración 6 Amenaza por ocurrencia potencial de incendios



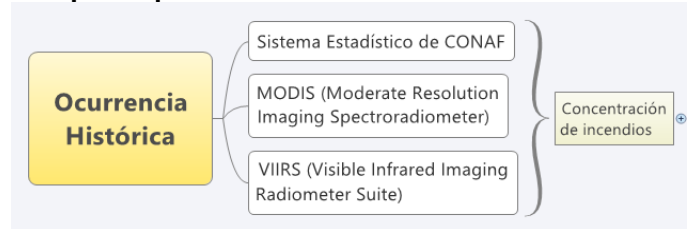
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalla el procedimiento utilizado para el uso década variable bajo estudio

#### 1.7.1.1 Ocurrencia Histórica

Se generó una modelación a partir de focos de incendios históricos registrados para el área de estudio. Una vez cumplido esto, se efectuó un breve análisis de la composición y distribución según las zonas propuestas por el Plan, siendo posible expresar estos resultados en forma de gráficos y su representación espacial mediante el uso de coberturas digitales (véase el siguiente esquema). Esto permitió aportar importantes antecedentes para identificar de mejor forma aquellos sectores en donde el problema de los incendios forestales ha alcanzado los niveles de mayor gravedad y recurrencia.

### Ilustración 7 Esquema para la obtención de Ocurrencia histórica de incendios

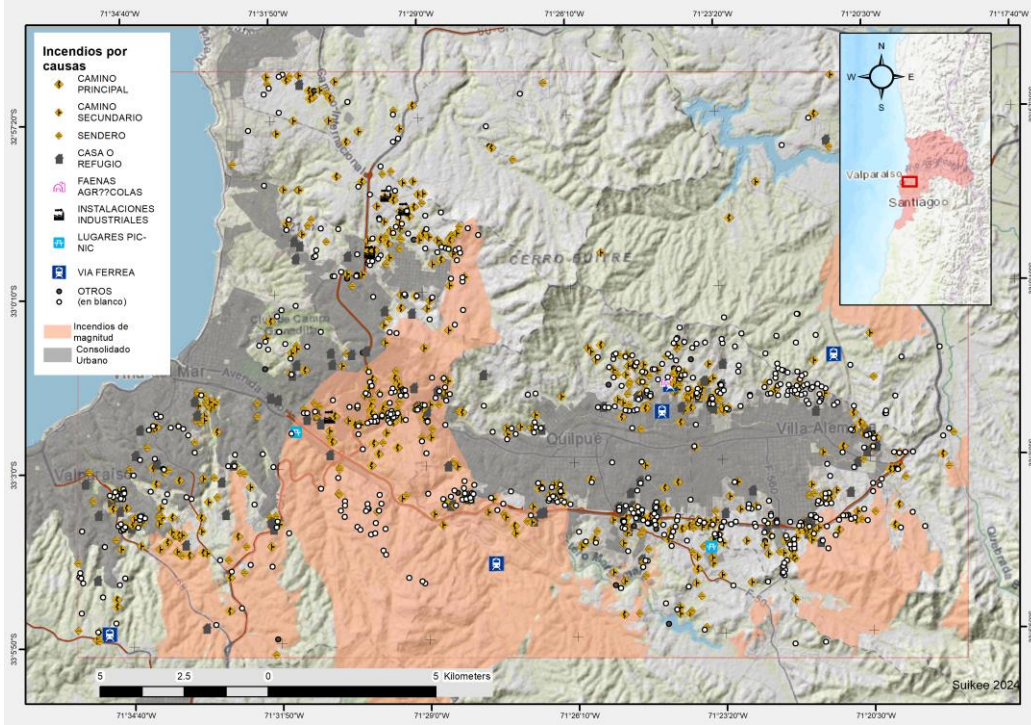


Fuente: Elaboración propia.

#### Conaf

A partir de los antecedentes registrados en el Sistema Estadístico de CONAF fueron compilados una serie de coberturas por períodos de tiempo (desde al año 2010 al 2017), con puntos georreferenciados por la institución representando incendios regionales, los cuales fueron filtrados para trabajar solamente con aquellos coincidentes con el área de estudio, destacando en la simbología de la siguiente Ilustración, la cercanía tipos de uso o infraestructura, lo que puede orientar el proceso de toma de decisión respecto a la gestión territorial frente a este tipo de eventos.

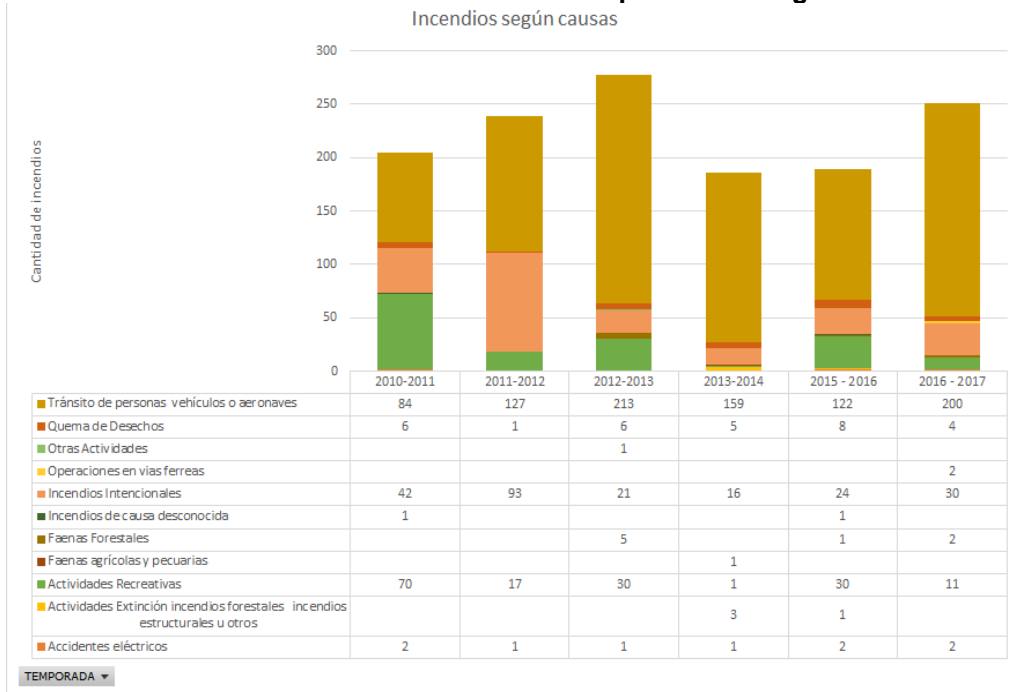
**Ilustración 8 Localización de incendios entre los años 2010 al 2017 por causal**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDE Minagri (<https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/21/desastres/>)

La información contenida en la base de datos de los puntos representados en la ilustración anterior, permiten abordar una serie de aspecto sobre cada evento. A partir de las causas registradas, se aprecia que gran parte de los 1348 incendios identificados entre los años 2010 a 2017 para el área de estudio, son originados por el tránsito de personas vehículos o aeronaves (67%), seguido por Incendios Intencionales (17%) y Actividades Recreativas (12%). Véase el siguiente gráfico.

**Gráfico 1 Caracterización de incendios por causas registradas**

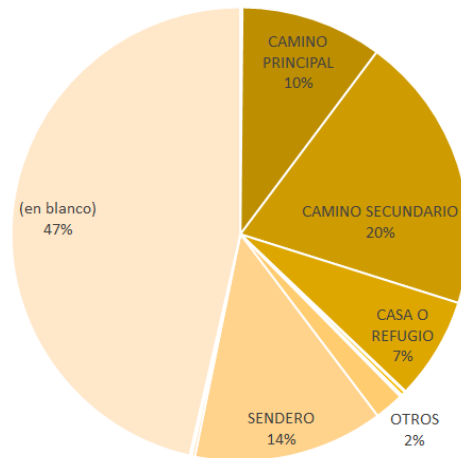


Fuente: Elaboración propia a partir de datos Estadísticos Conaf 2010-2017



Las actividades retratadas en el gráfico anterior se vinculan fuertemente a la red vial, donde la mayoría de los siniestros registrados se localizan en caminos secundarios, seguido por aquellos localizados en senderos y aquellos asociados a los caminos principales del área de estudio. Véase el siguiente gráfico.

**Gráfico 2 Incendios según localización**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Estadísticos Conaf 2010-2017

### **Registro Satelital**

Se integró información complementaria a los puntos de CONAF a partir de la consulta de fuentes de datos de puntos de calor obtenidos de sensores remotos<sup>9</sup>. La primera fuente corresponde a coberturas MODIS<sup>10</sup> (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) y la segunda a coberturas de puntos obtenidas del sensor VIIRS<sup>11</sup> (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), para el período de entre los años 2010 al 2024. Antecedentes compilados a partir del sitio web “Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS)” de la NASA<sup>12</sup>.

Los puntos de calor obtenidos fueron filtrados por el nivel de confianza, en términos de que un píxel observado corresponda efectivamente a un incendio o punto de calor. Este valor ayuda a distinguir entre puntos de calor con alta probabilidad de ser incendios y aquellos que podrían estar causados por otras fuentes de calor, como actividades industriales o agrícolas. Los niveles de confianza suelen corresponder a las siguientes categorías: Low (Baja): Baja probabilidad de que el punto de calor sea un incendio. Nominal (Nominal): Confianza media; puede ser un incendio, pero no es totalmente seguro y High (Alta): Alta probabilidad de que el punto de calor sea un incendio. Para el presente estudio, los puntos asociados a un nivel de confianza bajo (low) fueron descartados.

Una vez representados los 1762 puntos de potencial incendios localizados al interior del área de estudio, éstos fueron re simbolizados por el campo "FRP" (Fire Radiative Power)<sup>13</sup>, clave para identificar los focos de incendio más relevantes. Sus valores fueron jerarquizados en tres categorías, representadas en la siguiente ilustración.

---

<sup>9</sup> VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) y MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) son instrumentos de sensores remotos a bordo de satélites diseñados para monitorear diversos aspectos de la Tierra, incluyendo temperatura, vegetación, humedad, incendios, y otras variables medioambientales y climáticas. Son ampliamente utilizados en el análisis de datos ambientales y de gestión de recursos, gracias a sus capacidades de alta resolución y cobertura global.

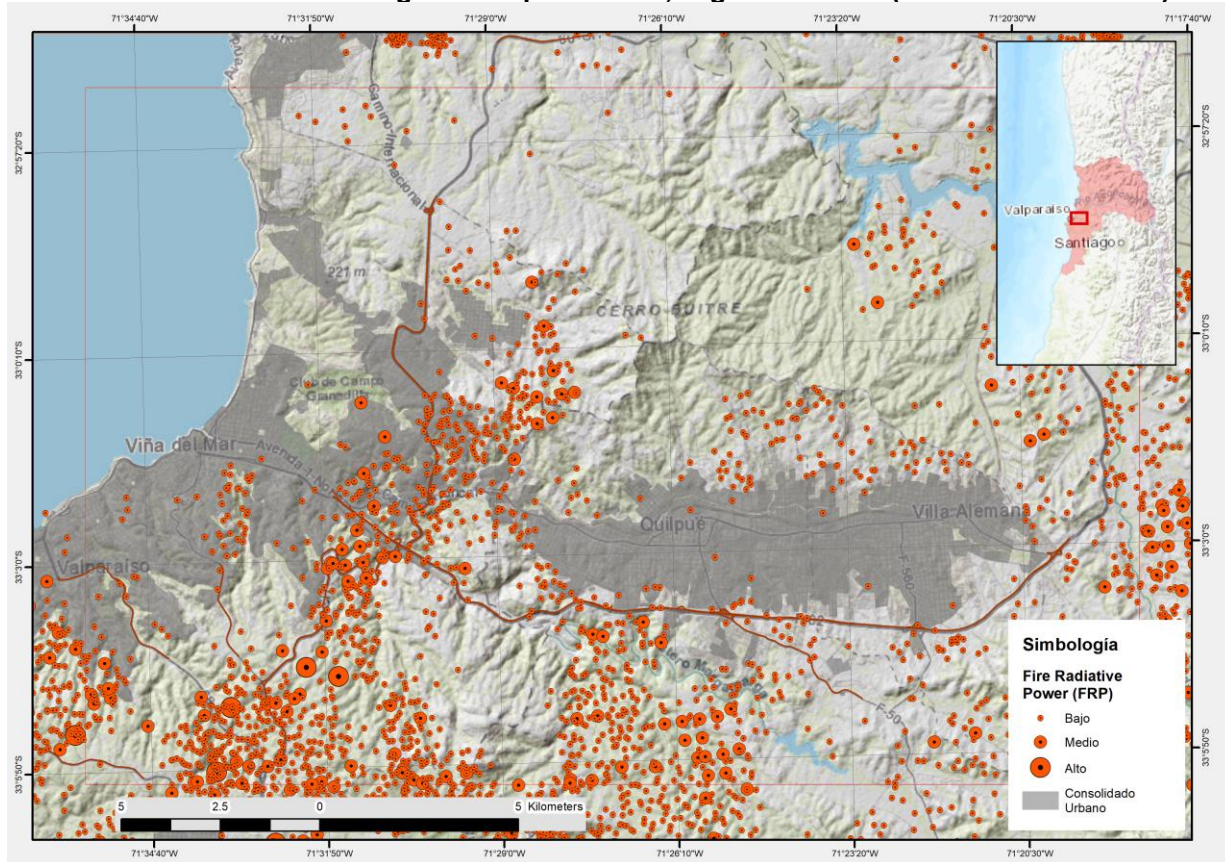
<sup>10</sup> MODIS C6.1

<sup>11</sup> J1 VIIRS C1, J2 VIIRS C1 y SUOMI VIIRS C2

<sup>12</sup> <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

<sup>13</sup> FRP (Fire Radiative Power): Expresado en megavatios (MW), este valor indica la intensidad energética del punto de calor o incendio. Un valor de FRP alto generalmente sugiere un incendio más grande o intenso, lo que lo convierte en una medida relevante para identificar incendios significativos.

### Ilustración 9 Incendios registrados por satélite, según su "FRP" (Fire Radiative Power)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos provenientes de Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) de la NASA

### **Ocurrencia Histórica patrones de distribución**

Se procedió a generar una relación espacial de la cobertura de puntos correspondientes a la base CONAF y satelital, utilizando un modelado Kernel en el análisis de los eventos de incendios como una herramienta valiosa para identificar y analizar patrones espaciales de ocurrencia de incendios en áreas extensas. Este tipo de modelado permite transformar puntos de datos (como ubicaciones de incendios) en superficies continuas, lo cual facilita la identificación visual y cuantitativa de áreas de alta densidad o frecuencia de incendios en el espacio geográfico.

#### Justificación técnica del modelado Kernel en incendios

1. **Detección de Concentraciones Espaciales:** El análisis Kernel aplica una función de densidad que suaviza los datos y genera una superficie donde se destacan las áreas de alta ocurrencia (picos o concentraciones). Esta técnica ayuda a revelar patrones espaciales que pueden no ser evidentes a partir de los puntos de incendios individuales. En el contexto de incendios, esto es crucial para identificar zonas críticas de recurrencia que requieren atención prioritaria para prevención o mitigación (Silverman, 1986)<sup>14</sup>.

2. **Visualización de Gradientes de Riesgo:** El modelado Kernel no solo permite observar dónde se concentran los incendios, sino también los gradientes de densidad de eventos. Estos gradientes indican cómo varía el riesgo de incendios en el espacio, proporcionando información clave para la planificación de la gestión del territorio y la asignación de recursos de prevención y respuesta.

<sup>14</sup> Silverman, B. W. (1986). Density Estimation for Statistics and Data Analysis. London: Chapman and Hall. Disponible en ScienceGate o NED IPAC Caltech.

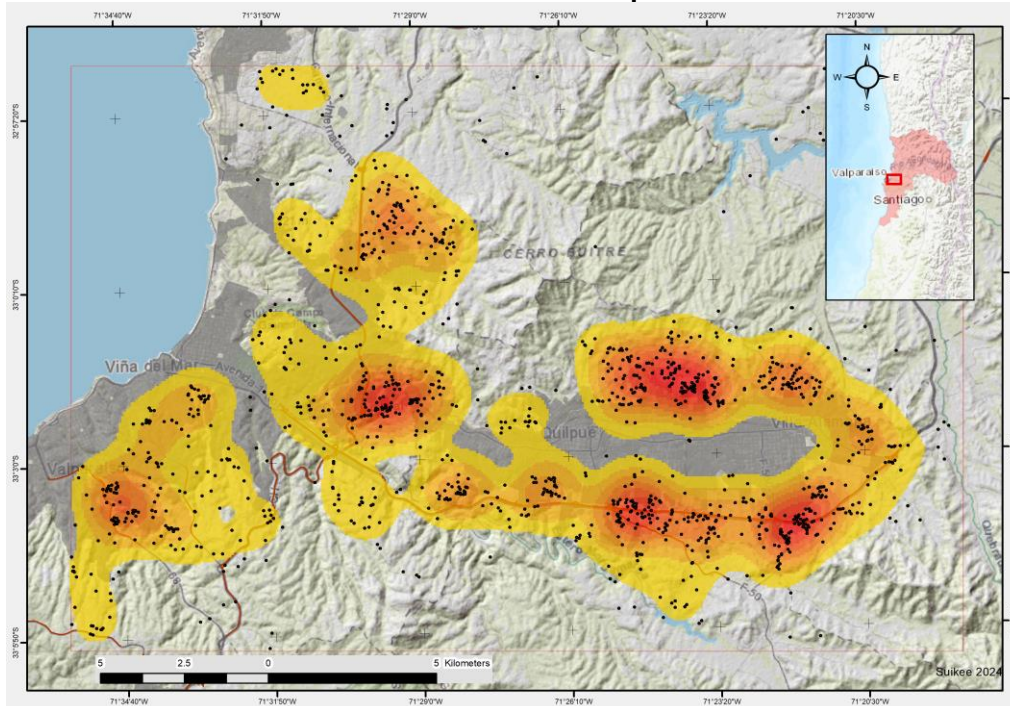


3. Interpretación de valores máximos de ocurrencia: En una superficie Kernel, los valores máximos representan áreas con alta concentración de puntos de incendio, lo que indica zonas con mayor frecuencia de eventos o de riesgo elevado. Esto permite inferir factores subyacentes, como el tipo de vegetación, el uso del suelo o condiciones climáticas específicas que favorecen la propagación del fuego en esas áreas. En el caso de Valparaíso, donde el paisaje de interfaz urbano-forestal es propenso a incendios, los valores altos pueden sugerir zonas que requieren intervenciones preventivas inmediatas (Amatulli et al., 2013)<sup>15</sup>.

4. Adaptabilidad a diferentes escalas: El análisis Kernel es flexible y puede ajustarse a distintas escalas espaciales mediante la selección de radios de influencia o "bandwidth". Esto permite analizar tanto patrones locales (e.g., puntos específicos de inicio de incendios) como tendencias regionales (e.g., focos de incendios recurrentes en un área extensa) en función de los objetivos del estudio (Bailey & Gatrell, 1995)<sup>16</sup>.

La imagen adjunta del modelado de Kernel permite observar que gran parte de los incendios en la región de Valparaíso presentan una fuerte concentración en las zonas urbanas de Quilpué, así como en las áreas altas de Viña del Mar y Valparaíso. Esto refleja la realidad de incendios recientes en la zona, donde factores como la acumulación de vegetación seca y la cercanía a zonas urbanas han intensificado los riesgos. El resultado de dicho procedimiento puede ser consultado en la siguiente ilustración.

**Ilustración 10 Modelado Kernel puntos Conaf**



Fuente: Elaboración propia.

La imagen de modelado de Kernel anterior, ilustra la concentración espacial de incendios en áreas específicas de la región de estudio, destacándose los sectores urbanos de Quilpué y las zonas altas de Viña del Mar y Valparaíso. Cabe recordar que los puntos representan eventos individuales de incendio capturados por el sensor Modis VIIRS, mientras que las áreas de color (de amarillo a rojo) reflejan la densidad de estos puntos a través del modelado de Kernel. Este enfoque permite identificar "zonas calientes" o áreas de mayor ocurrencia de incendios.

<sup>15</sup> Amatulli, G., Camia, A., & San-Miguel-Ayanz, J. (2013). Projected changes in fire danger in the Mediterranean region under future climate. *Science of the Total Environment*, 450, 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.015>

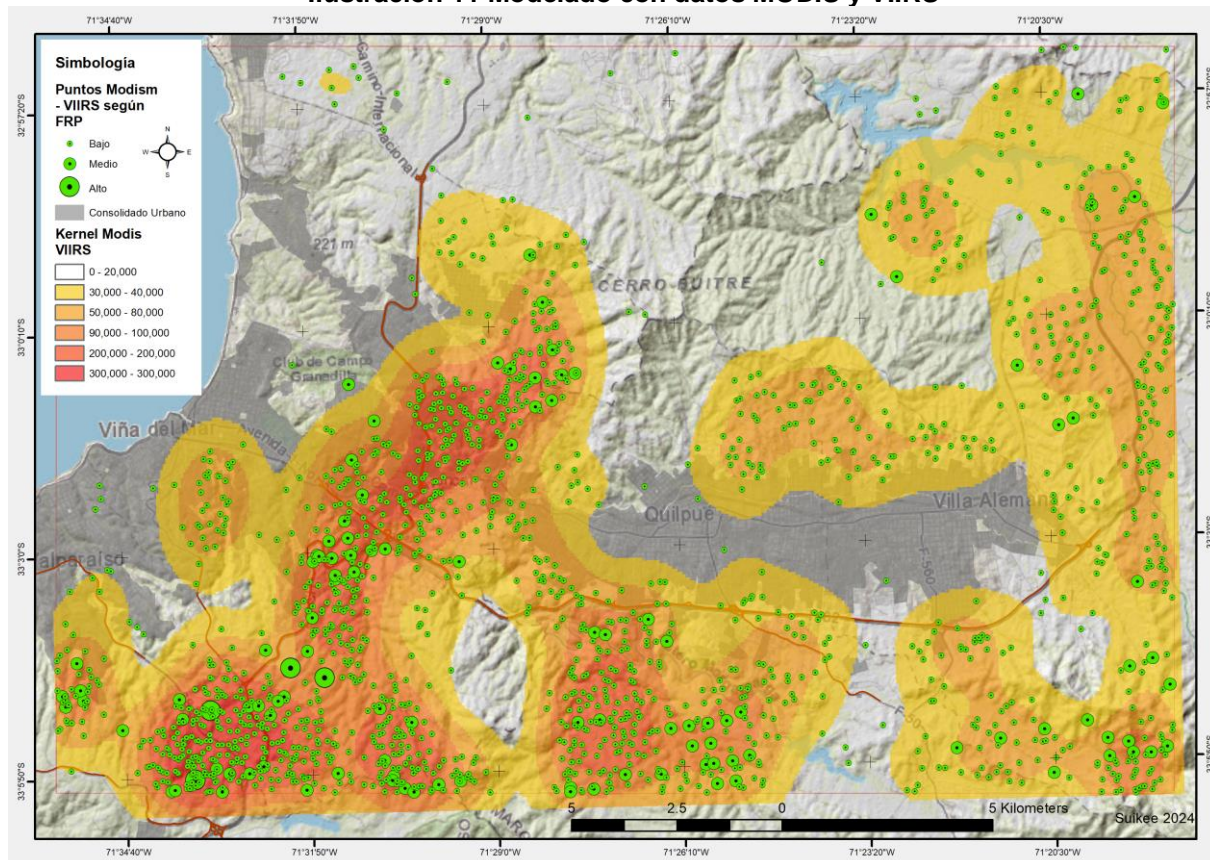
<sup>16</sup> Bailey, T. C., & Gatrell, A. C. (1995). *Interactive spatial data analysis*. Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical; New York, NY: J. Wiley.

En la imagen, las "amebas" o polígonos de colores generados mediante Kernel muestran gradientes de densidad: las zonas en color rojo oscuro indican una alta concentración de incendios, lo cual sugiere patrones de riesgo crítico debido a factores como la acumulación de vegetación seca y la cercanía a áreas urbanas densamente pobladas. Las zonas amarillas representan áreas de menor densidad de eventos, pero aún significativas en términos de exposición al riesgo.

Por ejemplo, los sectores elevados de Quilpué y Viña del Mar presentan densidades de color rojo oscuro, sugiriendo que estas áreas han experimentado múltiples incidentes de incendio. Este patrón es consistente con la información de evacuaciones y afectación reciente en áreas residenciales, como Los Pinos en Quilpué y Reñaca Alto en Viña del Mar.

A continuación, se presenta una ilustración, generada a partir de la modelación Kernel, utilizando los datos de los sensores remotos MODIS y VIIRS.

**Ilustración 11 Modelado con datos MODIS y VIIRS**



Fuente: Elaboración propia

Al analizar la imagen anterior, se observa un refinamiento en la representación de los puntos de incendios en la región de Valparaíso, en especial en la zona urbana de Viña del Mar y Quilpué, que sufrió un incendio de gran magnitud el 2 de febrero de 2024. En comparación con la imagen anterior con los datos de CONAF, esta incluye simbología para el \*Fire Radiative Power\* (FRP), destacando los puntos de incendio con diferentes niveles de intensidad energética (bajo, medio y alto), lo cual ofrece una visión más detallada sobre la severidad y el impacto potencial de estos focos de calor. Los puntos de FRP alto tienden a concentrarse en áreas urbanas y rurales cercanas, donde el riesgo de propagación rápida es considerable debido a la combinación de materiales combustibles y condiciones topográficas favorables.

Los polígonos de colores resultantes del análisis Kernel en esta imagen destacan áreas con densidades de incendios aún mayores que en el primer mapa. Los tonos rojos representan zonas de máxima densidad, que coinciden con áreas afectadas recurrentemente y que estuvieron en el centro del mega incendio de febrero de 2024. Este incendio afectó principalmente los sectores elevados de Viña del Mar y las áreas periféricas de Quilpué, zonas que se ven intensamente marcadas en rojo en

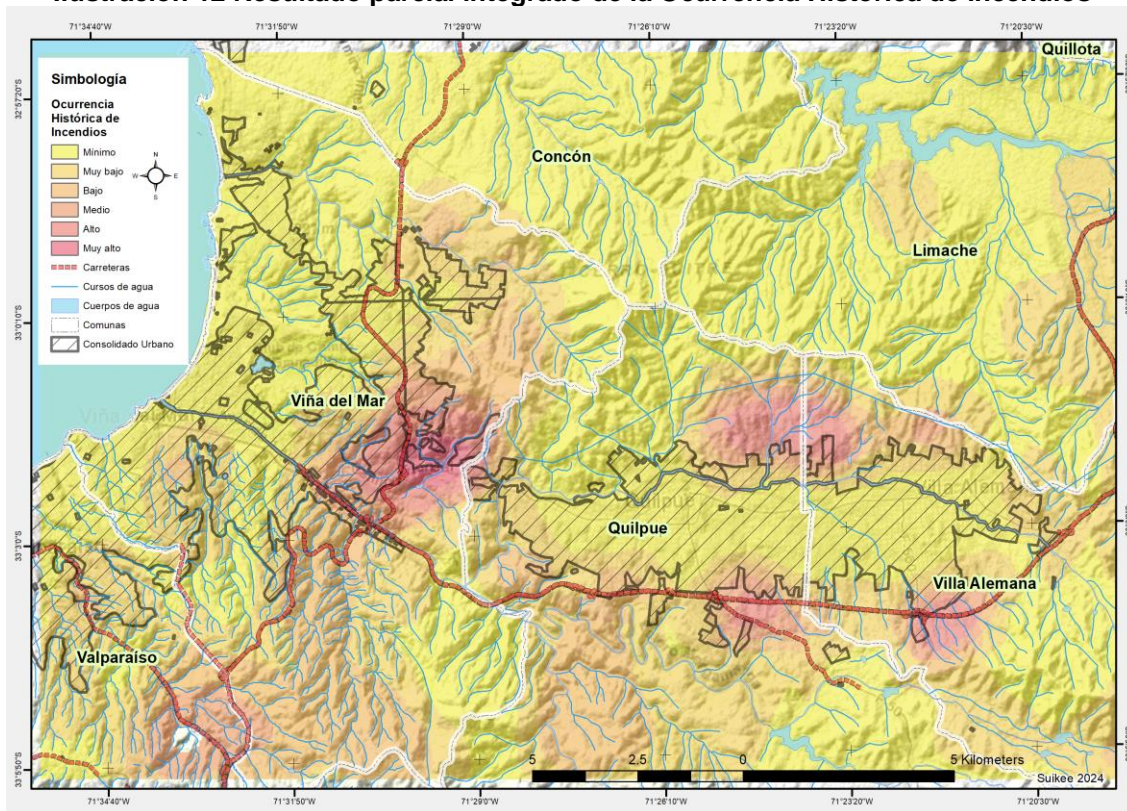


“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N° 16.282”  
esta imagen. Estas regiones poseen características específicas que exacerbam la vulnerabilidad al fuego, como la vegetación densa y las condiciones climáticas propicias, que aumentan el riesgo de ignición y expansión de incendios.

### 1.7.1.2 Resultado parcial integrado de ocurrencia histórica de incendios

Como parte de la metodología expuesta en el Esquema “Amenaza por ocurrencia potencial de incendios”, tras el resultado de los datos CONAF y aquellos derivados de los satélites, ambos resultados se fusionan en la siguiente ilustración, para luego ser utilizada junto con la imagen resultante de la “Ocurrencia Potencial” para ser unidas y obtener la “Amenaza por ocurrencia de Incendios”.

**Ilustración 12 Resultado parcial integrado de la Ocurrencia Histórica de incendios**



Fuente: Elaboración propia

La comparación entre ambas imágenes permite entender mejor cómo el análisis Kernel puede resaltar la frecuencia y distribución espacial de los eventos de incendio. Los valores de densidad obtenidos en el modelo Kernel facilitan la identificación de \*zonas críticas\* donde es prioritario implementar medidas de prevención y gestión del fuego. La inclusión de la clasificación de FRP en la segunda imagen añade una capa de análisis relevante para evaluar el potencial destructivo de cada punto de ignición, apoyando la planificación de respuesta y control de incendios en futuras contingencias.

La fusión de ambos resultados, en la imagen anterior, permite rescatar los elementos más relevantes de cada fuente de información acudida.

### 1.7.1.3 Ocurrencia potencial de incendios

Tal como se expresa en la siguiente ilustración, la ocurrencia potencial de incendios se calcula a partir de las variables representadas por la influencia de la red vial, del tendido eléctrico de alta tensión, y la cantidad de población concentrada en el territorio. Véase la siguiente ilustración.

**Ilustración 13 Diagrama de Ocurrencia potencial de incendios**



Fuente: Elaboración propia.

- **Red Vial**

Se utilizó la red vial como variable principal para evaluar la influencia en la ocurrencia de incendios, aplicando un puntaje normalizado a cada tipo de vía según su clasificación y potencial de incidencia en incendios forestales, Véase la siguiente Tabla.

En particular, se estableció un rango de influencia basado en el análisis de “Ocurrencia Histórica”, con énfasis en los patrones espaciales de incendios observados en el Gráfico 3: "Incendios según localización". Esta referencia permitió identificar que las vías secundarias presentan una mayor incidencia de puntos de ignición, probablemente debido a un mayor uso recreativo, acceso rural, y a la cercanía de combustibles naturales no intervenidos.

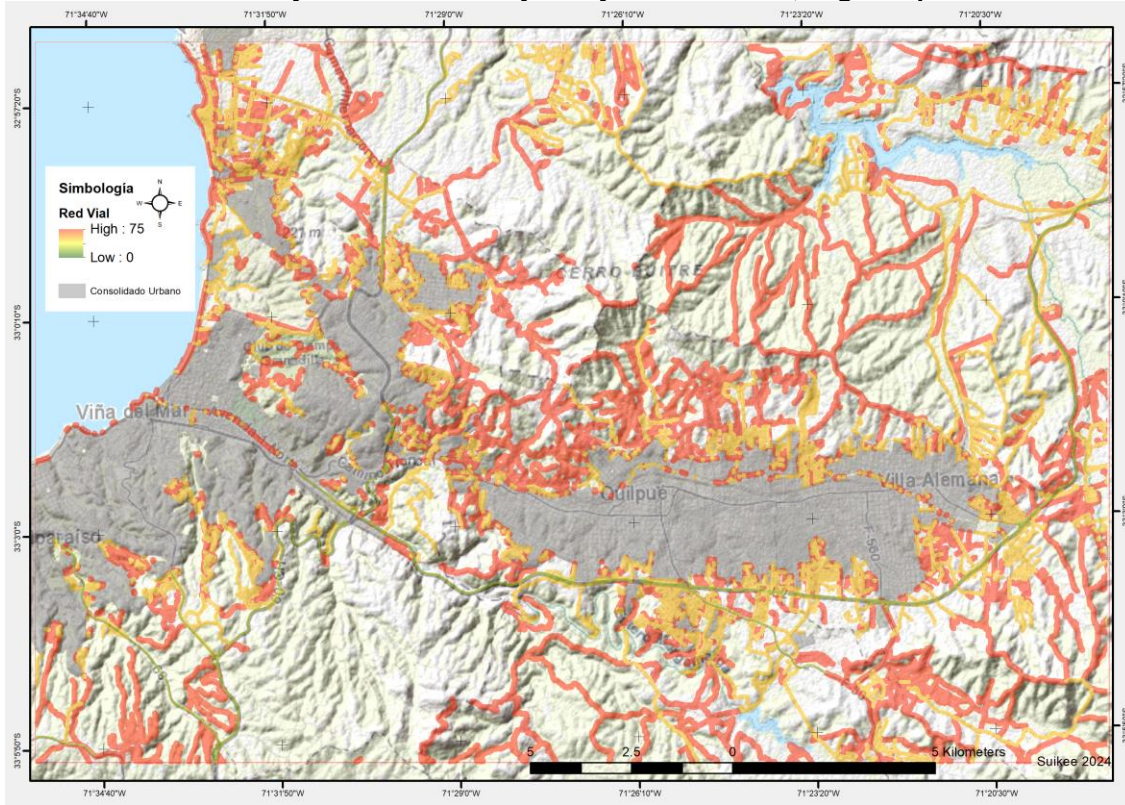
**Tabla 2 Distribución de Puntajes y Franja de Influencia por Tipo de Red Vial**

Tipo de Red Vial	Puntaje Normalizado	Franja de Influencia (m.)
Carreteras	25	25
Caminos y calles	50	50
Senderos y vías menores	75	75

Fuente: Modificado de Conaf 2010.

La espacialización de la red vial, con la asignación de los puntajes de la tabla anterior, puede ser consultada en la lustración siguiente. En la imagen "Franja de Influencia según Tipo de Red Vial", se observa que las zonas adyacentes a las vías principales, secundarias y caminos menores están clasificadas con rangos de influencia en colores que van del verde (bajo) al rojo (alto), indicando un gradiente de riesgo de ocurrencia de incendios. Las vías secundarias y terciarias presentan una coloración predominante en rojo y naranja, indicando un puntaje de influencia elevado. Este patrón se vincula con la evidencia de que en estas vías se originan la mayoría de los incendios históricos, lo cual sugiere un riesgo significativo en estas áreas.

### Ilustración 14 Puntajes Normalizados y Franja de Influencia, según Tipo de Red Vial



Fuente: Elaboración propia.

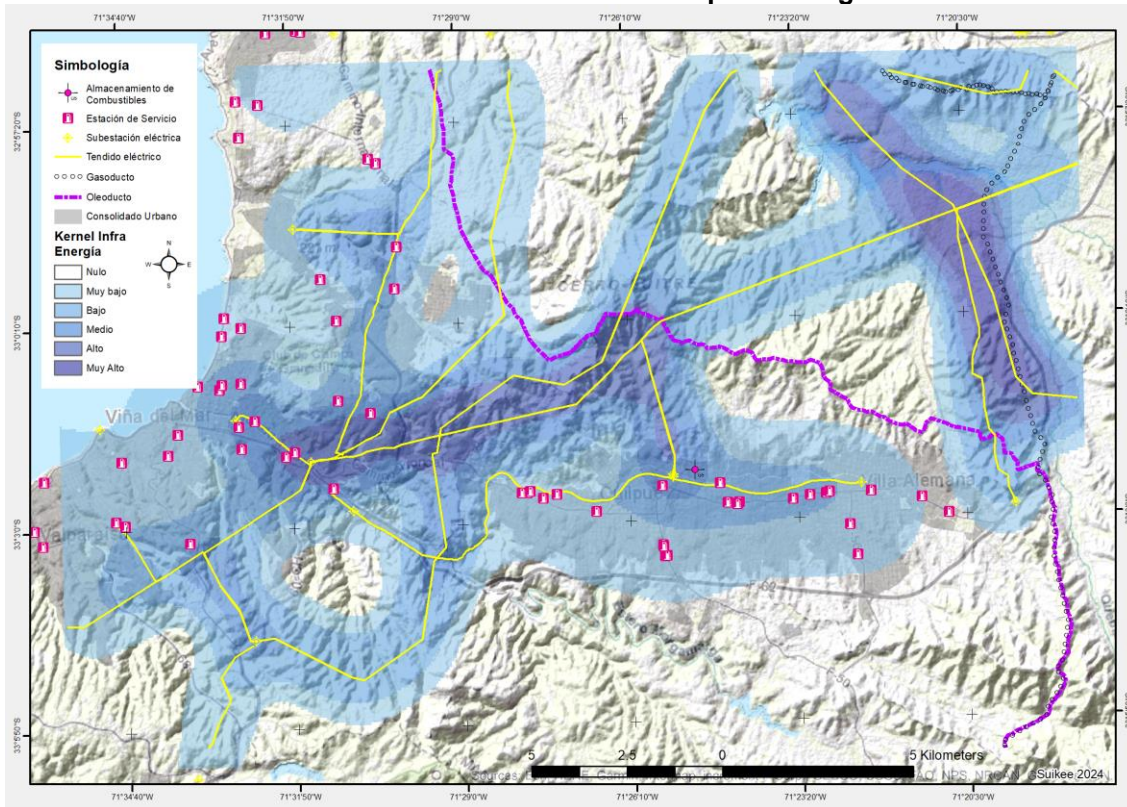
El mapa anterior proporciona una visualización clara de la red vial y sus zonas de influencia según el riesgo de incendio, lo cual es importante para la planificación de medidas preventivas y el despliegue de recursos en áreas con mayor vulnerabilidad. Este enfoque permite priorizar la vigilancia y control en tramos específicos de la red vial que históricamente han mostrado una mayor incidencia de ignición, optimizando los esfuerzos de mitigación de incendios forestales en la región.



### 1.7.1.4 Infraestructura de transporte energético.

Se aborda a continuación el equipamiento asociado a energía, oleoductos, gasoductos y tendidos de alta tensión agrupado bajo el término "Infraestructura energética y de transporte de recursos" o "Infraestructura de transporte energético". Que abarca instalaciones y sistemas necesarios para el transporte, distribución y gestión de energía y recursos como electricidad, gas y petróleo. Las cuales están representadas en la siguiente ilustración.

**Ilustración 15 Infraestructura de transporte energético**



Fuente: Elaboración propia.

La ilustración anterior muestra la distribución espacial de la infraestructura de transporte energético en el área de estudio, representada mediante áreas de influencia generadas con el método de Kernel. Estos polígonos destacan las áreas de influencia y potencial riesgo de incendio asociados a diferentes elementos de infraestructura, como oleoductos, gasoductos, estaciones de servicio, tendidos eléctricos, subestaciones eléctricas y puntos de almacenamiento de combustibles.

Los polígonos de Kernel, en gradaciones de color de azul, indican la intensidad de influencia de cada elemento de infraestructura en relación con el riesgo de incendio<sup>17</sup>. Las áreas con colores más oscuros, correspondientes a valores de Kernel más altos, sugieren zonas de mayor riesgo debido a la proximidad y densidad de elementos potencialmente inflamables o de alto voltaje. Los elementos específicos están representados en el mapa con símbolos característicos: las líneas de oleoducto y gasoducto están indicadas con líneas punteadas y continuas respectivamente, mientras que los puntos de almacenamiento de combustibles y estaciones de servicio están señalados con íconos específicos.

Esta distribución espacial ayuda a identificar las áreas prioritarias para el monitoreo y gestión de riesgos, particularmente en las proximidades de infraestructuras críticas que, en caso de incidentes,

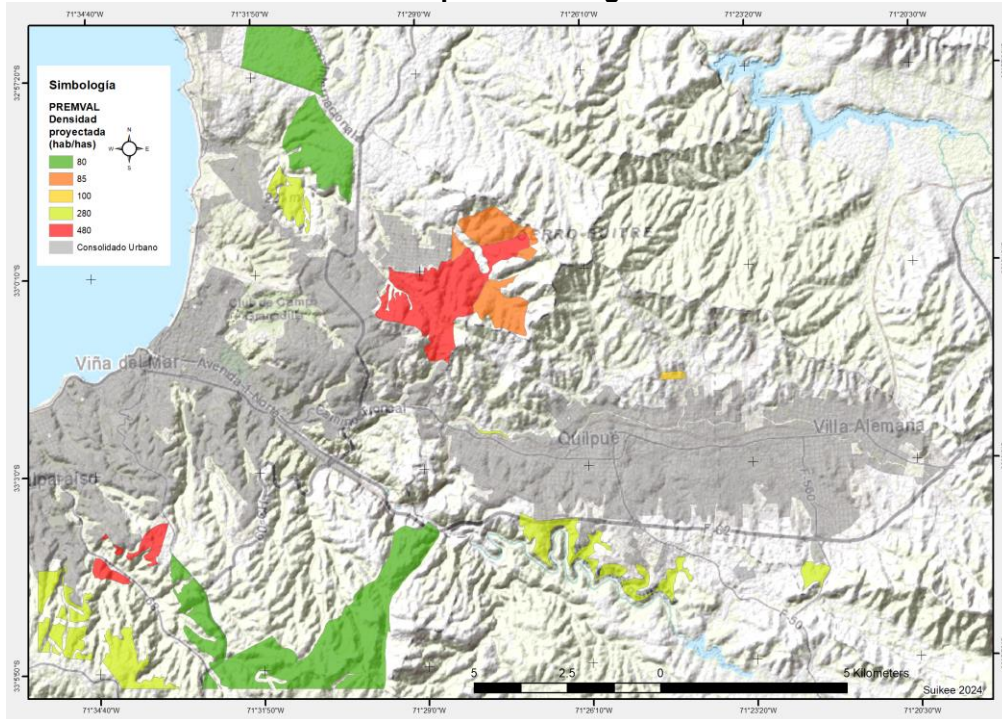
<sup>17</sup> Cabe mencionar que este factor no fue considerado en el estudio original de Conaf 2010, y en el del año 2021 se incluyen como infraestructura crítica, por lo que se adaptó la metodología entendiendo que este tipo de infraestructura puede ser capaz de generar eventuales incendios o constituir fuentes de combustible relevantes en el contexto de mega incendios.

“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N°16.282”  
 pueden representar un peligro elevado de incendio. La visualización del Kernel permite una evaluación precisa de las zonas de influencia y facilita la toma de decisiones en la planificación de medidas de prevención y mitigación de incendios en áreas urbanas y rurales.

### 1.7.1.5 Densidad poblacional proyectada por PREMVAL y Consolidado Urbano

Como una forma de representar la influencia potencial de los incendios a partir de los núcleos de población, se incorporó la cobertura de zonificación de PREMVAL<sup>18</sup>, en especial su clasificación de densidades promedio proyectadas, véase la siguiente Ilustración. A partir de dicha información se atribuyó a los polígonos de densidad superior a cero, rangos de puntajes para este variable considerando los valores del estudio CONAF 2010.

**Ilustración 16 Densidades de población según zonificación PREMVAL**



Fuente: Elaboración propia a partir de zonificación PREMVAL

Se determinó el número de habitantes, de las densidades promedio por cada polígono urbano, para cada una de las cuales se estableció una franja de influencia, a partir de los lineamientos del estudio de referencia de CONAF.

El resultado obtenido fue complementado con el polígono que representa el consolidado urbano, en el entendido que esta superficie presenta en efecto una concentración poblacional relevante. Para la determinación de la densidad de este polígono se utilizó el promedio de las comunas pertenecientes al PREMVAL, presentes en el área de estudio, correspondientes a las siguientes densidades promedio Valparaíso 59 hab /há, Viña del Mar 42 hab / há, Concón 134 hab / há, Quilpué 55 hab / há y Villa Alemana 49 hab / há, las cuales fueron promediadas para la obtención de 67.8 hab / há para el Consolidado Urbano. Véase la siguiente Tabla.

Complementariamente se generó una franja perimetral de 100 metros desde dicho consolidado urbano, para incorporar aquellos espacios cercanos a las ciudades, donde se desarrolla una interacción importante entre los espacios de uso urbano y su entorno semi natural, otorgando a esta franja un puntaje similar al de la zona de mayor densidad proyectada de PREMVAL (Zona de extensión urbana), como una aproximación conservadora respecto a la interacción con incendios de interfaz<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> <https://instrumentosdeplanificacion.minvu.cl/files/maps/1776/3B.31-4-128b13a.05.pdf>

<sup>19</sup> Las zonas ZEU 12 A y B, y ZEU 4 y 6 se localizan fuera del área de estudio



A continuación, se detallan los puntajes normalizados para cada rango de población establecido por PREMVAL, así como la definición de los puntajes asociados al área del consolidado urbano y su franja perimetral. Véase la siguiente Tabla.

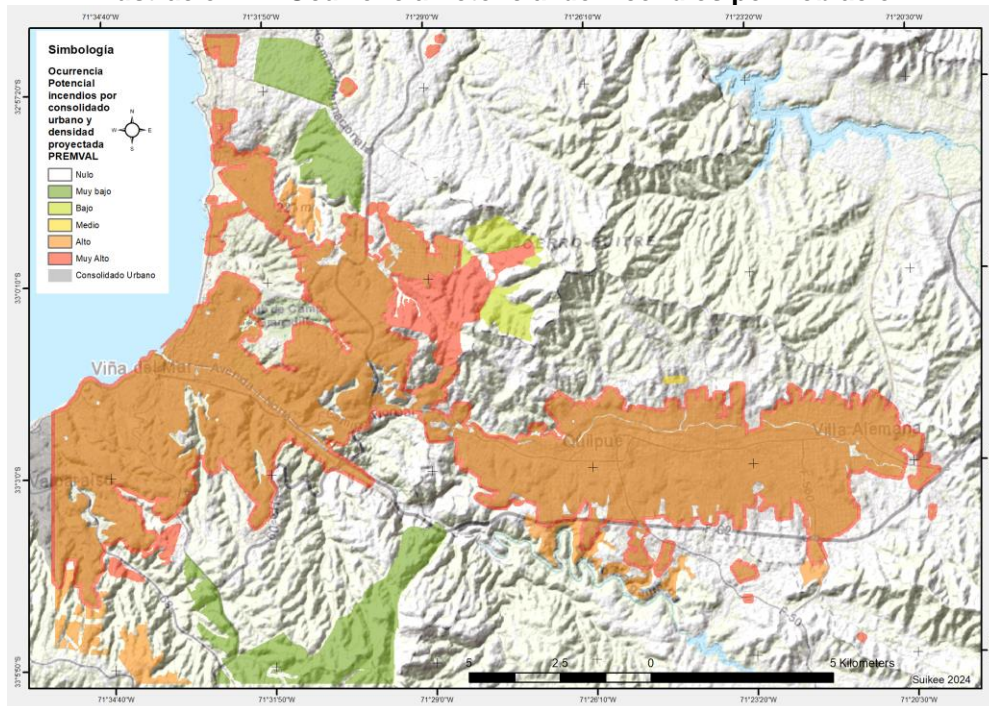
**Tabla 3 Distribución de Puntajes Según Rango de Población y Franja de influencia<sup>20</sup>**

Tipo	ZONA	DENSIDAD	PUNTAJE	
PREMVAL	ZEU 12 B	20	8	
	ZEU 12 A	30	13	
	ZEU 4	30		
	ZEU 6	60	25	
	ZEU 2	80	33	
	ZEU 5	80		
	ZEU 8	80		
	ZEU 3	85	35	
	ZEU 1	100	42	
	Consolidado Urbano	ZEU 10	280	58
		ZEU 11	280	
		ZEU 7	280	
		ZEU 9	480	100
Urbano		68	27	
Buffer	-	100		

Fuente: Elaboración propia, a partir de zonificación PREMVAL.

La representación espacial de los puntajes y zonas seleccionadas puede ser consultada en la siguiente ilustración. En la cual se aprecia la localización de las zonas PREMVAL identificadas en la ilustración anterior, como también la cobertura del consolidado urbano y una franja de 100 metros alrededor de éste, con una paleta de colores correspondiente a la descripción de la tabla recién presentada.

**Ilustración 17 Ocurrencia Potencial de incendios por Población**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>20</sup> Las franjas Distribución de Puntajes Según Rango de Población y Franja de influencia, fueron elaboradas a partir de la metodología Conaf 2010. Sin embargo, dicho estudio, de carácter regional, utilizó franjas de un ancho que doblaba las métricas utilizadas en el presente estudio, por lo que se restringió el ancho de las franjas para su expresión final en este estudio.



En definitiva, se puede apreciar que las áreas de mayor ocurrencia potencial de incendios, bajo este factor de análisis, se desarrollan en las inmediaciones de los sectores afianzados por la trama urbana, así como en aquellas zonas donde se prevé un proceso de expansión urbana, como los sectores de Reñaca Alto y Cerro Colorado, entre otros.

### 1.7.1.6 Resultado parcial integrado de ocurrencia potencial de Incendios

A continuación, se realiza una imagen con la fusión de los resultados de este ítem, es decir de:

#### Red Vial

- Carreteras
- Caminos primarios
- Caminos secundarios, sendas y otros

#### Población

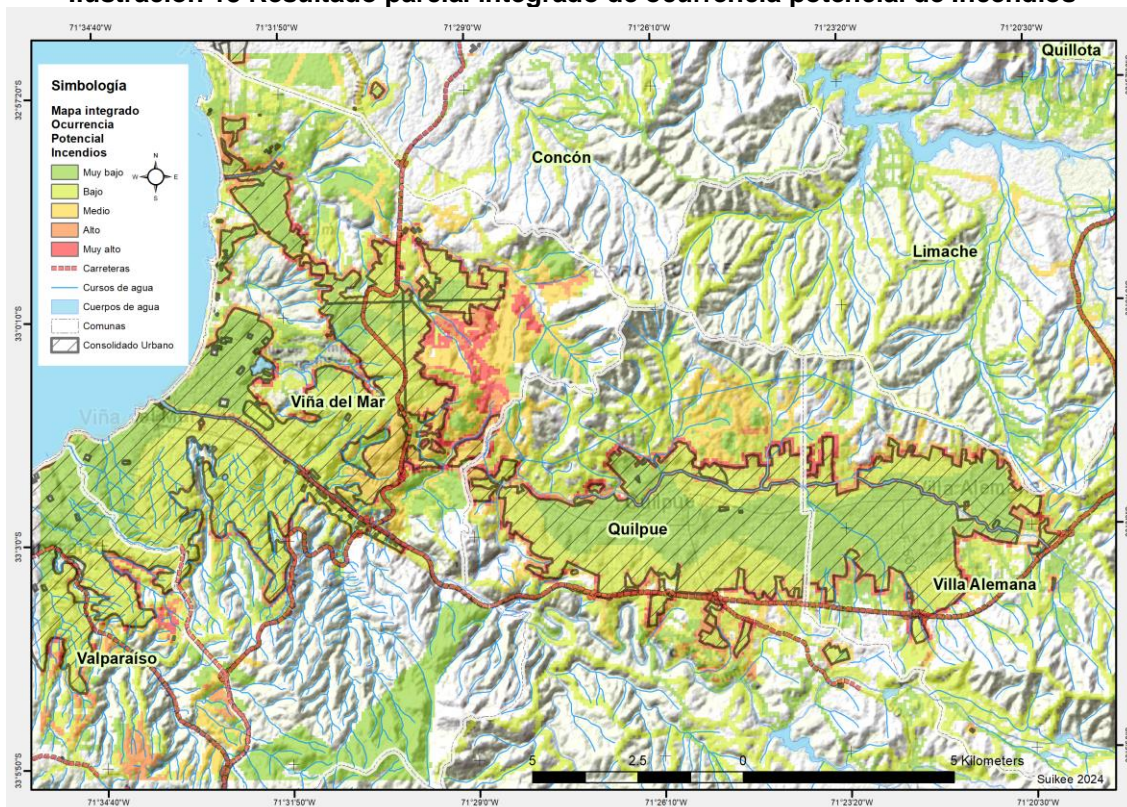
- Zonas PREMVAL por densidad poblacional
- Consolidado urbano
- Franja perimetral

#### Infraestructura de transporte energético

- Oleoductos
- Gasoductos
- Estaciones de servicio
- Tendidos eléctricos
- Subestaciones eléctricas
- Almacenamiento de combustibles de estos resultados parciales:

Al igual que en el caso de los incendios históricos, las coberturas fueron fusionadas en una plataforma SIG, obteniendo como resultado de los puntajes de cada una de ellas, la siguiente ilustración.

**Ilustración 18 Resultado parcial integrado de ocurrencia potencial de Incendios**

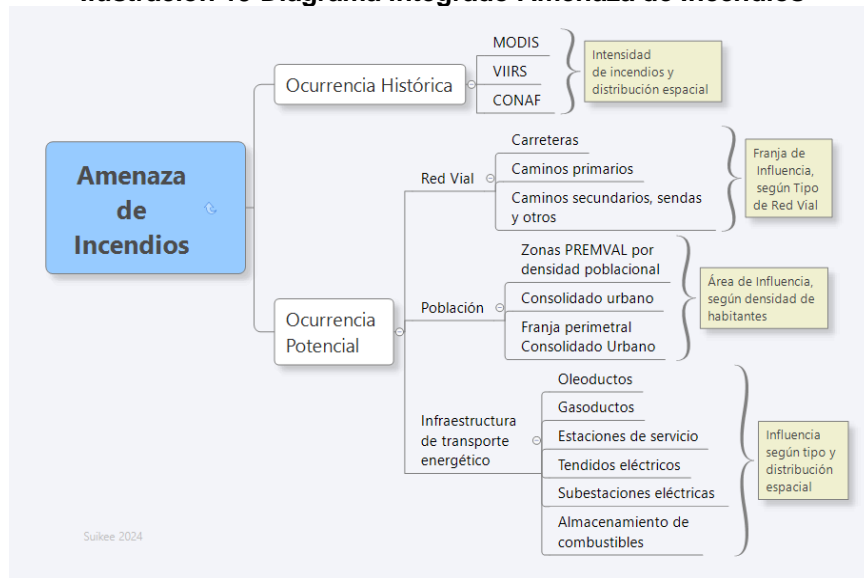


Fuente: Elaboración propia

**1.7.1.7 Resultado integrado Amenaza por ocurrencia potencial de incendios**

El análisis llevado a cabo sobre la amenaza de incendios se basó en un enfoque multivariado que integró capas ráster intermedias, evaluando rangos de puntaje para cada cobertura temática. Véase la siguiente Ilustración.

**Ilustración 19 Diagrama integrado Amenaza de Incendios**



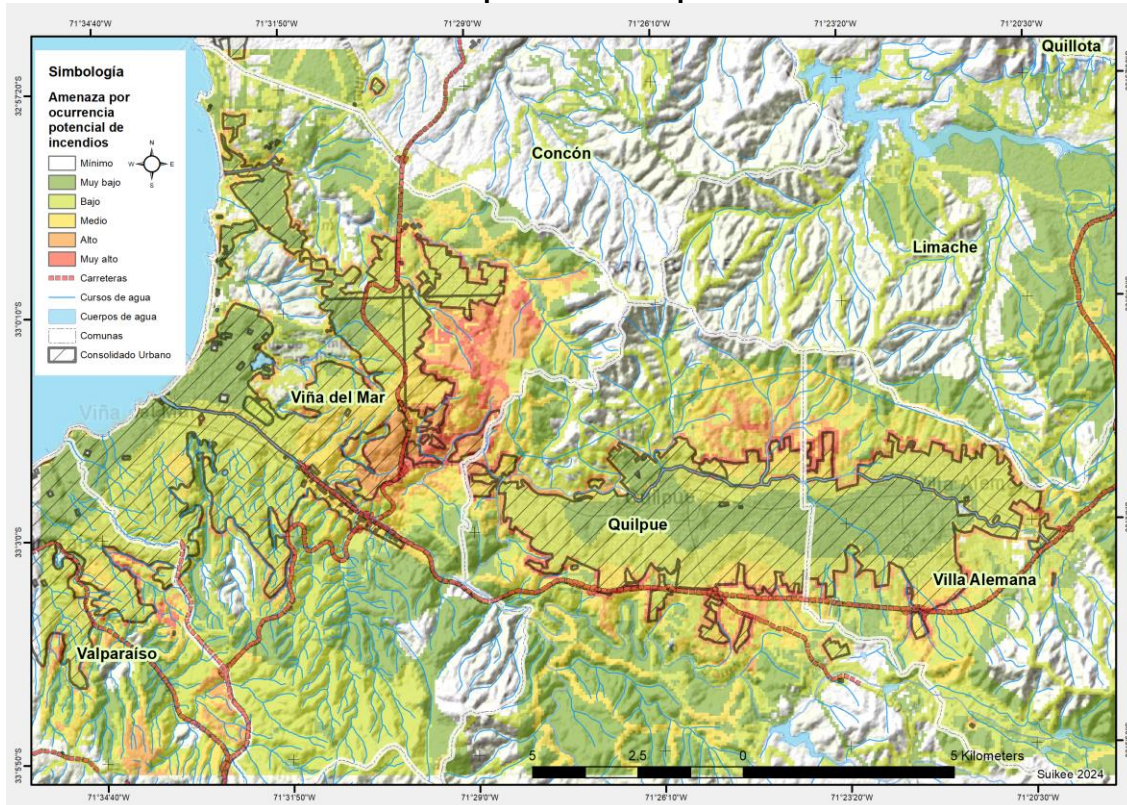
Fuente: Elaboración propia.

El esquema conceptual presentado resalta los factores clave evaluados: a saber, la ocurrencia histórica, compuesta por el registro de datos derivados de sensores MODIS y VIIRS, así como reportes locales (e.g., CONAF) y la Ocurrencia potencial, que considera la presencia de infraestructuras críticas como redes viales, densidad poblacional y transporte energético, determinando franjas de influencia y su impacto en la propagación de incendios.

Posteriormente a través del uso de herramientas de álgebra de mapas en un entorno SIG, se realizó una expresión matemática que permitió combinar estas capas para generar un mapa final que refleja las amenazas según gradaciones de color. Véase la siguiente Ilustración.



### Ilustración 20 Amenaza por ocurrencia potencial de incendios



Fuente: Elaboración propia.

#### Áreas de Alta Amenaza (Tonos Rojos):

Las zonas de mayor amenaza potencial se concentran en las interfaces urbano-rurales, específicamente en las periferias de centros urbanos como Viña del Mar y Quilpué. Esto incluye áreas como Reñaca Alto y Cerro Colorado, donde la presión de crecimiento urbano y la alta densidad de población amplifican el riesgo.

Estas áreas destacan no solo por la presencia de infraestructura urbana y energética, sino también por su proximidad a zonas con mayor presencia de vegetación seca y condiciones propensas a la ignición.

#### Áreas de Amenaza Media (Tonos Amarillos):

Estas zonas tienden a estar ubicadas en áreas suburbanas y en sectores montañosos próximos a las ciudades. Aunque presentan una densidad poblacional importante la trama urbana construida y su equipamiento reducen la cantidad de incendios en su interior y contribuyen al riesgo moderado.

#### Áreas de Baja Amenaza (Tonos Verdes):

Se encuentran principalmente en sectores montañosos y rurales, alejados de la infraestructura vial y con baja densidad de población.

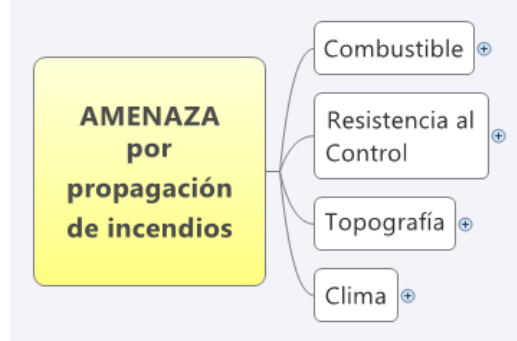
Estas áreas están menos expuestas al impacto humano directo y, en general, tienen una menor probabilidad de incendios debido a las características del suelo y la vegetación, así como a la menor accesibilidad.

### 1.7.2 Amenaza por propagación de incendios

Esta amenaza por propagación de incendios forestales corresponde con la posibilidad de ignición, su difusión o irradiación y las dificultades de control del fuego una vez iniciado. Esto representado básicamente por los tipos de combustibles y las variables que influyen en su composición, ordenamiento, volumen, condición y localización.

De acuerdo con lo expresado, se utilizó como variables para el análisis del peligro: el Combustible vegetal (Potencial de Propagación), la Resistencia al Control de las unidades de vegetación, la Topografía, a través de la Pendiente y Exposición, y el Clima. Véase el siguiente esquema.

**Ilustración 21 Diagrama de Amenaza por propagación de incendios**



Fuente: Elaboración propia

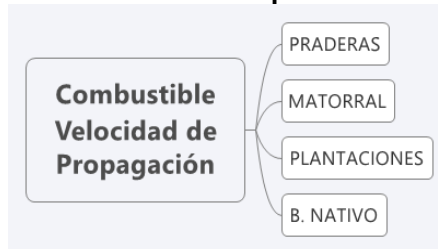
A continuación, se detalla el procedimiento utilizado para cada variable bajo estudio.

#### 1.7.2.1 Identificación de zonas de acumulación de biomasa - Velocidad de Propagación

El análisis presentado a continuación evalúa el potencial de propagación de combustibles forestales en el área de estudio, utilizando como base el proyecto “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile” (CONAF), actualizado en 2019. Esta información se complementa con datos específicos de la clasificación de vegetación y sus características de combustibilidad, considerando las equivalencias proporcionadas por CONAF (2010).

Como se mencionó en el párrafo anterior, la metodología utilizada comprendió la ponderación de las coberturas del Catastro de Bosque Nativo, la que se llevó a cabo con base en las propiedades físicas y estructurales de la vegetación descritas en su base de datos, que influyen en la velocidad de propagación del fuego. Para cada tipo de vegetación, se asignaron puntajes normalizados (ver tabla) que reflejan su capacidad de propagación. Estas categorías se derivan de la interacción entre estructura, densidad y tipo de vegetación, expresadas en el siguiente esquema.

**Ilustración 22 Coberturas consideradas para la Velocidad de Propagación**



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se resume los puntajes normalizados a partir de velocidad de propagación de las formaciones vegetales. Destacando el Bosque Nativo y Mixto: Diferenciados entre renovales, adultos y plantaciones, con velocidades de propagación menores en bosques densos y mayores en los abiertos

y muy abiertos. Matorrales: Con alta capacidad de propagación, especialmente en formaciones abiertas y escasas. Finalmente, el grupo de Praderas y plantaciones agrícolas: Clasificadas con puntajes altos debido a la continuidad de combustibles y poca humedad relativa.

**Tabla 4 Clasificación y Calificación de Modelo de Combustible**

SUBUSO	ESTRUCTURA	COBERTURA	Puntaje Modelo de Combustible	
Bosque Mixto	Nativo con Exóticas Asilvestradas	Abierto	48	
		Denso	20	
		Semidenso	20	
	Nativo-Plantación	Abierto	48	
		Denso	24	
		Semidenso	17	
Bosque Nativo	Adulto	Abierto	55	
		Denso	20	
		Muy Abierto	65	
		Semidenso	10	
	Renoval	Abierto	43	
		Denso	13	
		Muy Abierto	70	
		Semidenso	23	
Matorral	No Aplica	Abierto	67	
Matorral Arborescente		Abierto	67	
Matorral con Suculentas		Semidenso	39	
		Abierto	67	
		Escaso	72	
Matorral-Pradera		Muy Abierto	70	
		Abierto	67	
		Muy Abierto	70	
Plantación		Adulta	Semidenso	42
Praderas		Pradera Perenne	No Aplica	18
	Praderas Anuales	80		
Rotación Cultivo-Pradera	No Aplica			80
Terreno de Uso Agrícola				55
				50

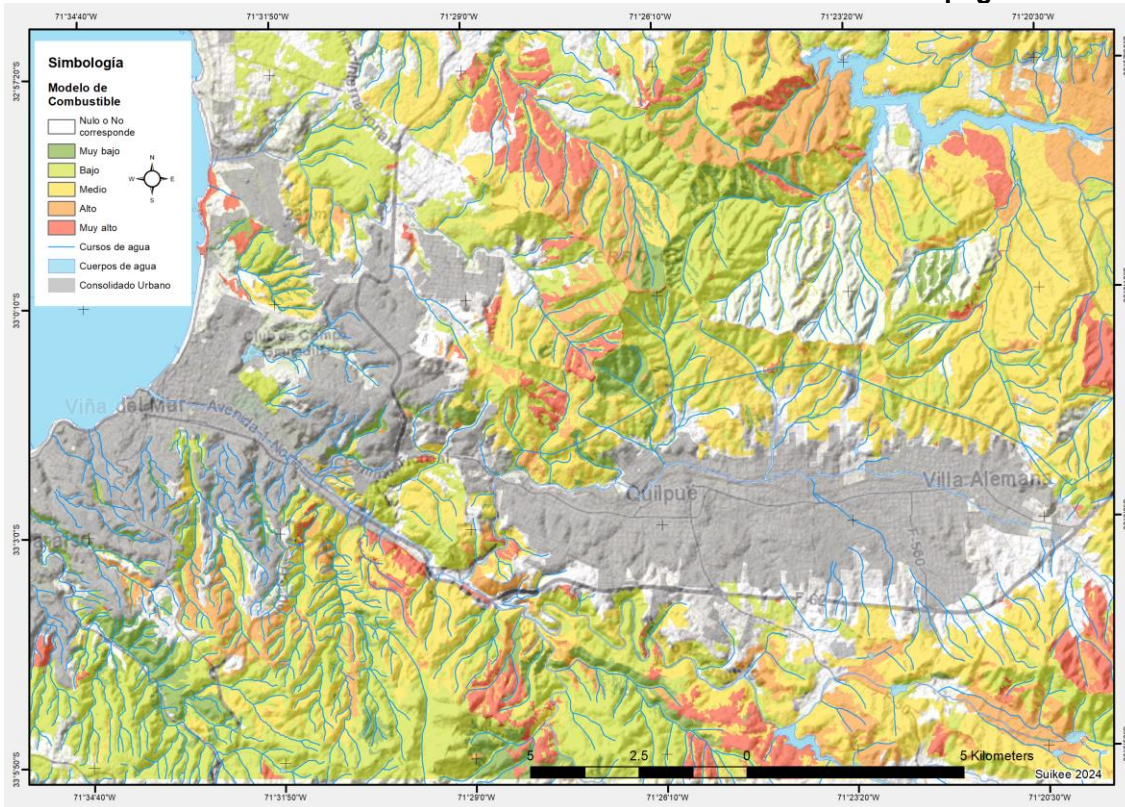
Fuente: Modificado de Conaf 2010.

La tabla previamente expuesta destaca las características específicas de las coberturas y estructuras vegetales en cuanto a su capacidad de propagación. Por ejemplo, el Matorral con Suculentas y Praderas Perenes presentan valores altos ( $\geq 70$ ), lo que concuerda con las áreas de muy alto riesgo en el mapa, mientras que las áreas agrícolas (valor 18) ofrecen menor peligro, ubicándose mayormente en zonas planas o en áreas de manejo intensivo.

El uso integrado del mapa y la tabla proporciona una herramienta para priorizar acciones en las zonas de mayor vulnerabilidad. Así como resultado de este proceso de clasificación y puntajes, se ha generado el siguiente mapa temático. En él se representa la distribución espacial del potencial de propagación en cinco categorías: nulo/no corresponde, muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Estas categorías permiten identificar zonas críticas donde la velocidad de propagación podría exacerbar la intensidad y magnitud de los incendios forestales.



**Ilustración 23 Amenaza de incendios. Combustible Velocidad de Propagación**



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la velocidad de propagación de combustibles forestales muestra patrones espaciales claramente definidos que se asocian tanto a las características biofísicas del territorio como a las dinámicas de uso del suelo. Los sectores clasificados como de "muy alto riesgo" tienden a concentrarse en las laderas con exposición norte, que presentan condiciones favorables para la propagación de incendios debido a:

Mayor exposición solar: Las laderas con orientación norte reciben una radiación solar más intensa durante todo el año, lo que reduce la humedad del suelo y de la vegetación, favoreciendo la desecación de combustibles finos como hierbas y matorrales.

Distribución de coberturas vegetales: Según la tabla adjunta, las categorías vegetales como Matorral-Arbustivo abierto o escaso y Bosque nativo muy abierto están entre las que presentan mayores puntajes normalizados de propagación ( $\geq 70$ ). Estas coberturas son predominantes en las laderas descritas.

Alejamiento de centros poblados: Las áreas de mayor riesgo generalmente están distantes de zonas urbanas consolidadas, como las ciudades de Viña del Mar y Villa Alemana. Estas zonas rurales tienden a tener menor intervención en el manejo de vegetación, lo que incrementa la continuidad de los combustibles.

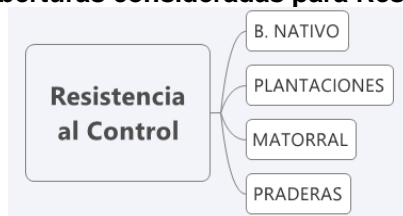
Pendientes pronunciadas: Las laderas con pendientes acentuadas no solo facilitan la propagación de las llamas al generar un "efecto chimenea" (el fuego asciende más rápido), sino que también complican las labores de combate de incendios.

### 1.7.2.2 Resistencia al Control

La resistencia al control refleja la dificultad para contener la propagación de incendios forestales, considerando el esfuerzo necesario para construir líneas de control, como cortafuegos o perímetros de contención. Este indicador está vinculado a las características físicas y estructurales del combustible vegetal, incluyendo su densidad, composición y disposición espacial. Las evaluaciones de resistencia al control basadas en modelos de combustibles permiten identificar sectores críticos para la planificación y respuesta ante incendios forestales.

Como se mencionó en el párrafo anterior, esto está relacionado con el modelo de combustible (propiedades físicas), pero enfocado a la resistencia de las coberturas vegetales a la regulación de incendios. Las coberturas vegetales que componen el proceso de ponderación se expresan en el siguiente esquema.

**Ilustración 24 Coberturas consideradas para Resistencia al Control**



Fuente: Elaboración propia.

El análisis utiliza como base el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF, 2019) y se ajusta al modelo de combustibles de CONAF (2010). La tabla resumen presentada normaliza la resistencia al control para distintas coberturas vegetales, asignándoles puntajes que oscilan entre 1 (muy bajo) y 50 (muy alto). En la siguiente tabla se expresa la clasificación y calificación de los combustibles de acuerdo a la resistencia al control.

**Tabla 5 Clasificación y Calificación de Modelos de Combustible Resistencia al Control**

SUBUSO	ESTRUCTURA	COBERTURA	Puntaje	
<b>Bosque Mixto</b>	<b>Nativo con Exóticas Asilvestradas</b>	Abierto	20	
		Denso	50	
		Semidenso	40	
	<b>Nativo-Plantación</b>	Abierto	15	
		Denso	50	
		Semidenso	36	
<b>Bosque Nativo</b>	<b>Adulto</b>	Abierto	15	
		Denso	50	
		Muy Abierto	6	
	<b>Renoval</b>	Semidenso	36	
		Abierto	15	
		Denso	50	
<b>Matorral</b>	<b>No Aplica</b>	Muy Abierto	6	
		Semidenso	45	
		Abierto	15	
	<b>Matorral Arborescente</b>	<b>No Aplica</b>	Abierto	15
			Semidenso	32
			Abierto	15
<b>Matorral con Suculentas</b>	<b>No Aplica</b>	Abierto	15	
		Escaso	6	
		Muy Abierto	6	
		Abierto	6	
<b>Matorral-Pradera</b>	<b>No Aplica</b>	Muy Abierto	6	
		Abierto	6	
		Semidenso	32	
<b>Otros sin Vegetación</b>	<b>No Aplica</b>	No Aplica	0	
<b>Plantación</b>	<b>Adulta</b>	No Aplica	32	
<b>Praderas</b>	<b>Pradera Perenne</b>	No Aplica	1	
	<b>Praderas Anuales</b>	No Aplica	1	

Fuente: Elaboración propia a partir de Conaf 2010.



La tabla clasifica las coberturas según subuso, estructura y densidad, asignando valores específicos de resistencia al control. A continuación, se vincula esta información con los patrones espaciales expuestos en la siguiente ilustración:

### Bosque mixto y bosque nativo

Mayor resistencia al control se concentra en bosques nativos adultos densos ( $P_{resist\_c} = 50$ ) y bosques mixtos densos ( $P_{resist\_c} = 50$ ). Estas categorías coinciden espacialmente con áreas de muy alta resistencia en el mapa, reflejadas en laderas abruptas y sectores montañosos.

Matorrales:

Los matorrales arbustivos semidensos presentan resistencia moderada ( $P_{resist\_c} = 32$ ), asociados a sectores de riesgo medio en el mapa.

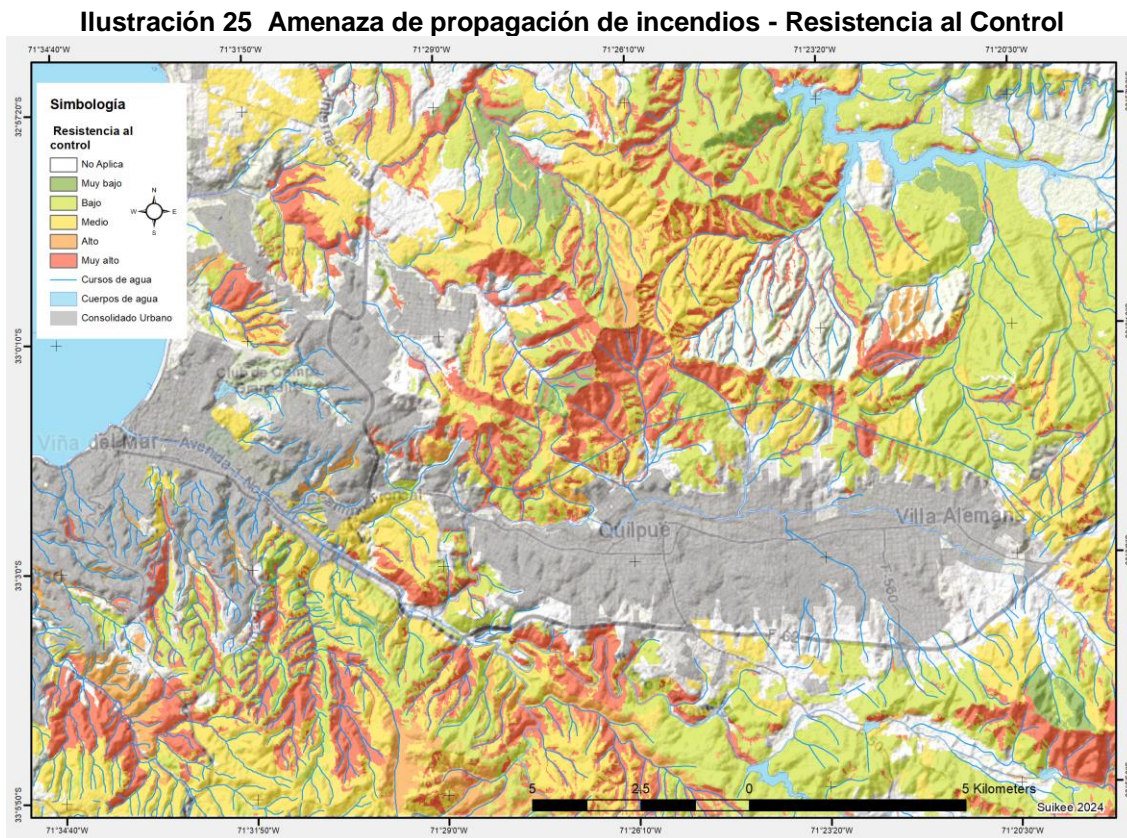
### Plantaciones y praderas:

Las plantaciones adultas y las praderas anuales o perennes presentan baja resistencia ( $P_{resist\_c} = 1-32$ ), asociándose a zonas de bajo riesgo, como áreas urbanas y su entorno inmediato.

### Áreas sin vegetación:

Clasificadas con resistencia nula ( $P_{resist\_c} = 0$ ), corresponden a zonas de menor prioridad en términos de riesgo de propagación.

El resultado de la aplicación de los puntajes de la tabla anterior a la cobertura de vegetación puede ser consultada en la siguiente ilustración.



Fuente: Elaboración propia.

El mapa expuesto, representa la distribución espacial de la resistencia al control, diferenciando áreas con mayor o menor dificultad para manejar la propagación de incendios. Los sectores con resistencia muy alta se identifican con tonos rojos, mientras que aquellos con baja resistencia se marcan en verde.



Destaca como patrones de distribución de mayor riesgo (muy alta resistencia al control), las laderas con exposición sur, fondos de quebradas y áreas ribereñas y cimas montañosas alejadas de áreas urbanas. Las características vegetales corresponden a coberturas densas de bosques nativos y mixtos, con estructuras semidensas o densas (puntaje entre 36 y 50). Estas áreas presentan alta acumulación de biomasa y continuidad vertical y horizontal del combustible, incrementando el riesgo de incendios intensos y difíciles de controlar.

Los sectores de menor resistencia (baja o muy baja) se localizan preferentemente en áreas cercanas a centros urbanos y zonas de menor pendiente. Incluyen praderas anuales o perennes, matorrales abiertos y zonas sin vegetación significativa (puntajes entre 1 y 15). Estas áreas tienen menor carga de combustible y fragmentación de vegetación, reduciendo la velocidad de propagación del fuego y facilitando las labores de control.

Los sectores intermedios, tienden a ocupar zonas transicionales entre áreas de alta y baja resistencia. Corresponden a matorrales arbustivos y plantaciones forestales semidensas.

La correlación entre la resistencia al control y la distribución espacial del riesgo es clave para identificar zonas prioritarias de intervención. Las áreas de muy alta resistencia, ubicadas en fondos de quebradas y laderas abruptas, representan focos críticos donde se sugiere implementar medidas como:

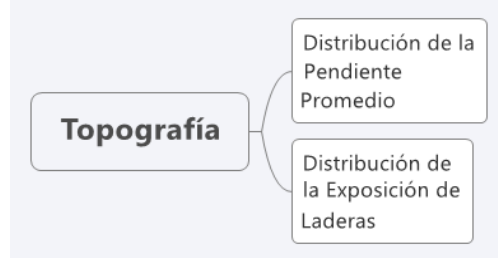
- Cortafuegos y líneas de control reforzadas.
- Planes de manejo forestal para reducir la continuidad del combustible.
- Infraestructura de acceso para brigadas de emergencia.

Por otro lado, las áreas de menor resistencia, aunque menos críticas, pueden servir como barreras naturales para limitar la propagación, complementando estrategias de prevención y control.

### 1.7.2.3 Topografía

Como parte de las condicionantes físicas del territorio, respecto a la dispersión de incendios, se considera la topografía como un importante factor, ya que el relieve y la exposición de laderas, comprometen cambios en el comportamiento y dispersión del fuego. A continuación, se definen sus componentes.

**Ilustración 26 Componentes de la Topografía respecto a incendios**



Fuente: Elaboración propia.

### 1.7.2.4 Pendiente

La pendiente es el factor topográfico de mayor incidencia en el comportamiento de los incendios forestales, debido a su influencia directa en el desarrollo de la columna de convección y la propagación del fuego. Las laderas más inclinadas generan un comportamiento más agresivo del fuego considerando su velocidad de propagación. El calor radiante y convectivo asciende más rápidamente en pendientes altas, precalentando el combustible pendiente arriba, lo que acelera la ignición y el avance del fuego (CONAF, 2010). Además de esto facilita un mayor consumo de combustible, en término de que las áreas más empinadas suelen presentar mayor intensidad en la quema debido a la acumulación y secado más rápido del material vegetal.

Para determinar la pendiente promedio por píxel en el área de estudio, se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM), generado con datos del sensor remoto ALOS-PALSAR, con una resolución de 12.5 x 12.5 metros. Esta resolución permite capturar variaciones locales significativas, cruciales para el análisis de riesgo de incendios en áreas de topografía compleja.

Se realizó un procesamiento de datos mediante el cálculo de la pendiente promedio en grados para cada píxel utilizando herramientas de SIG, obteniendo una representación detallada de las variaciones topográficas.

Una vez obtenida las pendientes promedio de cada píxel para el área de estudio, se construyó una escala de rangos de pendientes promedios, para clasificar las áreas según su influencia en el comportamiento del fuego. A cada rango se le asignó un puntaje normalizado, representado en la siguiente tabla.

**Tabla 6 Rangos de Pendiente Promedio y Puntaje Normalizado**

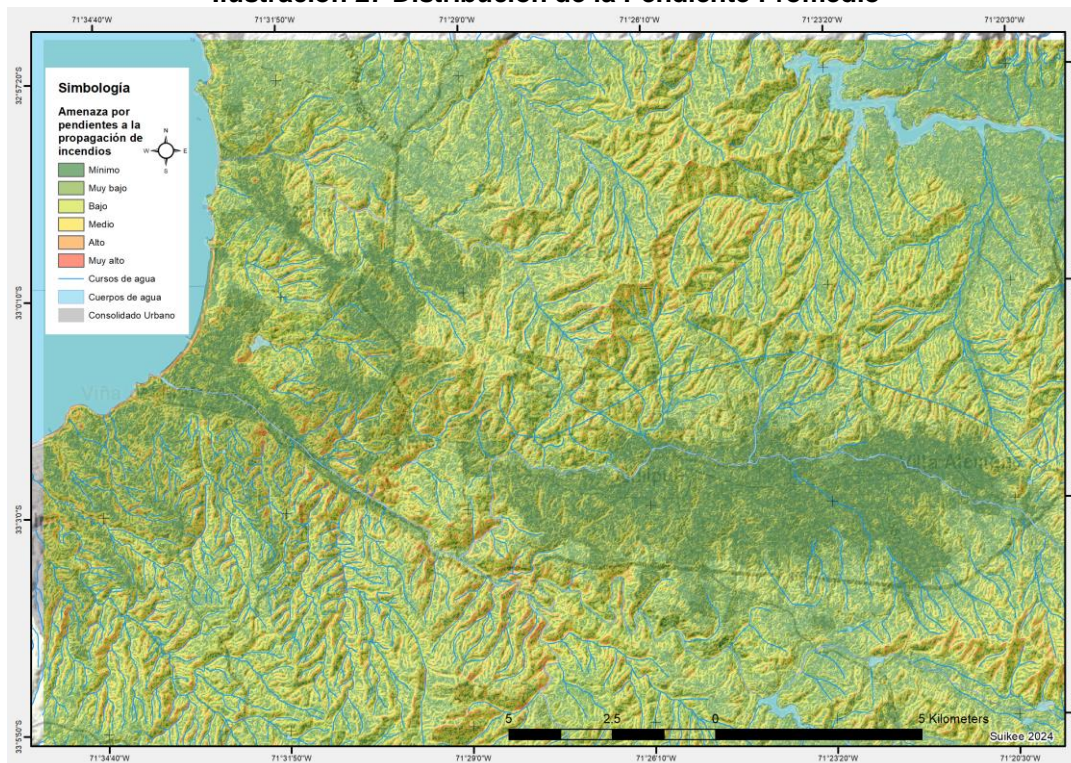
Porcentaje Pendiente (grados)	Puntaje
0 - 12	10
13 - 25	20
26 - 38	30
39 - 51	40
52 - 64	50
65 - 90	60

Fuente: Elaboración propia a partir de Conaf 2010.

La tabla anterior puede ser resumida en tres rangos, donde si identifican las Pendientes bajas (0-12 grados): Clasificadas con puntaje de 10, corresponden a áreas donde la propagación del fuego es más lenta y manejable. Pendientes moderadas a altas (13-38 grados): Presentan una mayor influencia en el comportamiento del fuego, con puntajes de 20 a 30, asociadas a un riesgo intermedio. Y finalmente las pendientes críticas (>52 grados): Con puntajes de 50 a 60, estas áreas representan las mayores dificultades para el control de incendios debido a la rápida propagación del fuego y las complicaciones logísticas para el acceso.

El resultado de la aplicación de los puntajes de la tabla anterior, al Modelo Digital de Terreno, puede ser consultado en la siguiente ilustración.

**Ilustración 27 Distribución de la Pendiente Promedio**



Fuente: Elaboración propia.

La asignación de puntajes a los píxeles permitió generar un mapa temático que muestra la distribución espacial de las pendientes promedio en el área de estudio (Ilustración 15). Este mapa revela:

Zonas de bajo riesgo: Predominantemente en áreas planas o de pendiente suave, donde la propagación del fuego es más lenta.

Zonas críticas: Localizadas en laderas abruptas o zonas montañosas, concentrando los valores más altos de pendiente y riesgo. Estas áreas coinciden con sectores de difícil acceso, donde puede existir alta acumulación de combustible (como se puede apreciar en la Ilustración “Amenaza de propagación de incendios - Resistencia al Control”), representando un desafío para las operaciones de control de incendios.

### 1.7.2.5 Exposición de ladeas

La exposición de las laderas desempeña un papel crítico en la dinámica de los incendios forestales, ya que determina la cantidad de radiación solar que reciben las distintas orientaciones. Esto impacta directamente en la humedad de los combustibles: Las laderas más expuestas al sol presentan menores niveles de humedad, lo que facilita la ignición y propagación del fuego. La orientación de las ladeas también afecta la distribución de la vegetación, el tipo y densidad de la cubierta vegetal, que a su vez influye en la intensidad y velocidad de los incendios (CONAF, 2010).

Para determinar la orientación predominante de las laderas frente a la radiación solar, se emplearon las mismas herramientas de geoprocésamiento utilizadas en el análisis de pendientes:

1. Modelo Digital de Elevación (DEM): Se utilizó el DEM del área de estudio (ALOS-PALSAR, resolución 12.5 x 12.5 m) para generar las orientaciones (aspecto) de cada píxel.
2. Clasificación por orientación cardinal: Se clasificaron los píxeles según las fases cardinales y semi-cardinales (norte, noreste, etc.), con base en su exposición relativa a la radiación solar.
3. Asignación de puntajes normalizados: Se establecieron puntajes para cada orientación, siguiendo criterios relacionados con la exposición solar y su influencia en la combustibilidad (Tabla siguiente).

**Tabla 7 Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Exposición Topográfica**

Etiquetas de fila	Suma de Puntaje Normalizado
Sur	10
Suroeste	20
Sureste	30
Noreste	40
Noroeste	50
Norte	60

Fuente: Elaboración propia, modificado de Conaf 2010.

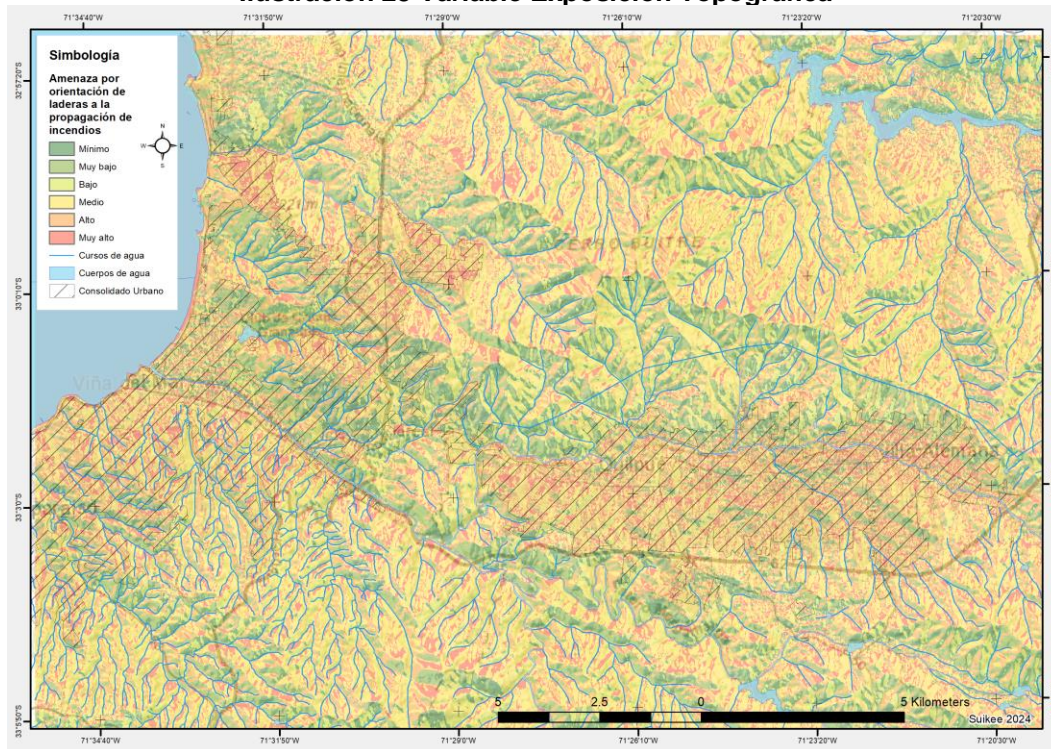
La Tabla anterior presenta la asignación de puntajes para cada orientación, donde las laderas orientadas hacia el norte (mayor radiación en el hemisferio sur) obtienen el puntaje más alto (60), mientras que las orientadas hacia el sur (menor radiación) reciben el puntaje más bajo (10). De este modo la interpretación de los puntajes corresponde a:

- Orientaciones sur y suroeste: Asociadas a mayor humedad del combustible debido a la menor incidencia solar, lo que las convierte en áreas de menor riesgo de propagación del fuego.
- Orientaciones noreste, noroeste y norte: Estas laderas presentan mayor exposición solar, lo que reduce la humedad del combustible y aumenta significativamente el riesgo de incendios.

El resultado de la aplicación de los puntajes de la tabla anterior, al Modelo Digital de Terreno, puede ser consultado en la siguiente ilustración.



### Ilustración 28 Variable Exposición Topográfica



Fuente: Elaboración propia.

El mapa temático generado a partir de la aplicación de estos puntajes muestra la distribución espacial de las exposiciones predominantes en el área de estudio (Ilustración 16). Este análisis permitió identificar:

Zonas de bajo riesgo: Laderas orientadas hacia el sur y suroeste, donde la humedad es más alta y la propagación del fuego es menos intensa.

Zonas críticas: Sectores orientados hacia el norte y noreste, que concentran los valores más altos de exposición solar y riesgo de incendio.

#### 1.7.2.6 *Clima*

El clima es un factor determinante en la propagación e intensidad de los incendios forestales. Sus principales componentes (viento, temperatura y humedad relativa del aire) impactan de las siguientes maneras:

1. Viento: Aumenta la velocidad de propagación del fuego y puede generar cambios bruscos en la dirección del frente de llamas.
2. Temperatura: Elevadas temperaturas secan los combustibles vegetales, reduciendo su humedad crítica y favoreciendo la ignición.
3. Humedad relativa del aire: Un nivel bajo incrementa la pérdida de agua en la vegetación, potenciando su inflamabilidad.

Para evaluar la influencia del clima en el área de estudio, se utilizó información obtenida de los Distritos Agroclimáticos del CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). Estos distritos agrupan áreas con características homogéneas según variables agroclimáticas. El procedimiento seguido fue el siguiente:

1. Selección de variables relevantes:
  - Se optó por la temperatura máxima del mes más cálido (1980-2017) como variable clave, debido a su influencia directa en la humedad de los combustibles y el riesgo de propagación de incendios.
2. Asignación de puntajes normalizados:
  - Cada distrito agroclimático recibió un puntaje proporcional a su temperatura máxima promedio, de acuerdo con los datos de CIREN. Este puntaje fue asignado a todos los píxeles dentro del polígono correspondiente (Siguiente tabla).

Los distritos climáticos y el puntaje asignado se exponen en la siguiente tabla, donde se aprecia que los distritos con mayores puntajes (e.g., LLAY LLAY - PETORCA) reflejan áreas más cálidas y, por lo tanto, con un mayor riesgo de incendios. Distritos con menores puntajes presentan condiciones climáticas algo más templadas, asociadas a un riesgo menor de propagación del fuego, respecto al resto de distritos.

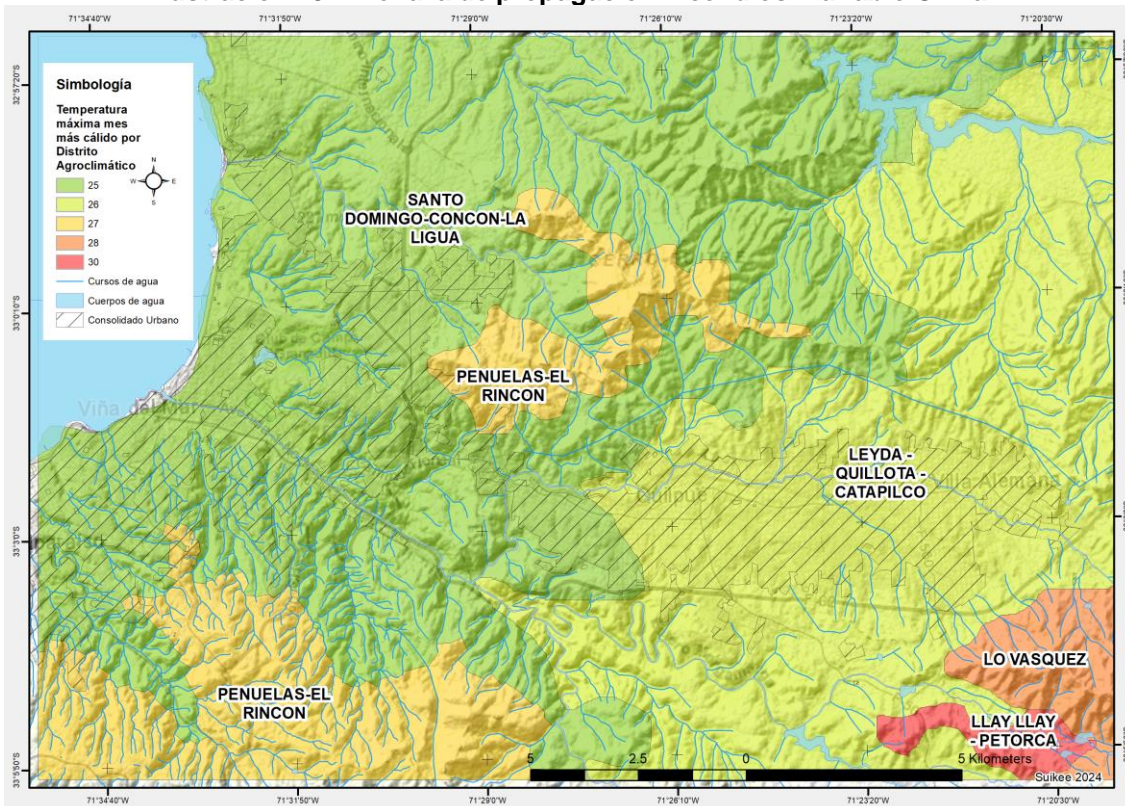
**Tabla 8 Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Clima**

Distrito Agroclimático	Puntaje
LEYDA - QUILLOTA - CATAPILCO	26
LLAY LLAY - PETORCA	30
LO VASQUEZ	28
PENUELAS-EL RINCON	27
SANTO DOMINGO-CONCON-LA LIGUA	25

Fuente: Elaboración propia a partir datos CIREN 2021<sup>21</sup>

El resultado de la aplicación de los puntajes de la tabla anterior puede ser consultado en la siguiente ilustración.

**Ilustración 29 Amenaza de propagación incendios. Variable Clima**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>21</sup> <https://www.ciren.cl/noticias/zonificacion-agroclimatica-para-la-region-de-valparaiso/>

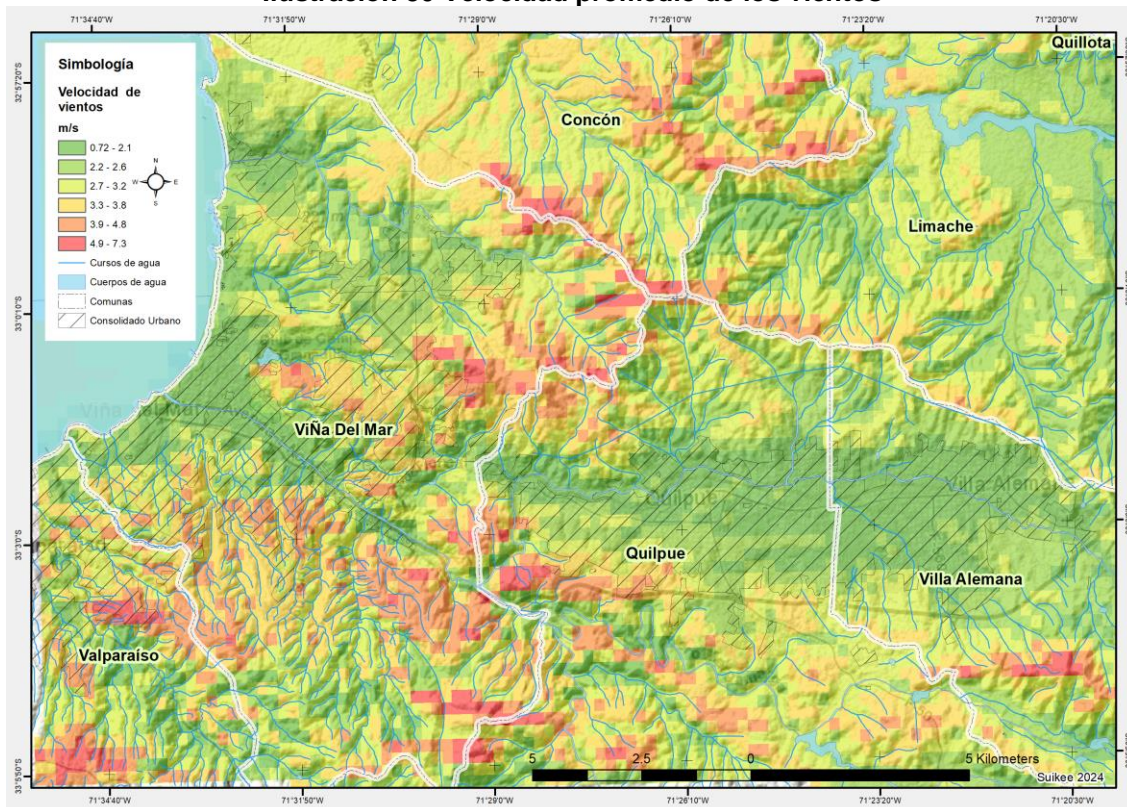


El resultado del análisis, visualizado en el mapa temático adjunto, muestra la distribución espacial del riesgo climático para incendios en función de los distritos agroclimáticos. Este mapa permite identificar como Áreas críticas: Distritos con las temperaturas más altas, que coinciden con sectores más vulnerables al fuego debido a la mayor inflamabilidad de los combustibles y distritos con temperaturas más moderadas, donde el impacto climático es menos severo. Sin embargo, los rangos de diferencia entre las temperaturas probablemente no configuren un factor determinante en el desarrollo de los incendios.

### 1.7.2.7 Vientos

En el contexto de los incendios forestales en Valparaíso MIV24 y su área de influencia, los vientos son un factor clave para evaluar el riesgo y la propagación de los incendios. Basados en información obtenida del Global Wind Atlas<sup>22</sup>, se confeccionó un mapa que muestra velocidades promedio de viento a 10 metros de altura, los que alcanzan hasta 7.3 m/s en las cimas de las montañas del área de estudio. Esta característica, en combinación con la topografía local, genera condiciones favorables para la rápida propagación de incendios, especialmente a través de las quebradas que conectan las zonas rurales y urbanas. Véase la siguiente ilustración.

**Ilustración 30 Velocidad promedio de los vientos**



Fuente: Elaboración propia

Históricamente, Valparaíso ha experimentado incendios de gran magnitud debido a factores como la acumulación de combustible vegetal, condiciones climáticas secas y la influencia de vientos fuertes. Ejemplos notables incluyen los incendios de 2014, 2019 y 2024, que devastaron extensas áreas urbanas y rurales. Los vientos en estos eventos fueron determinantes al transportar material incandescente y acelerar la propagación del fuego hacia las áreas habitadas, causando pérdidas significativas en vidas humanas y propiedades.

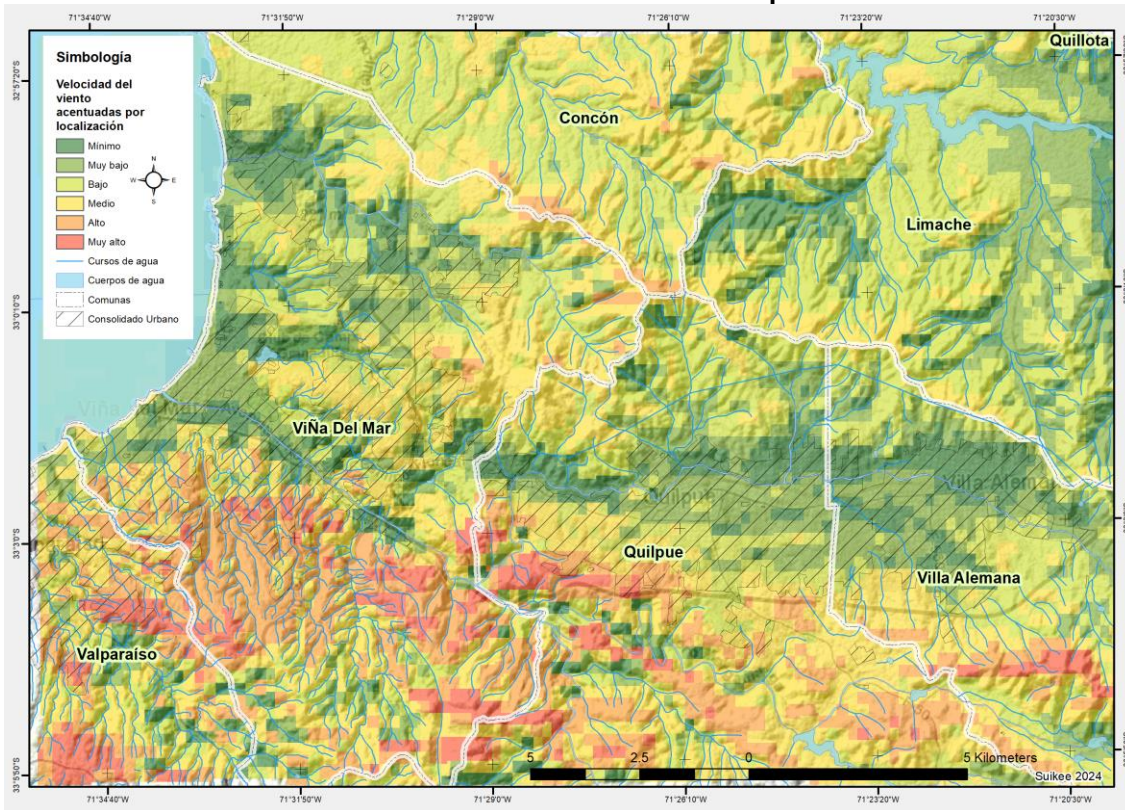
<sup>22</sup> Global Wind Atlas (basado en datos ERA5 del C3S).

Estudios sobre incendios forestales enfatizan que la velocidad y dirección del viento influyen en la intensidad del frente de fuego y en la transferencia de calor hacia el combustible vegetal aún no quemado. Por ejemplo, el viento intensifica la convección y radiación de calor, facilitando la ignición de nuevas áreas y extendiendo el alcance del incendio<sup>23</sup>.

La dirección predominante de los vientos, desde el sector sur y suroeste hacia el noroeste<sup>24</sup>, incrementa la probabilidad de propagación de incendios forestales en dirección noreste. Esta condición meteorológica expone a un mayor riesgo a las áreas urbanas localizadas al sur del Estero Viña del Mar y del Estero Quilpué, incluyendo las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Quilpué."

Para retratar esta situación este análisis incluyó la selección de píxeles a barlovento en las áreas urbanas, asignándoles un mayor peso en los modelos de riesgo. Esto se debe a que el viento no solo acelera la propagación del fuego, sino que también influye en la formación de focos secundarios y la dirección del avance del frente de fuego, aspectos que han sido ampliamente documentados en modelos físicos y empíricos de propagación de incendios forestales.

**Ilustración 31 Velocidad del viento acentuadas por localización**



Fuente: Elaboración propia

La integración de puntajes más altos para el mapa de velocidad de viento permitió jerarquizar las zonas localizadas a barlovento de los principales centros poblados, abordando con ello la diferenciación que la gestión de este tipo de siniestros debe considerar, respecto a la localización de incendios y el efecto de los vientos sobre las ciudades. Este resultado parcial de análisis puede ser un insumo valioso para la planificación territorial y el diseño de medidas de prevención, como cortafuegos estratégicos, vías de emergencia y regulaciones sobre el uso de suelo en áreas de alto riesgo.

<sup>23</sup> En 249535170\_Development\_and\_testing\_of\_models\_for\_predicting\_crown\_fire\_rate\_of\_spread\_in\_conifer\_forest\_stands

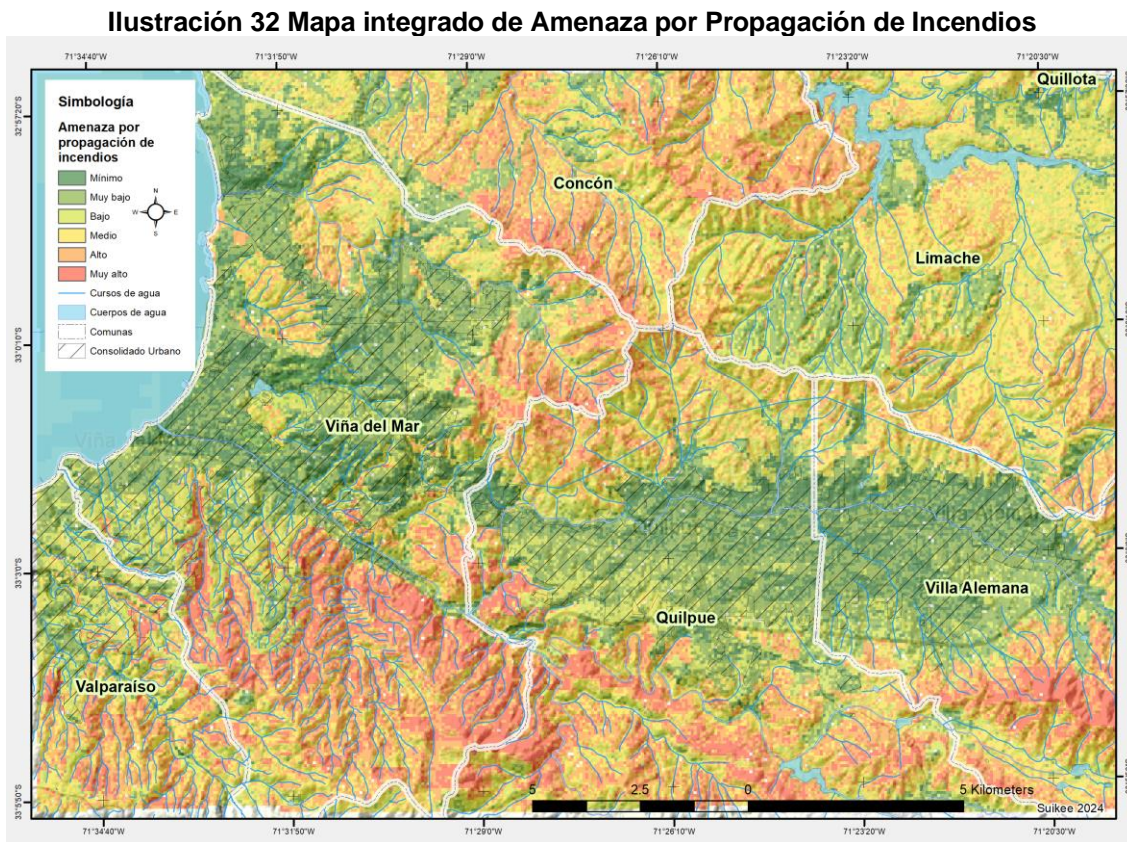
<sup>24</sup> [https://web.directemar.cl/met/jturno/documentos/ANALISIS\\_DE\\_DATOS\\_METEOROLOGICOS\\_DE\\_LA\\_BAHIA\\_DE\\_VALPARAISO\\_ENTRE\\_2006\\_2016.pdf](https://web.directemar.cl/met/jturno/documentos/ANALISIS_DE_DATOS_METEOROLOGICOS_DE_LA_BAHIA_DE_VALPARAISO_ENTRE_2006_2016.pdf)



### 1.7.2.8 Resultado integrado de Amenaza por propagación de incendios

El resultado integrado de la amenaza por propagación de incendios se obtuvo al sumar los puntajes normalizados calculados para cada píxel, provenientes del análisis de las variables clave: combustible, resistencia al control, pendiente, exposición, clima y vientos. Este cálculo permitió determinar un puntaje total para cada celdilla del área de estudio. El esquema correspondiente se encuentra representado en el Diagrama de Amenaza por Propagación de Incendios.

Con base en estos puntajes, se definieron rangos que sirvieron para construir un mapa integrado de amenaza por propagación de incendios, el cual se presenta en la Ilustración 20. Este mapa grafica la distribución territorial del riesgo asociado al comportamiento del fuego en términos de velocidad de propagación, intensidad calórica por tipo de vegetación y dificultad para el control.



A diferencia de los patrones observados en la amenaza por ocurrencia de incendios, la amenaza por propagación muestra una mayor dispersión espacial. Las zonas de mayor amenaza se concentran principalmente en las laderas que rodean los valles del área de estudio. Estas áreas, caracterizadas por pendientes pronunciadas y una alta densidad de vegetación natural, son más propensas a un comportamiento extremo del fuego debido a las condiciones climáticas adversas, como altas temperaturas y vientos intensos.

Es importante destacar que los valores mínimos de amenaza por propagación de incendios se localizan en los valles, donde las pendientes suaves y la menor carga de combustible reducen significativamente el riesgo. Sin embargo, ciertas quebradas cercanas a centros poblados, así como áreas localizadas al sur de la ruta 60, presentan valores incrementados de amenaza. Este aumento se debe a factores como la densidad vegetal, la topografía montañosa y los vientos reevaluados en función de su localización específica, lo que intensifica su impacto en el riesgo general.

### 1.7.3 Vulnerabilidad por daño potencial de incendios

Refiere a la estimación del valor de los recursos que pueden ser afectados por el fuego y que, dependiendo de la naturaleza de estos, se puede asociar un daño directo o comercial y daño social y ambiental<sup>25</sup>.

Según la metodología de referencia, se considera el daño directo o comercial como aquel que agrupa a todos aquellos bienes o valores tangibles, que se tranzan normalmente en el mercado. Mientras que el daño social - ambiental, corresponde a los bienes y servicios intangibles que proveen los recursos forestales, representados principalmente por los Servicios Ambientales o Ecosistémicos.

Las variables seleccionadas para medir el daño potencial fueron las siguientes: Recursos Productivos, Captura de Carbono, Interfaz, Geomorfología, Vegetación, Agua y Conservación. Véase el siguiente esquema.

**Ilustración 33 Variables de la vulnerabilidad por Incendios**



Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento aplicado para el análisis de cada variable se explicita a continuación.

#### 1.7.3.1 Interfaz Urbana

Con esta variable se procura medir el probable daño en la zona de contacto urbano-rural que podrían ser afectadas por incendios. Sin llegar a determinar el valor de las construcciones y de los bienes materiales contenidos en estas franjas de contacto, puesto que dependen de componentes que varían de un lugar a otro (ubicación, tipo de material utilizado en la construcción, servicios asociados, grupo familiar, etc.) y escapa al alcance del presente estudio.

Mediante una adaptación de la metodología de referencia, se optó por relacionar esta variable con el perímetro de contacto (en metros lineales), entre los centros poblados afectos a planificación y la vegetación susceptible de propagar el fuego.

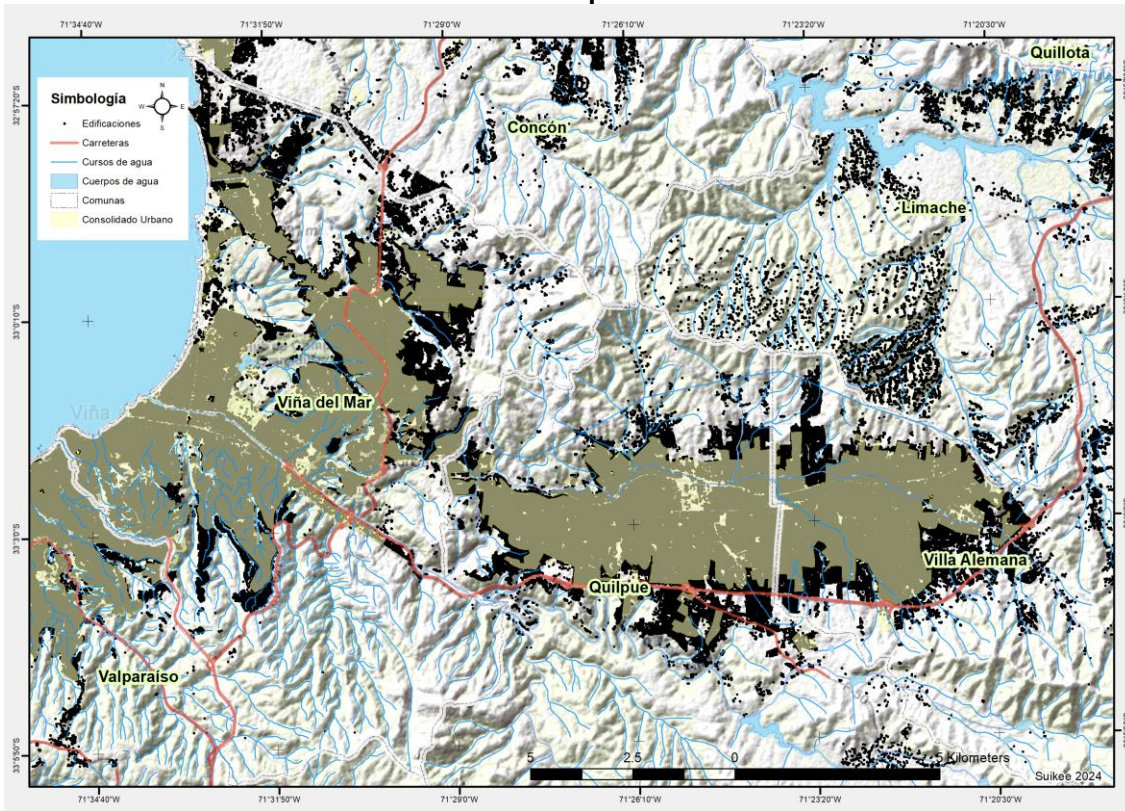
Se considera que mientras mayor es el perímetro de contacto entre las áreas forestales y urbanas, se incrementa la exposición de estas áreas a ser afectadas por un incendio forestal y por consiguiente, mayor es el daño potencial. Los niveles altos de exposición pueden amenazar más viviendas ya que cada uno de ellos puede afectar una mayor longitud de perímetro, en la zona de contacto.

<sup>25</sup> En el estudio de Conaf 2010, la Vulnerabilidad se expresa como “daño potencial”



Se utilizó como base, los polígonos de los consolidados urbanos. Esta base fue complementada con la información georreferenciada de las construcciones o edificaciones del área de estudio, la cual se obtuvo a partir de la plataforma online de Google Earth Engine.

**Ilustración 34 Edificaciones respecto al consolidado urbano**

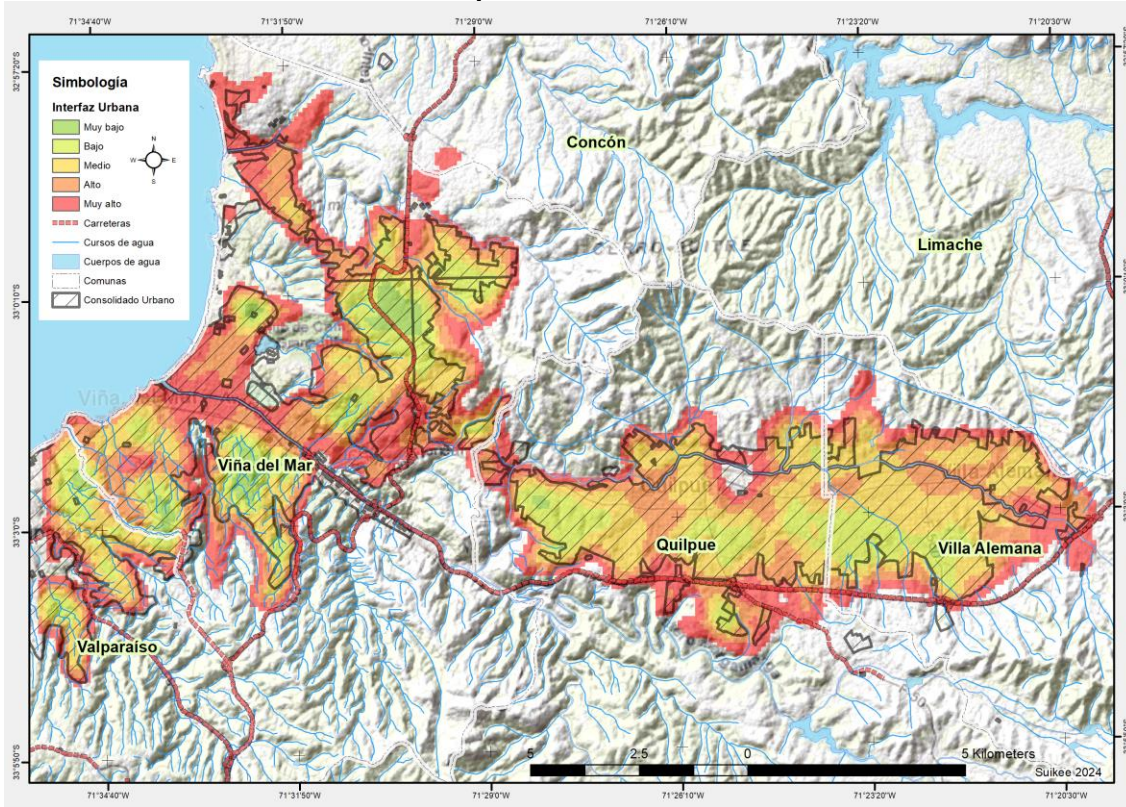


Fuente: Elaboración propia

A partir de los cerca de 380.000 puntos que representan los centroides de edificaciones en el área de estudio, se realizó un modelo Kernel, con un radio de búsqueda de 50 metros, con el cual se pudo definir un área correspondiente a la interfaz urbana. Donde las mayores concentraciones de edificaciones al interior del polígono urbanizado corresponden los menores valores de interfaz, mientras que aquellos anillos situados hacia la periferia suburbana presentan los puntajes más altos para la zona de interfaz, donde es más probable el daño potencial de incendios.

Esto permitió establecer el área de interfaz o de incidencia, alrededor de los centros urbanos, bordes en los cuales la presencia de material combustible vegetal es más abundante. La siguiente ilustración se denomina Gradiente de Interfaz urbana, debido que a sus píxeles o celdillas fueron asignados puntajes decrecientes de acuerdo con la distancia desde los núcleos urbanos. Con estos puntajes se obtuvieron rangos que permitieron definir un mapa respecto al daño potencial de incendio asociado a la interfaz urbana – forestal, el que se presenta en la siguiente ilustración.

**Ilustración 35 Vulnerabilidad por incendios - Gradiente de Interfaz urbana**



Fuente: Elaboración propia.

**1.7.3.2 Recursos Productivos**

Corresponde al daño que el fuego produce a los recursos naturales renovables y otros bienes tangibles asociados y, por consiguiente, la pérdida de los productos derivados de estos, que son transables en el mercado, por lo sería posible determinar, en otro tipo de estudios, su valor monetario.

La información base utilizada para medir esta variable, fue la versión actualizada del proyecto: “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile” (CONAF, versión 2019) y su posterior readecuación a modelos de combustibles detallado con antelación.

Para valorar las coberturas asociadas a recursos productivos, según la metodología adscrita (Conaf 2010), los antecedentes recopilados fueron sometidos a un comité de expertos, aplicando el Método Delphi, lo que permitió asignar los puntajes normalizados, expresados en la siguiente tabla.

**Tabla 9 Clasificación y Calificación de Modelos de Combustible. Recursos Productivos**

SUBUSO	ESTRUCTURA	COBERTURA	P_productiv
<b>Bosque Mixto</b>	<b>Nativo con Exóticas Asilvestradas</b>	Abierto	57
		Denso	58
		Semidenso	68
	<b>Nativo-Plantación</b>	Abierto	57
		Denso	58
		Semidenso	68
<b>Bosque Nativo</b>	<b>Adulto</b>	Abierto	38
		Denso	38
		Muy Abierto	38
	<b>Renoval</b>	Semidenso	38
		Abierto	13
		Denso	38

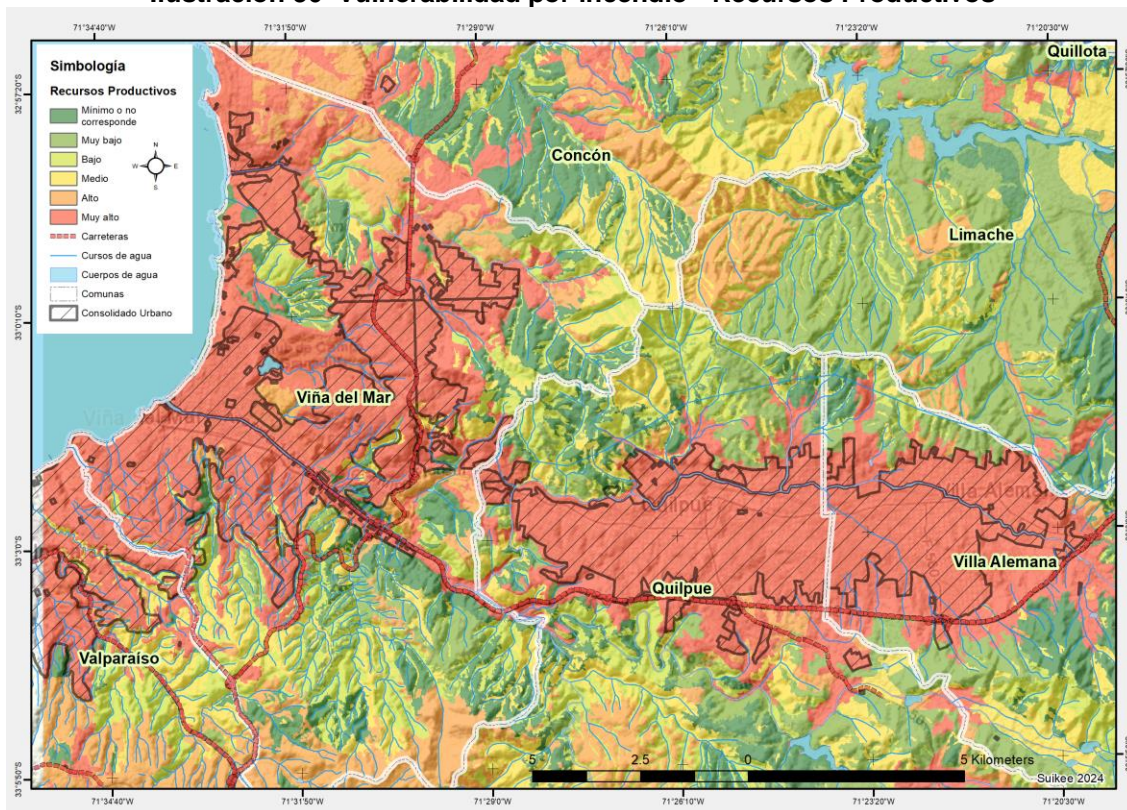


SUBUSO	ESTRUCTURA	COBERTURA	P_productiv
		Muy Abierto	8
		Semidenso	21
<b>Ciudades, Pueblos, Zonas Industriales</b>	<b>No Aplica</b>	No Aplica	100
<b>Matorral</b>	<b>No Aplica</b>	Abierto	5
<b>Matorral Arborescente</b>	<b>No Aplica</b>	Abierto	5
		Semidenso	6
<b>Matorral con Suculentas</b>	<b>No Aplica</b>	Abierto	5
		Escaso	4
		Muy Abierto	4
<b>Matorral-Pradera</b>	<b>No Aplica</b>	Abierto	5
		Muy Abierto	4
		Semidenso	6
<b>Plantación</b>	<b>Adulta</b>	No Aplica	85
<b>Praderas</b>	<b>Pradera Perenne</b>	No Aplica	3
	<b>Praderas Anuales</b>	No Aplica	3
<b>Rotación Cultivo-Pradera</b>	<b>No Aplica</b>	No Aplica	60
<b>Terreno de Uso Agrícola</b>	<b>No Aplica</b>	No Aplica	60

Fuente: Elaboración propia a partir de Conaf 2010.

A partir de la aplicación de estos puntajes a la cobertura de consulta, se obtuvieron rangos que permitieron obtener un mapa respecto al daño potencial de incendio por recursos productivos, el que se presenta en la siguiente ilustración.

**Ilustración 36 Vulnerabilidad por incendio - Recursos Productivos**



Fuente: Elaboración propia.

### 1.7.3.3 Captura de Carbono

Tal como se enuncia en el estudio de Conaf 2010, entre los factores de mayor incidencia en el cambio climático mundial, se cuenta la creciente emisión de gases invernadero y aerosoles a la atmósfera, producto de actividades humanas que dicen relación en especial con la quema de combustibles fósiles, el cambio en los usos de la tierra y la agricultura, lo que ha aumentado significativamente la concentración de dióxido de carbono, el óxido nitroso y metano.

“Uno de los elementos que contribuyen a la mitigación de este fenómeno, es la función que desempeñan los bosques en la fijación o captura del carbono atmosférico. El establecimiento de plantaciones y la conservación de los bosques naturales es una de las maneras más efectivas de reducir el contenido de anhídrido carbónico en la atmósfera, por un lado, y de servir como grandes depósitos o sumideros del mismo”.

Para el propósito de este estudio, se utilizó como información base el proyecto: “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile” (CONAF, 1997), actualizado al año 2013 y su ajuste a los modelos de combustibles establecidos para la región. Esto considerando estimaciones basadas en la captura de carbono que se produce a nivel aéreo, por la cobertura vegetal representada en el mencionado catastro. Esta información ha sido ponderada en puntajes normalizados para la variable “Captura de Carbono”, las que se presentan en la siguiente tabla.

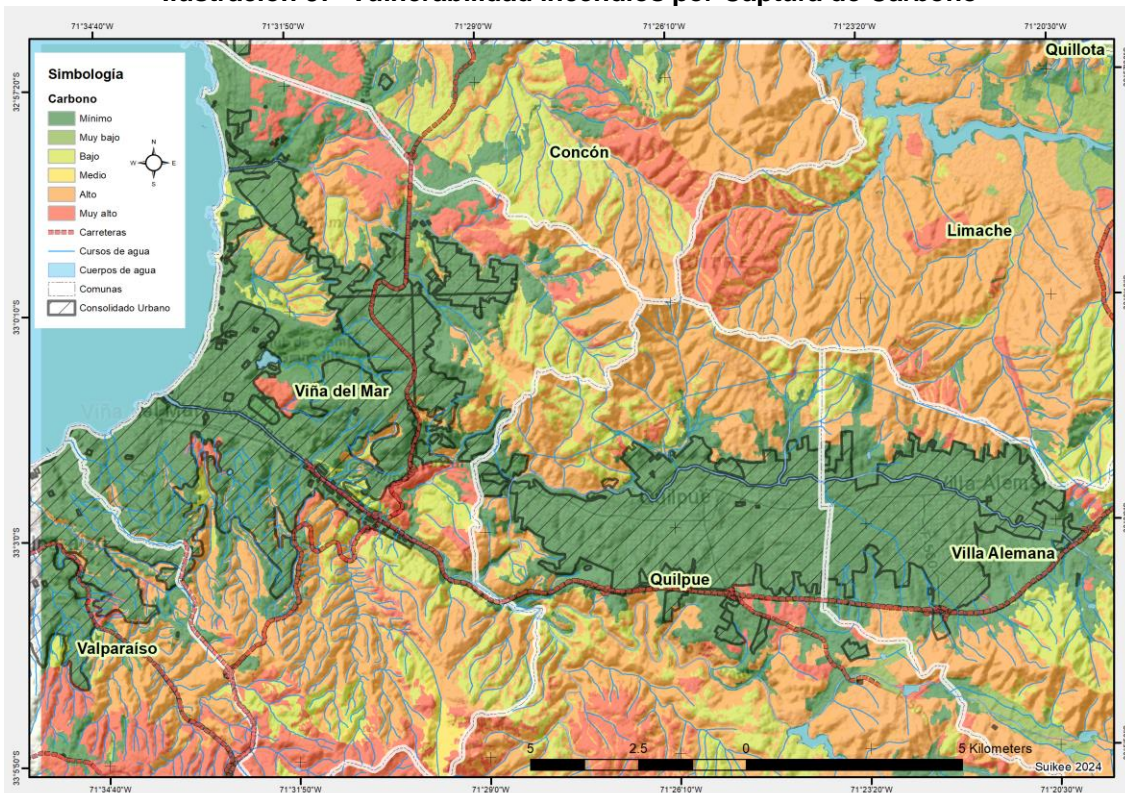
**Tabla 10 Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Captura de Carbono**

SUBUSO	ESTRUCTURA	P. CARBONO
Bosque Mixto	Nativo con Exóticas Asilvestradas	25
	Nativo-Plantación	20
Bosque Nativo	Adulto	25
	Renoval	25
Matorral	No Aplica	10
Matorral Arborescente	No Aplica	10
Matorral con Suculentas	No Aplica	10
Matorral-Pradera	No Aplica	10
Plantación	Adulta	30
Praderas	Pradera Perenne	10
	Praderas Anuales	10
Rotación Cultivo-Pradera	No Aplica	5
Terreno de Uso Agrícola	No Aplica	5

Fuente: Adaptado de Conaf 2010.

El resultado de la aplicación de los puntajes de la tabla anterior, a la cobertura de vegetación, puede ser consultada en la siguiente ilustración

**Ilustración 37 Vulnerabilidad incendios por Captura de Carbono**



Fuente: Elaboración propia.



### 1.7.3.4 Vegetación - Diversidad Visual

Al igual que en el punto anterior, se considera la vegetación como parte de los atributos del paisaje del área de estudio. Esta vez, la información base se ha reclasificado dependiendo de la diversidad visual, que ofrece la vegetación. Proceso para el cual se asignaron puntajes a las coberturas en su versión 2019, del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile.

Los puntajes otorgados a cada tipo vegetacional, desde la perspectiva de su aporte a la diversidad visual, pueden ser consultados en la siguiente tabla.

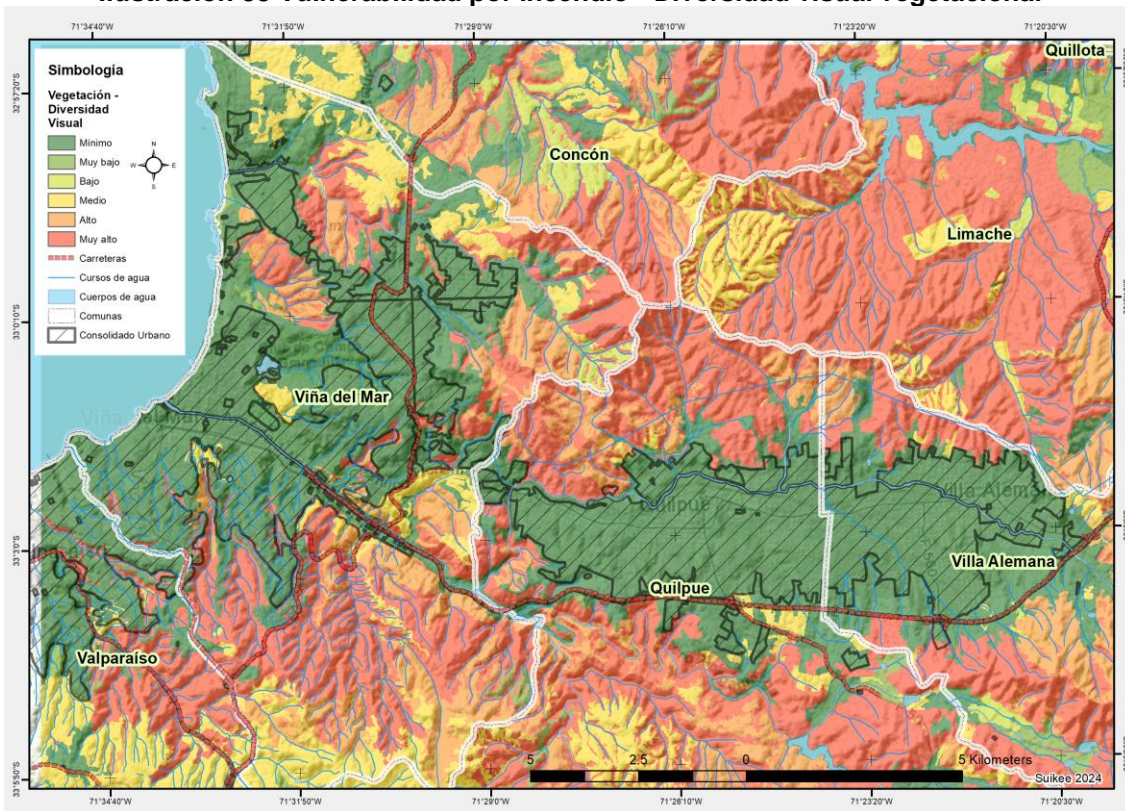
**Tabla 11 Asignación de Puntajes Normalizados para la Sub variable Diversidad Visual**

SUBUSO	Puntaje rec. visual
Bosque Mixto	10
Bosque Nativo	25
Matorral	5
Matorral Arborescente	10
Matorral con Suculentas	10
Matorral-Pradera	7
Plantación	8
Praderas	5
Rotación Cultivo-Pradera	5
Terreno de Uso Agrícola	6

Fuente: Modificado de Conaf 2010.

El resultado de la aplicación de los puntajes de la tabla anterior, a la cobertura de vegetación, puede ser consultada en la siguiente ilustración

**Ilustración 38 Vulnerabilidad por incendio - Diversidad visual vegetacional**



Fuente: Elaboración propia.

### 1.7.3.5 Cursos de Agua

Se considera los cuerpos y cursos acuáticos superficiales como una variable del paisaje y fuente de recreación, de relevancia ambiental y valorada por la sociedad.

A partir de la información contenida en el proyecto "Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile" (CONAF, 1997), actualizado al año 2013, se asignó puntaje a esta variable, considerando cuatro categorías presentadas en la tabla siguiente. A los Ríos se les asignó un ancho de 50 metros, desde su eje. Mientras a los Arroyos y Quebradas, un ancho de 30 metros. La asignación de puntajes normalizados para medir esta variable se presenta a continuación.

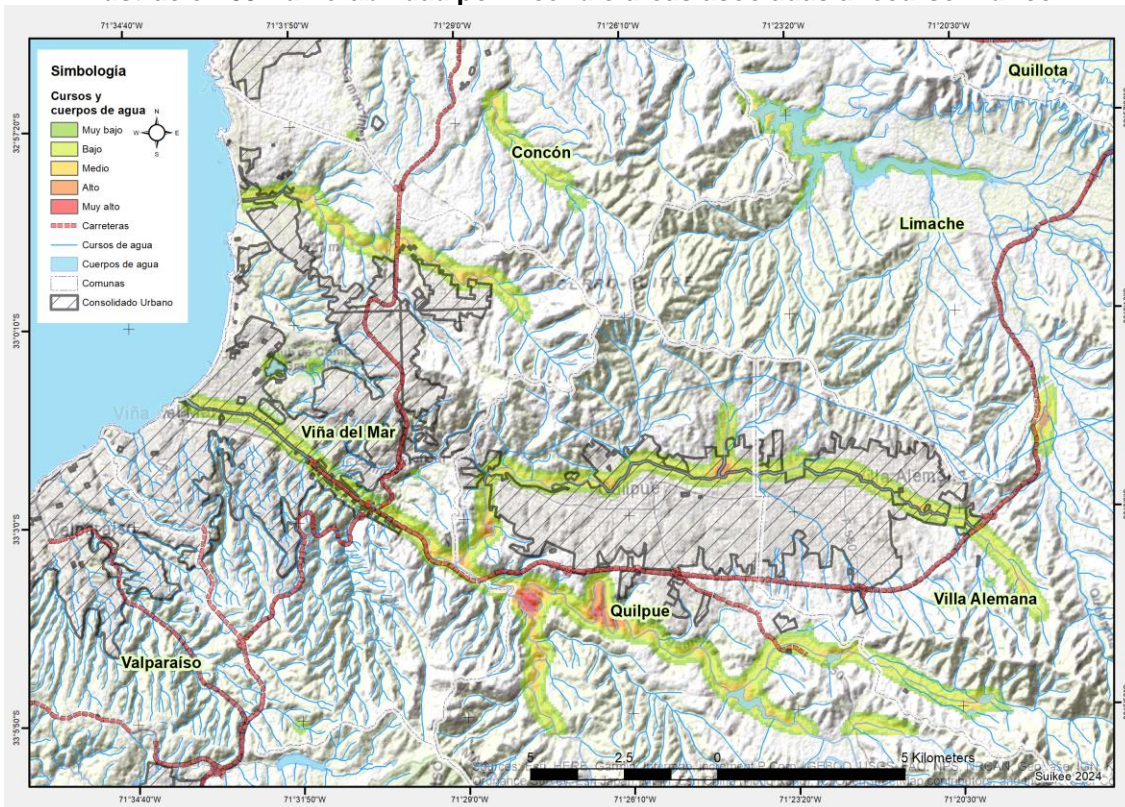
**Tabla 12 Asignación de Puntajes Normalizados para la Variable Agua**

Cuerpo Acuático	Puntaje Normalizado
Ríos	30
Arroyos y Quebradas 'Cajas de Ríos'	20
Lagunas, Embalses, Tranques'	10

Fuente: Conaf 2010

A partir de la aplicación de estos puntajes a la cobertura de consulta, se obtuvieron rangos que permitieron confeccionar un mapa asociado a la diversidad de cursos y cuerpos de agua en el área de estudio, el que se presenta en la siguiente ilustración.

**Ilustración 39 Vulnerabilidad por incendio áreas asociadas a recurso hídrico**



Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente a los resultados obtenidos, se efectuó un proceso que permitió identificar los cursos de agua, considerando su rol como sendas de propagación de incendios forestales, respecto a la vegetación y las edificaciones, el cual puede ser consultado en el anexo al presente documento.

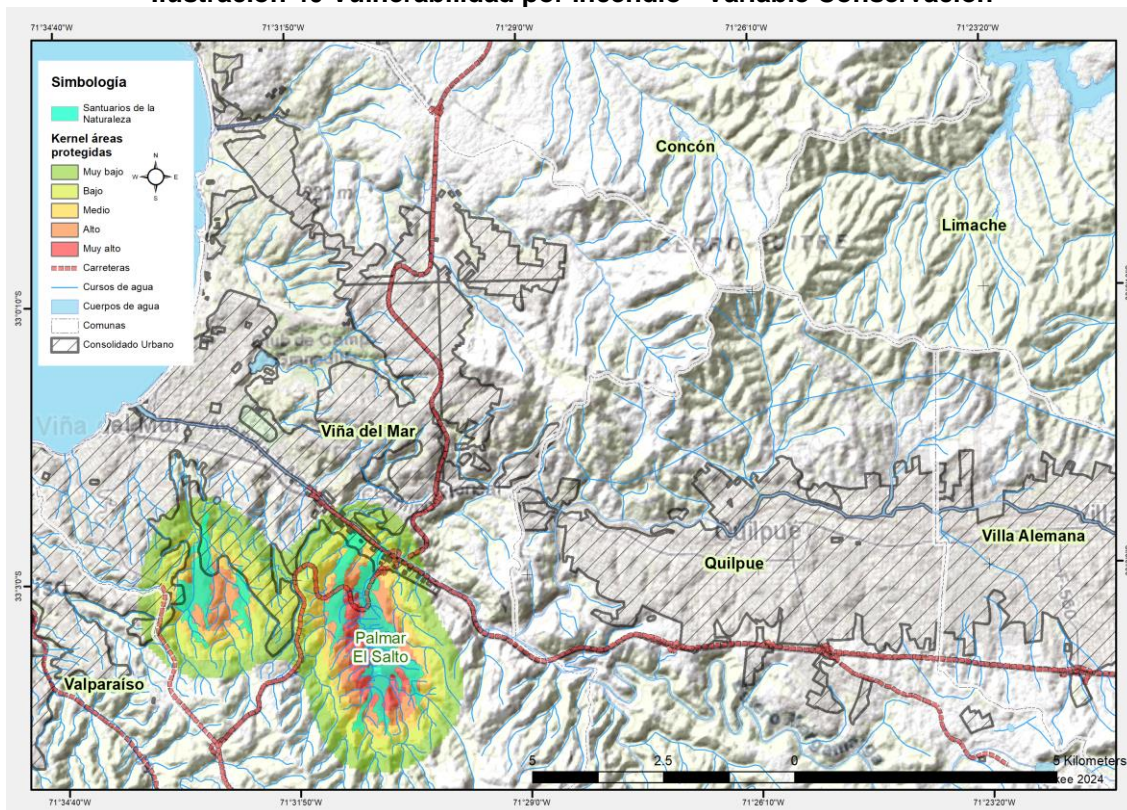


### 1.7.3.6 Conservación

Tal como se enuncia en el estudio Conaf 2010, a través de esta variable se pretende valorar las áreas que se reconocen oficialmente por su riqueza natural (presencia de flora y fauna), en este caso, preferentemente enfocado a lo que dice relación con algunos de los Servicios Ambientales o Ecosistémicos que ofrecen naturalmente: Producción Hídrica, Protección de la Biodiversidad y Protección de Suelo.

Se tiene registro de la unidad entre Viña del Mar y Valparaíso, un conjunto de sectores que constituyen el Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto, las áreas representadas mediante polígonos, fueron gestionadas en un sistema de información geográfica, adicionándole a cada una de ellas una franja de amortiguación, definida a partir de una distancia en metros desde el borde o perímetro del área de conservación mediante el módulo de cálculo Kernel del SIG. Una vez asignados los distanciamientos de las franjas de amortiguación y puntajes expresados en la tabla anterior, se elaboró la siguiente ilustración.

**Ilustración 40 Vulnerabilidad por incendio - Variable Conservación**

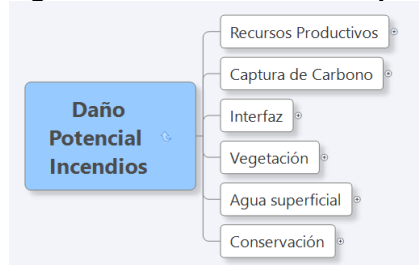


Fuente: Elaboración propia.

### 1.7.3.7 Mapa Vulnerabilidad integrado

Con la sumatoria de los puntajes parciales obtenidos en cada píxel, provenientes del análisis de todas las variables (Recursos Productivos, Captura de Carbono, Interfaz, Vegetación, Agua y Conservación), se obtuvo el puntaje total, por celdilla. Véase el siguiente esquema.

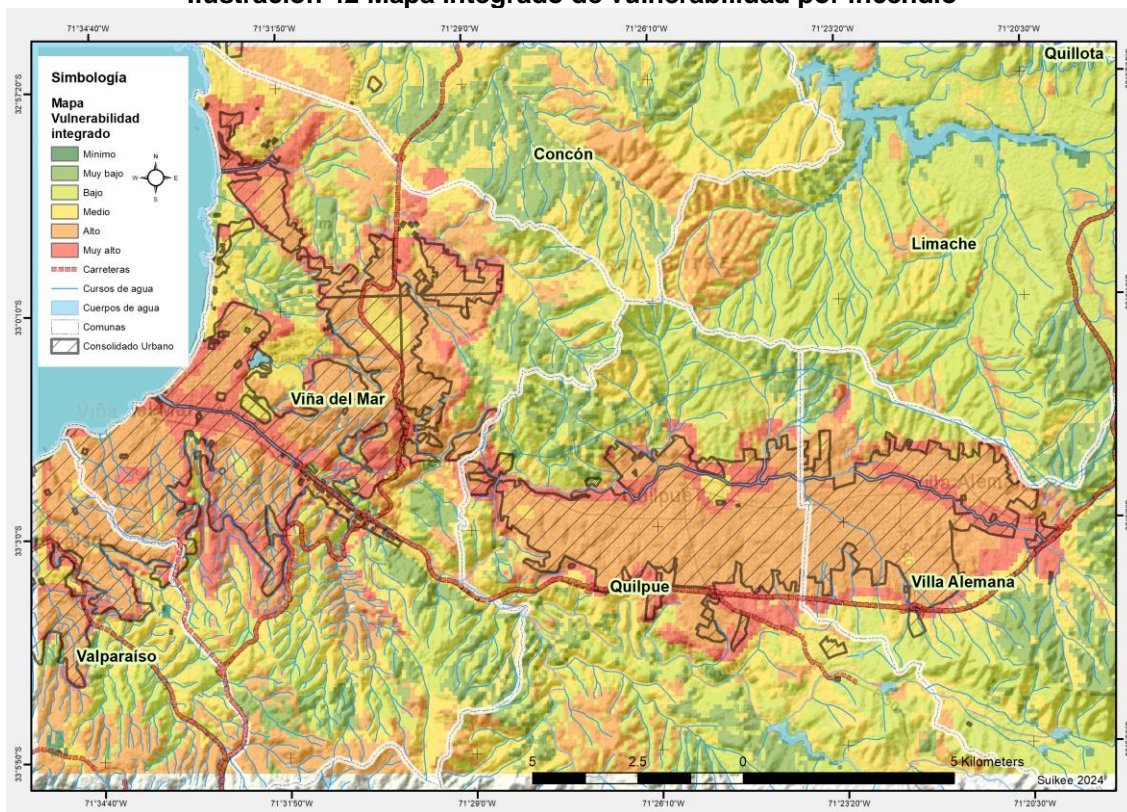
**Ilustración 41 Integración de variables del Mapa de Vulnerabilidad**



Fuente: Elaboración propia,

A partir de estos valores y considerando lo expresado en el método de Conaf, se expresan los puntajes obtenidos por pixel, en un rango cromático tipo semáforo, que permite obtener un mapa priorizado donde las zonas en color rojo son las de mayor vulnerabilidad hasta los tonos verdes con mejor rango de prioridad potencial por incendios. Véase la siguiente ilustración.

**Ilustración 42 Mapa integrado de vulnerabilidad por incendio**



Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la sobre posición de las capas de información permite observar una alta concentración de áreas de mayor vulnerabilidad en las zonas de interfaz, alrededor de los centros poblados con mayor densidad poblacional, preferentemente donde el daño está asociado a pérdidas indirectas principalmente, representadas por impactos sociales y donde también existe una alta concentración de recursos productivos.

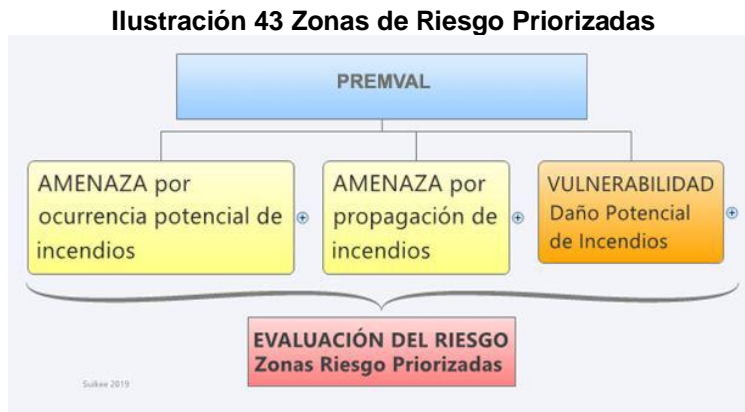
La otra situación se presenta en áreas calificadas con un alto valor ecológico (Áreas Silvestres Protegidas y Sitios de Interés para la Conservación de la Biodiversidad), así como también, sectores que contribuyen de manera significativa en la calidad de vida de la población, a través de la recreación y belleza escénica.



Los sectores con daño potencial medio se ubican en lugares de concentración importante de masas vegetacionales y cuyo daño directo e indirecto es de menor significancia, con presencia en la totalidad de las comunas.

#### 1.7.4 Zonas de Riesgo Priorizadas

A partir de la integración de los resultados de los análisis de Amenaza, tanto por ocurrencia potencial de incendios como por propagación de incendios y el resultado de la Vulnerabilidad por daño potencial de incendios, se obtuvo finalmente la cobertura o mapa final de Evaluación de Riesgo de Incendio, identificando Zonas de Riesgo Priorizadas, tal como se expresa en el Esquema denominado “Diagrama de trabajo”, sintetizado a continuación.



Fuente: Elaboración propia.

#### 1.7.5 Resultados generales de Riesgo

La integración final de las coberturas de Amenaza y Vulnerabilidad ha dado lugar a un mapa integrado de riesgo de incendios forestales, resaltando las zonas con mayor prioridad de atención. Este análisis, basado en la fórmula  $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ , permite identificar áreas críticas donde coinciden altas probabilidades de propagación de incendios con factores de vulnerabilidad socioeconómica, ambiental y urbana<sup>26</sup>.

##### 1.7.5.1 Métodos y Operaciones Técnicas

A través de una operación de geo procesamiento sobre las capas rasterizadas, los puntajes de amenaza y vulnerabilidad fueron combinados pixel a pixel. Este enfoque asegura que cada celdilla del mapa refleje una estimación precisa y cuantitativa del riesgo, considerando las variables normalizadas analizadas previamente (combustible, topografía, clima, vientos, etc.). La estructura metodológica utilizada asegura un análisis espacial coherente, facilitando la identificación de áreas que requieren planificación preventiva urgente.

#### Interpretación de los Resultados

El **Mapa Integrado de Zonas de Riesgo** (ver Ilustración siguiente) muestra patrones espaciales claros:

##### 1. Zonas de Riesgo Alto y Muy Alto:

- Estas se concentran principalmente en las pendientes y quebradas cercanas a los centros urbanos de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, y Villa Alemana, donde los

<sup>26</sup> Journal of Science and Research: Revista Ciencia E Investigacion, E-ISSN: 2528-8083, VOL. 2, NO. 6, ABRIL - JUNIO 2017, PP. 22-28

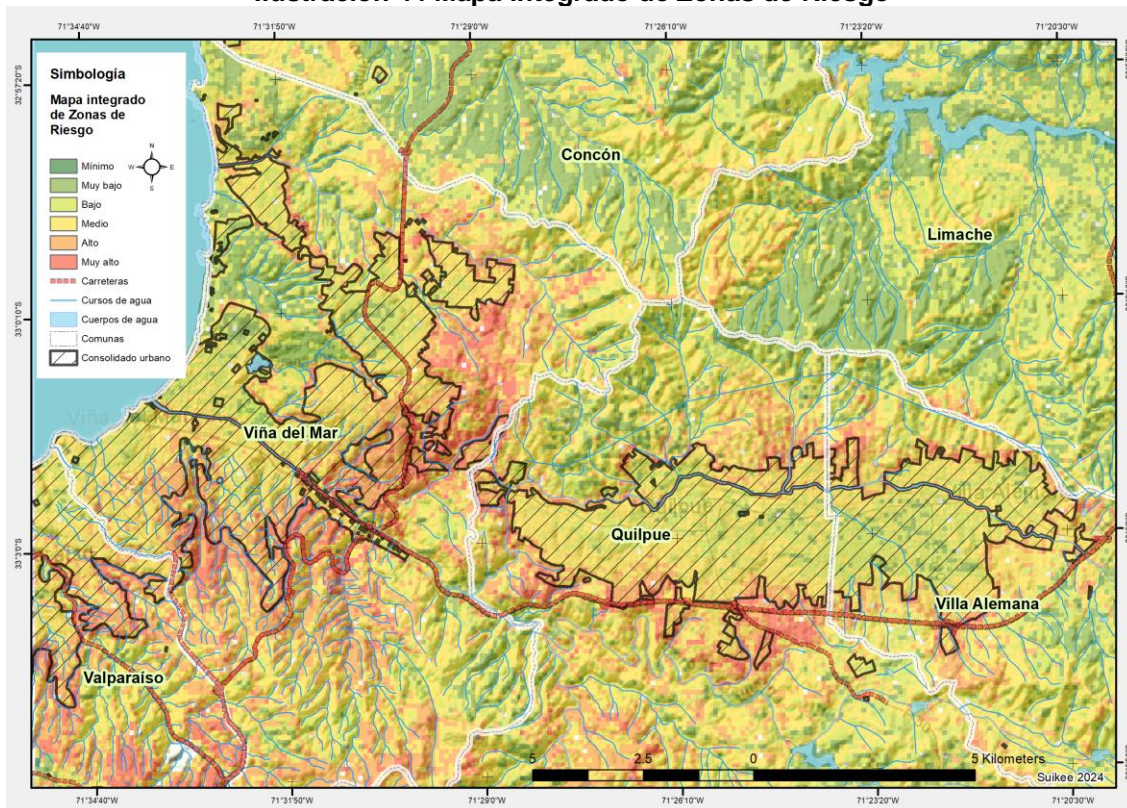
vientos y la vegetación densa aumentan las probabilidades de propagación de incendios.

- Áreas al sur de la Ruta 60 y sectores con acumulaciones de vegetación natural en pendientes inclinadas son particularmente críticas.

## 2. Zonas de Bajo y Muy Bajo Riesgo:

- Estas corresponden generalmente a valles y áreas con menor densidad de vegetación o con superficies urbanas consolidadas. Sin embargo, pueden tener relevancia por su proximidad a áreas críticas.

**Ilustración 44 Mapa integrado de Zonas de Riesgo**



Fuente: Elaboración propia.

El mapa proporcionado resalta una concentración de áreas con riesgo "muy alto" en las inmediaciones de los centros urbanos. La simbología y gradiente cromático facilitan la identificación visual de zonas prioritarias, mientras que la superposición de carreteras y cursos de agua ofrece contexto adicional relevante para la toma de decisiones.

Este tipo de análisis integrado es fundamental para promover un enfoque preventivo y mitigador en la gestión de riesgos de incendios forestales, especialmente en áreas urbanas vulnerables. La sinergia entre las herramientas de geo procesamiento y los datos normalizados garantiza la robustez y aplicabilidad de estos resultados.

### 1.7.5.2 Categorías priorizadas de Riesgo

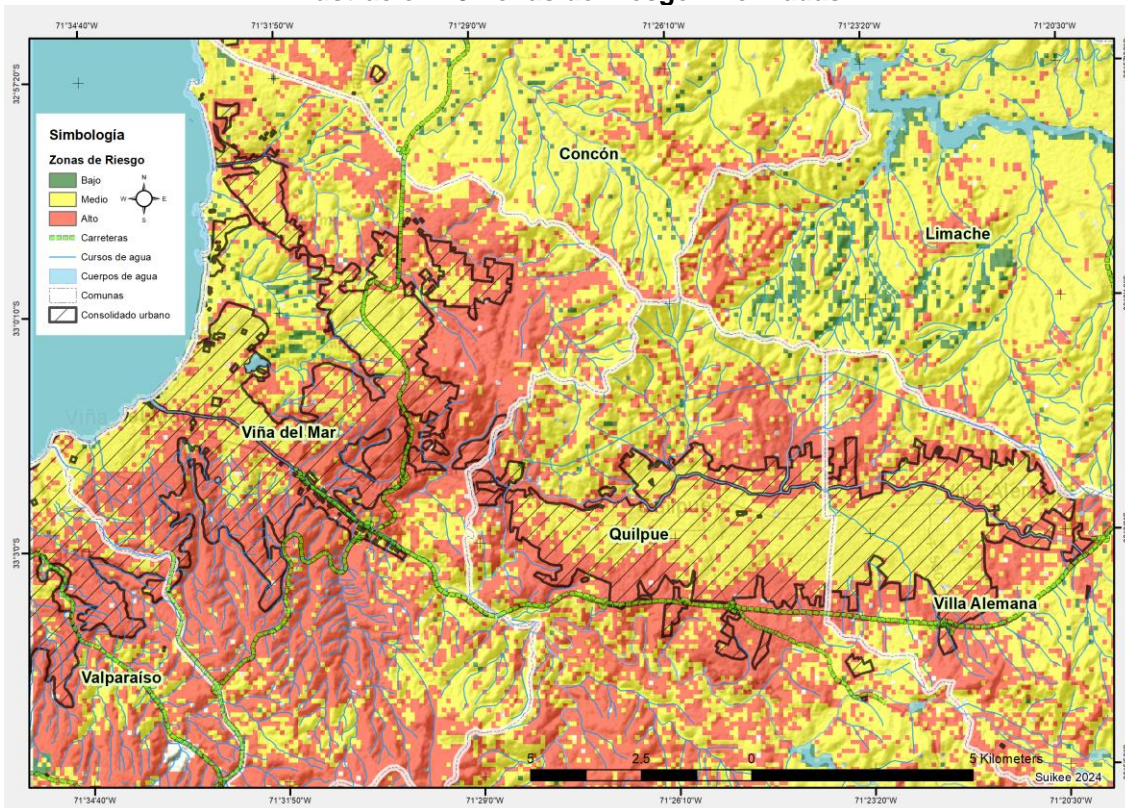
El proceso detallado en el párrafo anterior arrojó como resultado una gradiente continua, desde las áreas de menor a mayor riesgo para el área de estudio. Sin embargo, para comprometer un resultado funcional aplicable al instrumento de planificación, esta gradiente fue categorizada en tres niveles de prioridad de riesgo, a partir de cortes o rangos de puntajes totales por pixel. Esto permitió construir un mapa de prioridades, para el área de estudio.



El proceso de generación de niveles de prioridad se realizó utilizando cortes de clasificación de los datos aplicando distintos métodos (intervalos equivalentes, clases de cortes naturales, cuartil, intervalos definidos, etc.), aun así, la expresión espacial de estos, enmascaraba detalles, en especial para el contexto urbano o, en algunos casos, estos sectores eran sub representados.

Dado lo anterior, se utilizaron en principio clasificaciones estándar (como las nombradas en el párrafo anterior) y se realizaron finalmente ajustes mediante un método de clasificación manual, para definir 3 clases o niveles capaces de representar cartográficamente de forma apropiada los datos de interés. La expresión espacial de la clasificación de los datos, detallada anteriormente se expresa en la siguiente ilustración.

**Ilustración 45 Zonas de Riesgo Priorizadas**



Fuente: Elaboración propia.

Este modelo sintetiza los resultados iniciales de la identificación de zonas de riesgo a través de criterios multivariables, considerando factores como el peligro de incendio, vulnerabilidad de las comunidades humanas y los servicios ecosistémicos críticos. Cada píxel representa un área donde los riesgos han sido categorizados en tres niveles: bajo, medio y alto, permitiendo visualizar una distribución general de riesgos en el territorio analizado. La resolución refleja un enfoque preliminar para identificar áreas de atención prioritaria, especialmente en zonas con mayor densidad de bosques y asentamientos humanos.

### 1.7.5.3 Post proceso de los resultados

Una vez obtenida la cobertura jerarquizada en 3 niveles, tipo mapa semáforo expresada en la ilustración anterior, se pudo observar la presencia de sectores que, como resultado del geo proceso de fusión de coberturas, presentaban áreas “perforadas” con pequeños polígonos (como el detallado en el zoom interno de la ilustración anterior), que dificultan el proceso de planificación territorial al no conformar áreas homogéneas.

Considerando lo expresado en el párrafo anterior, se procedió a ejecutar un proceso de homogenización de los polígonos. Para esta labor se procedió a identificar primariamente los sectores



“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N° 16.282”  
aledaños a centros urbanos y sus áreas de exención y luego el resto de los centros poblados y sus inmediaciones.

Se utilizaron imágenes satelitales como fondo de contraste con la zonificación de riesgo. Esto permitió un proceso de interpretación de las imágenes y apreciar de mejor forma la consecuencia de las zonas del modelamiento con dicha base, migrando o redefiniendo bajo este cotejo, la categoría de las zonas hacia aquella de mayor coherencia con la imagen de fondo.

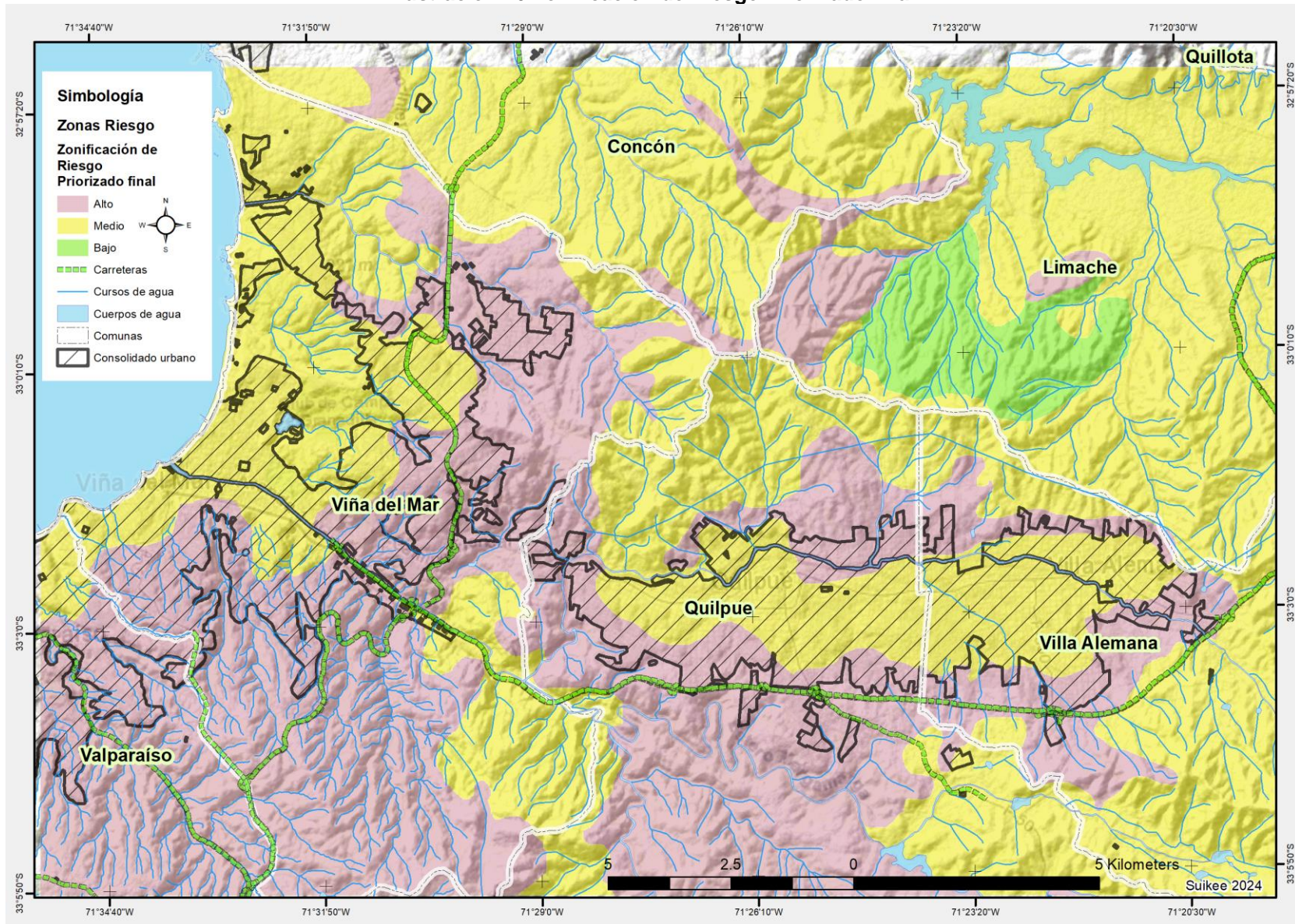
Una vez ejecutada la edición manual, para el entorno de centros poblados urbanos, se procedió a utilizar un método de reconocimiento semiautomático de polígonos dispersos que se detalla a continuación.

Se realizó una serie de operaciones utilizando la base de datos de la cobertura de riesgo, incluyendo el cálculo en hectáreas de cada polígono, tras lo cual fueron seleccionados aquellos que coincidieran con un patrón de distribución disperso (tipo tiro de munición). Con este resultado se realizó un examen visual, que permitió determinar, que correspondían a unidades de una superficie menor a 0.5 hectáreas y que además debían cumplir con la condición de que se encontraran fuera o sin contacto de un núcleo de riesgo alto.

A partir del uso de herramientas de selección por atributos, así como de selección por localización espacial, se pudo identificar estas unidades. Las cuales fueron visualizadas y transformadas a valores de riesgo intermedio, considerando su condición discontinua en el espacio y su relación con la presencia manchas de vegetación, a través del examen de imágenes.

Mediante este proceder, los polígonos seleccionados fueron transformados a distintas zonas de riesgo. Estos polígonos dispersos, correspondieron frecuentemente a pixeles que evidenciaban trazas de caminos y/o pixeles errantes localizados en los valles. El resultado de esta operación puede ser consultado en la siguiente ilustración. La que constituye la cobertura final del presente estudio, que servirá de base para un proceso de cotejo con el instrumento de planificación territorial u otro. Véase la siguiente Ilustración.

Ilustración 46 Zonificación de Riesgo Priorizado final



Fuente: Elaboración propia.

La representación anterior, caracterizada por un trazo más definido, corresponde a la etapa final del análisis de riesgo. Esta zonificación final incorpora una delimitación más precisa de las áreas críticas, optimizando la priorización en términos de intervención. Se destacan polígonos que integran no solo el riesgo, sino también la factibilidad de implementación de medidas de mitigación, considerando restricciones legales, socioeconómicas y ambientales.

## 1.8 Recomendaciones

El área de estudio, perteneciente a la región del Gran Valparaíso presenta un alto riesgo de incendios en su interfaz urbano-forestal debido a su geografía y clima: abruptas pendientes, quebradas boscosas (como la Reserva Lago Peñuelas y los cerros de Viña del Mar), urbanización dispersa sobre laderas y vegetación densa (bosques nativos y plantaciones exóticas). Estas condiciones, combinadas con veranos secos y ocasionales vientos fuertes costeros, favorecen la rápida propagación de incendios. De hecho, estudios recientes destacan que la prolongada mega sequía y la alta cobertura de combustible sin manejo técnico, unidas a asentamientos irregulares de viviendas vulnerables y carencia de cortafuegos, explican la ferocidad de las llamas en episodios recientes. Los incendios de interfaz han tenido consecuencias dramáticas: en 2014 un fuego urbano-forestal destruyó más de 2.900 viviendas en Valparaíso (con 15 muertos), y en 2022 otro incendio en Viña del Mar arrasó más de 500 casas. Estos antecedentes subrayan la urgencia de construir territorios más resilientes mediante la prevención y mitigación integradas.

El **marco normativo nacional** provee instrumentos para la gestión del riesgo de incendios forestales. La Ley de Bosques (DFL N°323 de 1931 y sus actualizaciones) y la Ley de Bosque Nativo facultan a CONAF para promover la protección de recursos forestales y combatir incendios. Existen decretos supremos sectoriales (por ejemplo, del Ministerio de Agricultura y de Vivienda) que norman el uso del fuego y la ordenación territorial en zonas de riesgo. Además, los Planes Reguladores Comunales pueden incorporar zonificaciones de riesgo. En este sentido, CONAF ha elaborado normas de manejo preventivo que autorizan la construcción de franjas cortafuegos (fajas de protección) contiguas a áreas de interfaz urbano-rural, diseñadas junto a agrupaciones de viviendas, caminos e infraestructura crítica. Asimismo, el reciente Plan de Reconstrucción post incendios 2024 destaca la necesidad de modificar los planes reguladores de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana para **definir zonas de riesgo de incendio** en los correspondientes decretos municipales. Estas disposiciones normativas refuerzan la idea de orientar la planificación urbana hacia la prevención de incendios en los cerros con mayor peligro.

Los **factores territoriales y ambientales** del área de estudio explican la alta vulnerabilidad. Las viviendas emplazadas en la interfaz suelen carecer de defensas contra el fuego: a menudo rodean o están inmersas en vegetación seca, con materiales altamente inflamables y calles angostas que dificultan el acceso de emergencia. La vegetación propia del área, incluida la flora exótica acumulada sin labores de limpieza, actúa como corredor de incendios. Como señalan expertos regionales, eliminar o reducir significativamente el combustible vegetal disponible es fundamental: se requieren intervenciones activas (cortes de matorrales, podas, fajas libres de vegetación) sobre los biocombustibles capaces de sostener fuegos de alta intensidad. Además, el diseño del entorno y la existencia de cortafuegos perimetrales o enclaves abiertos puede mejorar las opciones de defensa civil; por ello se recomienda trazar corredores cortafuegos en quebradas y bordes de bosque para contener propagaciones hacia la ciudad. En paralelo, resulta clave asegurar la conectividad de vías de evacuación y la disponibilidad de agua (hidrantes y «redes secas») en puntos estratégicos, de modo que, en caso de emergencia, bomberos y brigadas puedan operar con eficiencia.

En **experiencias internacionales** se ha demostrado la eficacia de enfoques integrados en interfaces similares. En Colorado (EE.UU.), la ciudad de Boulder ha desarrollado un *Community Wildfire Protection Plan* (CWPP) donde comunidades, bomberos y autoridades colaboran para definir objetivos comunes: comunidades adaptadas al fuego, paisajes resilientes y respuesta coordinada al fuego. Dichos planes recomiendan la reducción de combustibles forestales, campañas educativas, disminución de la inflamabilidad de las viviendas e incremento de la capacidad de respuesta. De hecho, Boulder County cuenta con códigos de construcción especiales que exigen materiales ignífugos y limitan la vegetación inflamable cerca de las casas. Modelos similares existen en Canadá (programa



FireSmart) y en España y Portugal, donde las guías nacionales plantean cortar o transformar combustibles en la zona de contacto y ordenar el desarrollo urbano según riesgo. Por ejemplo, la guía española de planificación preventiva recomienda eliminar o transformar el combustible vegetal en un proceso participativo con la comunidad, antes de la implantación de medidas concretas. En Tierra del Fuego (Argentina) se ha avanzado en normativas provinciales que vinculan la autorización de quema con un Índice de Peligro de Incendios Forestales, restringiendo el fuego cuando el riesgo es alto y promoviendo brigadas vecinales como parte de la estrategia de manejo. En conjunto, estos casos ilustran que la mitigación eficaz de la interfaz requiere abordar simultáneamente la planificación territorial, el manejo del combustible, la construcción segura y la participación ciudadana.

Sobre esta base, se proponen las siguientes **intervenciones viables e integradas**:

- **Ordenamiento territorial y planificación:** Actualizar los Planes Reguladores Comunales (PRC) para incorporar áreas de riesgo de incendio identificadas en mapas de peligro. Restringir nuevas urbanizaciones en laderas extremadamente inclinadas o sobre suelos forestales densos, y prever servidumbres de protección (fajas de terreno libre de edificaciones) en la periferia de cerros boscosos. Fomentar planes maestros intercomunales que consideren la expansión urbana frente a quebradas y cuencas con alto combustible. Esta zonificación preventiva debería complementarse con incentivos o normativas que exijan la limpieza periódica de pastizales, montículos y escombros en la interfaz.
- **Manejo de combustibles forestales:** Implementar silvicultura preventiva sistemática en las quebradas y áreas verdes urbanas. Esto incluye tala controlada de plantaciones exóticas de rápido crecimiento (pino, eucalipto) cerca de viviendas, fomento de reforestación con especies nativas menos inflamables y eliminación regular de malezas y arbustos secos. Crear y mantener **fajas cortafuegos** perimetrales en bosque cercano a sectores poblados (tal como contempla la Norma de CONAF). El Plan de Reconstrucción de Valparaíso incluye acciones de reforestación con nativas y silvicultura preventiva en reservas y parques periurbanos, junto con obra de cortafuegos y corta combustibles. Estas barreras vegetales o físicas deben ubicarse estratégicamente en la base de los cerros y a lo largo de accesos vehiculares clave, reduciendo la continuidad del combustible y facilitando el ataque inicial del incendio.
- **Infraestructura y defensa civil:** Fortalecer las redes de abastecimiento de agua y puntos de hidratantes (grifos para bomberos) en los sectores de interfaz. Construir muros de contención y *redes secas* (circuitos de agua sin consumo privado) que permitan rociar rápidamente combustible a distancia. Asegurar el mantenimiento de caminos de acceso de emergencia y vías de evacuación claramente señalizadas. Durante la temporada alta de incendios, instalar estaciones permanentes de vigilancia (torres con cámaras o sistemas de radar) en puntos altos. Asimismo, actualizar permanentemente los planes de emergencia comunales y convocar simulacros de evacuación en barrios expuestos.
- **Construcción e infraestructura crítica:** Considerar códigos de construcción especiales para la interfaz, exigiendo materiales resistentes al fuego (tejas metálicas, hormigón en el perímetro) y cerámicos en revestimientos exteriores, como los adoptados en Boulder. Requerir franjas despejadas de vegetación alrededor de cada vivienda (zona de amortiguamiento entre 10 y 30 metros), y pisos limpios de hojas y ramitas. En infraestructura pública y crítica (torres eléctricas, colegios, hospitales) desarrollar planes de mantenimiento anual de la vegetación circundante y planes de aseguramiento de energía y agua ante contingencias.
- **Participación comunitaria:** Establecer programas de educación continua que informen a los vecinos sobre riesgos y buenas prácticas (p.ej. no arrojar colillas, uso seguro del fuego). Promover brigadas vecinales de prevención y alerta, inspiradas en los modelos del Plan de Reconstrucción que propone la formación de brigadas locales con equipamiento e insumos para proyectos comunitarios de prevención. Estas brigadas, en coordinación con CONAF, Bomberos y SENAPRED, pueden liderar jornadas de limpieza de malezas, simulacros de evacuación y vigilar perímetros en días críticos. Adicionalmente, fomentar incentivos municipales para la autoprotección: descuentos o subsidios para la contratación de servicios de limpieza de terrenos privados o para la instalación de sistemas domésticos de aire acondicionado con filtros (que eviten el ingreso de humo).
- **Institucionalidad y gobernanza:** Crear un comité intersectorial (municipalidades, gobierno regional, servicios de emergencia, medio ambiente, salud) para coordinar las políticas de prevención e inversiones. Este órgano debería consolidar la información técnica (cartografía de riesgo, monitoreo meteorológico) y articular recursos presupuestarios. Fortalecer la

“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N°16.282”

fiscalización ambiental y urbanística para asegurar el cumplimiento de cortafuegos, faenas de limpieza y normas de zonificación. Igualmente, elaborar guías técnicas locales, basadas en los manuales de CONAF y la evidencia internacional, adaptadas al contexto de Valparaíso. Finalmente, garantizar financiamiento estable para acciones de prevención (tal como fondos anuales de manejo de combustible) y mantener la capacitación continua de brigadas y bomberos en combate de interfaz.

En síntesis, la reducción sostenible del riesgo requiere un enfoque **integrado**: ordenar el territorio evitando asentamientos en zonas críticas, manejar activamente el combustible forestal, garantizar la infraestructura de defensa y, sobre todo, involucrar a la comunidad en cada paso. Las estrategias internacionales y los planes nacionales coinciden en que una «comunidad adaptada al fuego» es aquella que conoce su riesgo, modifica su entorno inmediato (haciendo eficientes *las 3 zonas* de protección de cada vivienda) y trabaja con autoridades en planes de acción. Aplicar estas recomendaciones en el Gran Valparaíso – armonizadas con la normativa vigente y los recursos locales – aumentará significativamente la resiliencia de las comunas ante futuros incendios, protegiendo vidas, bienes y ecosistemas.

**Fuentes:** Documentos oficiales y estudios técnicos (CONAF, gobierno regional y nacional), junto con lecciones de experiencias internacionales (planes de protección comunitaria de Boulder, códigos de construcción resistentes, guías de gestión española) y análisis de incendios recientes en Valparaíso, sustentan estas recomendaciones integradas. Véase la siguiente Tabla.

**Tabla 13 Fuentes utilizadas para las recomendaciones<sup>27</sup>**

<b>Fragmento del texto</b>	<b>Nota sugerida</b>
Recomendaciones sobre cortafuegos	1, 6
Planificación urbana y PRC	3, 6
Normativa de combustibles	4
Participación comunitaria (brigadas, educación)	5, 8
Modelos internacionales (Boulder, FireSmart, España)	7, 8, 9
Enfoque técnico WUI (Mahmoud)	10

<sup>27</sup> 1 CONAF (2006). \*Manual de medidas prediales de protección contra incendios forestales\*. 2 CONAF (s.f.). \*Norma para la construcción de fajas de protección contra incendios forestales en interfaz urbano-rural\*. 3 Gobierno de Chile (2024). \*Plan de Reconstrucción Valparaíso\*. Ministerio del Interior y Seguridad Pública. 4 DFL N°323 (1931), DS N°29 (1985), DS N°90 (1985). Reglamentos de seguridad en combustibles y gas. 5 ONEMI (2020). \*Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres\*. 6 MINVU (s.f.). \*Lineamientos para la incorporación del riesgo en instrumentos de planificación territorial\*. 7 CWPP Boulder County (2023). \*Community Wildfire Protection Plan\*, Colorado, EE.UU. 8 FireSmart Canada (2016). \*Manual Técnico para Comunidades Resilientes al Fuego\*. 9 MITERD (2020). \*Guía técnica para la planificación preventiva frente a incendios forestales\*, Gobierno de España. 10 Mahmoud, H. & Chulahwat, A. (2018). \*Unraveling the complexity of wildland–urban interface fires\*. Nature Sustainability.

## 1.9 Conclusiones

El análisis del territorio en estudio permitió establecer que presenta una alta tendencia a los incendios forestales y de interfaz urbano-rural. Los resultados del modelo de riesgo destacan áreas localizadas que presentan una vulnerabilidad significativa, asociada a la proximidad entre zonas con alta carga de combustible vegetal y asentamientos humanos.

Las recomendaciones derivadas del estudio se enfocan en dos estrategias fundamentales:

1. Creación de fajas libres de combustible vegetal: Estas áreas actuarían como barreras físicas para evitar la propagación de incendios, especialmente en zonas periféricas de alta exposición.
2. Educación y concienciación ciudadana: Es crucial fomentar la participación activa de la comunidad en medidas preventivas, como la reducción de material combustible en sus propiedades y la preparación ante emergencias.

### Contexto y Análisis de Resultados

El territorio presenta niveles críticos de riesgo identificados en la modelación. Estos están relacionados principalmente con:

- Cercanía entre vegetación densa y zonas habitadas.
- Topografía y régimen de vientos complejo, como cerros y laderas.
- Vías de comunicación, que suelen concentrar eventos de incendios por intencionalidad o accidentes.

Las áreas periféricas de la interfaz urbano-rural muestran una mayor propensión a incendios, especialmente en quebradas y cerros. Estos espacios, a menudo clasificados como áreas verdes comunales, presentan una combinación de matorral nativo de densidades medias o abiertas y viviendas en pendientes, lo que agrava su vulnerabilidad.

### Impacto en Áreas Consolidadas

El análisis con imágenes y mapas de riesgo evidencia que sectores habitacionales en laderas de cerros o cercanos a cursos de agua enfrentan riesgos significativos. En estas áreas, se recomienda:

- Congelar el crecimiento urbano.
- Implementar medidas de mitigación, como accesos seguros, cortafuegos y programas de restauración del paisaje.

La priorización de las zonas de riesgo tiene implicaciones directas en la planificación urbana y territorial, destacando:

1. Planificación territorial: El diseño de cinturones verdes y cortafuegos puede reducir el impacto de incendios en los bordes urbanos.
2. Gestión de infraestructura: Es fundamental fortalecer la conectividad y las rutas de evacuación en áreas de riesgo alto.
3. Monitoreo constante: Dado el dinamismo de las condiciones climáticas y la acumulación de material vegetal, se requiere actualizar periódicamente el análisis de riesgos.

A modo de conclusión final, señalar que el numeroso set de mapas de riesgo intermedios y finales desarrollados, permite identificar áreas críticas y orientar medidas de gestión, minimizando la exposición de las comunidades rurales y urbanas. Esto es especialmente relevante en sectores periféricos y en áreas con características topográficas complejas. La incorporación de estas medidas, junto con un enfoque preventivo y educativo, es esencial para reducir las pérdidas humanas, económicas y ambientales en la región.



### 1.10 *Bibliografía de referencia*

Determinación de Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso” Documento de Trabajo N° 555, CONAF 2010

Resumen Ejecutivo Riesgo Incendios Forestales, Departamento de Desarrollo e Investigación / Gerencia de Protección contra Incendios Forestales Corporación Nacional Forestal, CONAF Enero 2021.

Memorias del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales  
[https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw\\_gtr245/es/psw\\_gtr245\\_es.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_es.pdf)

Propuesta de diseño de un sistema de torres de detección de incendios forestales: aplicación a la región Metropolitana de Chile central [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002014000300014](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002014000300014)

Documento de trabajo 451 del Departamento Manejo del Fuego Conaf 2006

Acciones para la disminución del peligro por propagación del fuego En [https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Congressos/Apresentacoes\\_IICI\\_VIENR/Miguel\\_Castillo\\_S\\_ACCIONES\\_PARA\\_LA\\_DISMINUCION\\_DEL\\_PELIGRO\\_DE\\_INCENDIOS\\_FLORESTALES\\_EN\\_AREAS\\_DE\\_I.pdf](https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Congressos/Apresentacoes_IICI_VIENR/Miguel_Castillo_S_ACCIONES_PARA_LA_DISMINUCION_DEL_PELIGRO_DE_INCENDIOS_FLORESTALES_EN_AREAS_DE_I.pdf)

<https://www.contraloria.cl/documents/451102/1931197/MANUAL-I+DEFINITIVO.pdf/0c236c50-7d37-4c36-8754-19dfbf524efe>

Conceptos y herramientas prácticas para un Manual de Reducción de Riesgo de Desastre en Chile 2017 Pablo Camus, Federico Arenas y Francisco Mendoza. Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN), CONICYT/ FONDAP/15110017

Federico Arenas, Rodrigo Hidalgo y Marcelo Lagos: Los riesgos naturales en la planificación territorial. Centro de Políticas Públicas Universidad Católica, Año 5, N°39, 2010. En CIGIDEN 2017 Op. Cit.

Decreto 1512: 18-FEB-2017 MINISTERIO DEL INTERIOR Y SEGURIDAD PÚBLICA <http://bcn.cl/20ng6>

Manual con Medidas para la Prevención de Incendios Forestales Región Metropolitana. Departamento de Manejo del Fuego. Documento de Trabajo 568” de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) 2011

Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, Provincia de Valparaíso. Chile Central. M. Castillo Et Al. 2010

Recent wildfires in Central Chile: Detecting links between burned areas and population exposure in the wildland urban interface P. Sarricolea et al 2020. Science of the Total Environment 706 (2020) 135894

Prandini & Pallero 2013 En; Desarrollo de un modelo para el análisis de vulnerabilidades. Caso de estudio Amazon Echo. Otilia Guzmán 2018 Proy Título Universidad Internacional SEK

Strategic GIS planning and management in local government / David A. Holdstock. 2017 by Taylor & Francis Group, LLC International Standard Book Number-13: 978-1-4665-5650-8 (Hardback)

Ubeda y Sarricolea 2016; Curt y Frejaville 2018 en Science of the Total Environment 706 (2020)

Stewart, S.I., Radeloff, V.C., Hammer, R.B., Hawbaker, T.J., 2007. Defining the wildland–urban interface. J. For. 105 (4), 201–207.

Los incendios en zonas de interface urbano forestal. La integración de nuevos elementos en el diseño de la prevención. Scripta Nova Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 Vol. XIV, núm. 331 (60), 2010

Castillo, M; Garfias, R; Julio, G; Correa, L. Incendios forestales en Chile. Análisis general de riesgos. Capítulo Libro 'Riscos: Naturais, Antrópicos e Mistos'. Faculdade de Letras. Pp.639-650. ISBN 978-989-96810-1-9.; p667-678. Universidade de Coimbra. Portugal. 2013

**Recursos Web:**

<https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/a-traves-de-imagenes-satelitales-informe-revela-como-el-incendio-de-la-v-region-llego-a-zonas-urbanas/U62HFGNE5RFWVFZZ4BK4ATKA4A/>

[https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20240209/20240209151003/incendio\\_valpo\\_2024\\_v01.pdf](https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20240209/20240209151003/incendio_valpo_2024_v01.pdf)

[https://glad.umd.edu/dataset/Fire\\_GFL](https://glad.umd.edu/dataset/Fire_GFL)

<https://www.minciencia.gob.cl/noticias/estos-son-los-12-proyectos-con-los-que-la-ciencia-chilena-contribuira-a-la-prevencion-y-recuperacion-de-los-incendios-forestales/>

[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(22\)02526-9?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844022025269%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(22)02526-9?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844022025269%3Fshowall%3Dtrue)

<https://www.rionegro.com.ar/sociedad/los-cinco-factores-que-llevaron-a-los-incendios-forestales-en-chile-3419793/>

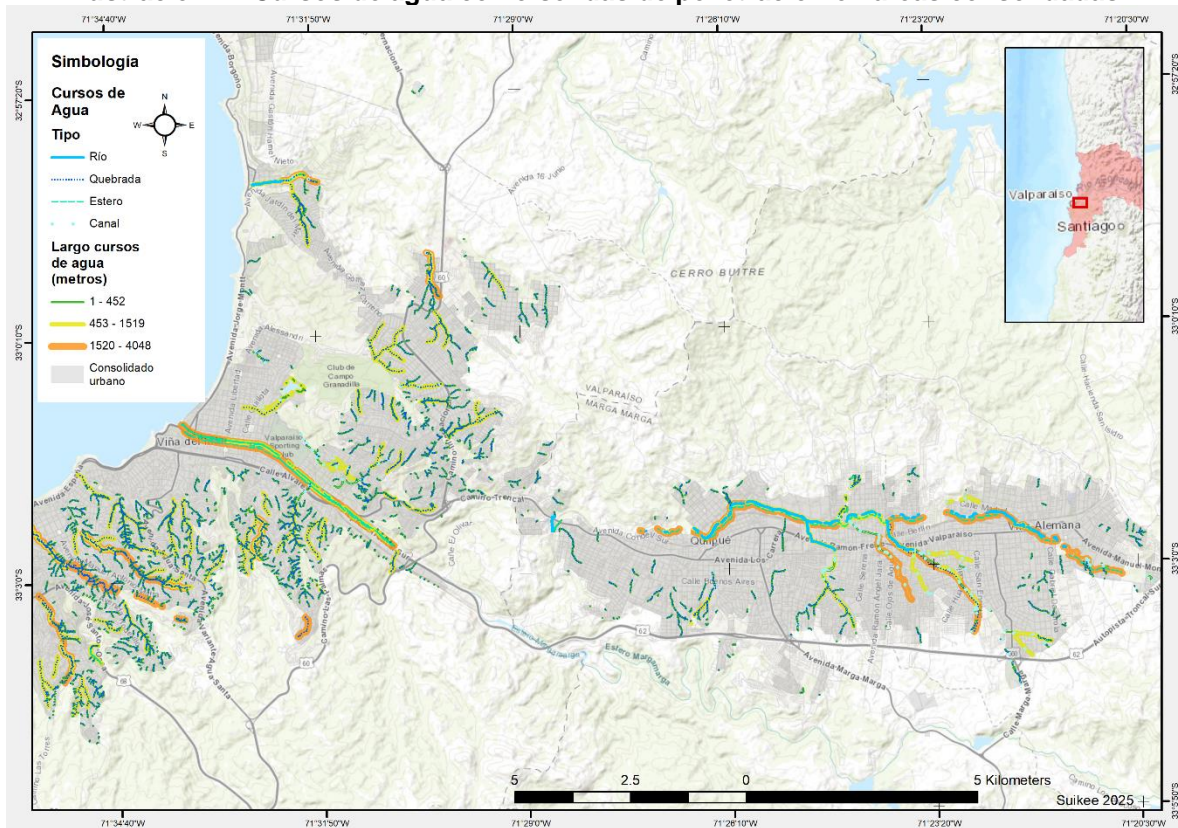
## 1.11 Anexos

### 1.11.1 Sendas de penetración asociadas a quebradas

Durante el desarrollo del estudio, y a modo de ejercicio, se solicitó identificar las eventuales sendas de propagación propiciadas por la masa vegetal presente en las riberas de quebradas y otros cursos de agua que conectan con las áreas urbanas consolidadas, para efectos de que puedan ser monitoreadas por los servicios competentes.

Para realizar lo solicitado se utilizó la base de hidrografía disponible para el estudio (en cuyos metadatos figura como fuente el IGM, Solfa 2017 y SECTRA 2010) y la homologación de sus formatos de texto en la base de datos de la cobertura, se identificaron los cursos de agua, incluyendo las categorías Canal, Estero, Quebrada y Río, localizadas al interior del polígono de consolidado urbano correspondiente al área de estudio. A partir del geoprocésamiento de dicha cobertura se obtuvo la siguiente ilustración:

**Ilustración 47 Cursos de agua como sendas de penetración en áreas consolidadas**



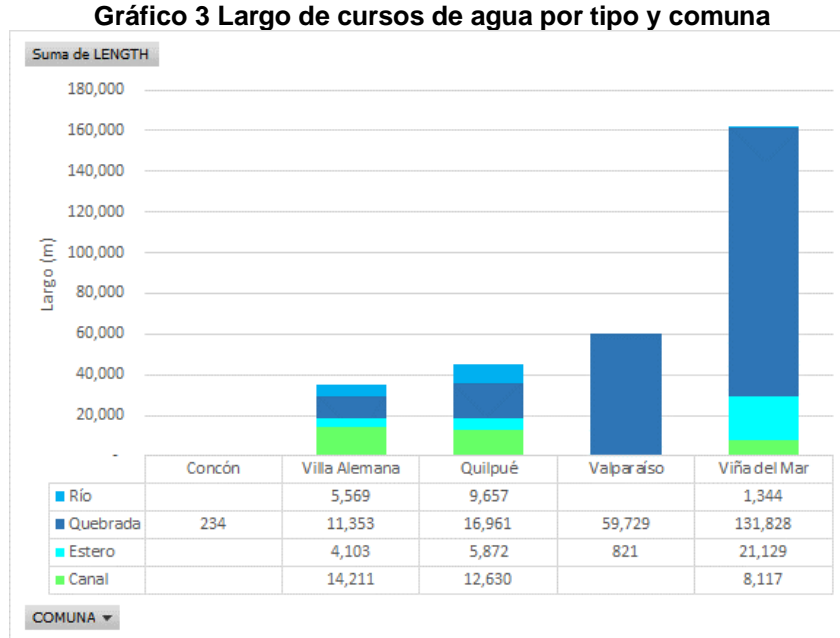
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la ilustración anterior, se generó una segmentación de los largos de los cursos de agua en tres categorías, utilizando “Natural Breaks”<sup>28</sup>. Complementariamente los cursos de agua fueron clasificados según su tipo, en canales, esteros, quebradas y ríos. Los cuales fueron sobrepuestos a la categorización por largo de curso de agua, indicada en el párrafo anterior. De este modo y a partir de los resultados presentados en la ilustración y consultando la base de datos de la cobertura, se pudo obtener el siguiente gráfico, donde se aprecia el dominio por tipo de curso de agua

<sup>28</sup> El método Natural Breaks (Jenks) es una técnica de clasificación estadística usada en SIG para agrupar datos en clases basadas en las discontinuidades naturales de su distribución. Optimiza la homogeneidad interna y la heterogeneidad entre clases, lo que mejora la representación visual de patrones espaciales. Su principal ventaja es que minimiza la distorsión y revela la estructura espacial de los datos.



“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N°16.282” para las distintas secciones de las comunas insertas en el área de estudio, destacando el caso de las quebradas como elemento dominante para el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Bajo el mismo contexto, se pudieron identificar aquellos cursos de agua que poseen identificación de nombre en la base de datos. Calificándolos por comuna y longitud, con lo cual se pudo lograr una aproximación respecto a su capacidad de conformar eventuales “sendas de propagación” de incendios propiciadas por la presencia de masa vegetal y su largo en las áreas del consolidado urbano.

**Tabla 14 Clasificación y Calificación sendas potenciales de penetración de incendios**

COMUNA	NOMBRE	Alta	Baja	Media
Quilpué	Esteros El Belloto			
	Esteros Quilpué			
Valparaíso	Quebrada Los Placeres			
Villa Alemana	Esteros Quilpué			
Viña del Mar	Esteros Renaca			
	Esteros Vina del Mar			
	Quebrada El Quiteno			

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos se puede identificar la distribución espacial de cursos hídricos, destacando quebradas (>2 km) como principales sendas de propagación (véase la codificación cromática por longitud). Por otra parte, se identificó la dominancia de quebradas (75.8%) en el área de estudio, seguidas de esteros (15.2%). Regularmente quebradas se localizan en laderas o sectores pendientes usualmente superiores al 20%, lo que las constituye como rutas o sendas potencialmente importantes para la propagación de incendios hacia los núcleos urbanos.

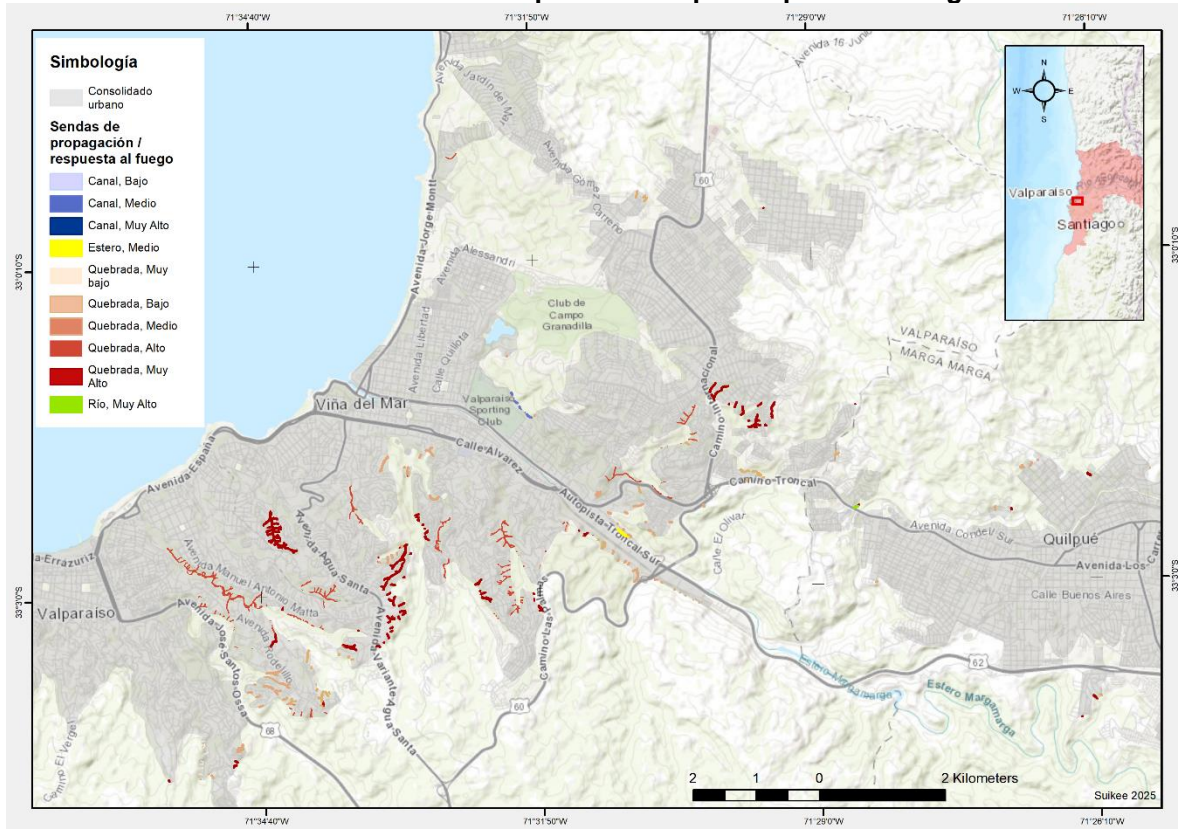
A partir de la identificación de las sendas de propagación de incendios, individualizadas en la ilustración anterior, se les asignó un buffer referencial de 10 metros<sup>29</sup> como la distancia mínima de

<sup>29</sup> Corresponde a la Franja perimetral defensiva (defensible space) Zona 1 (0-10 m de estructuras): Área de "combustible cero" (sin vegetación inflamable). Correspondiente a las distancias de seguridad en zonas WUI (Wildland-Urban Interface), según CalFire (California Department of Forestry and Fire Protection) y la NFPA (National Fire Protection Association)

separación con el material combustible. Considerando que el estudio no contempló el levantamiento de información insitu, se utilizó la clasificación de la cobertura del Catastro de bosque nativo, catalogada según su respuesta a los incendios, como se detalla en el punto Resistencia al Control, del presente informe.

De este modo y aplicando geoprocursos de cruce de coberturas en la plataforma SIG, se logró identificar los sectores correspondientes a las sendas de propagación, jerarquizados según su cercanía a las distintas capas de material combustible vegetal, descrita en el párrafo anterior. A partir de los cual se pudo elaborar la siguiente ilustración.

**Ilustración 48 Sendas de penetración por respuesta al fuego**

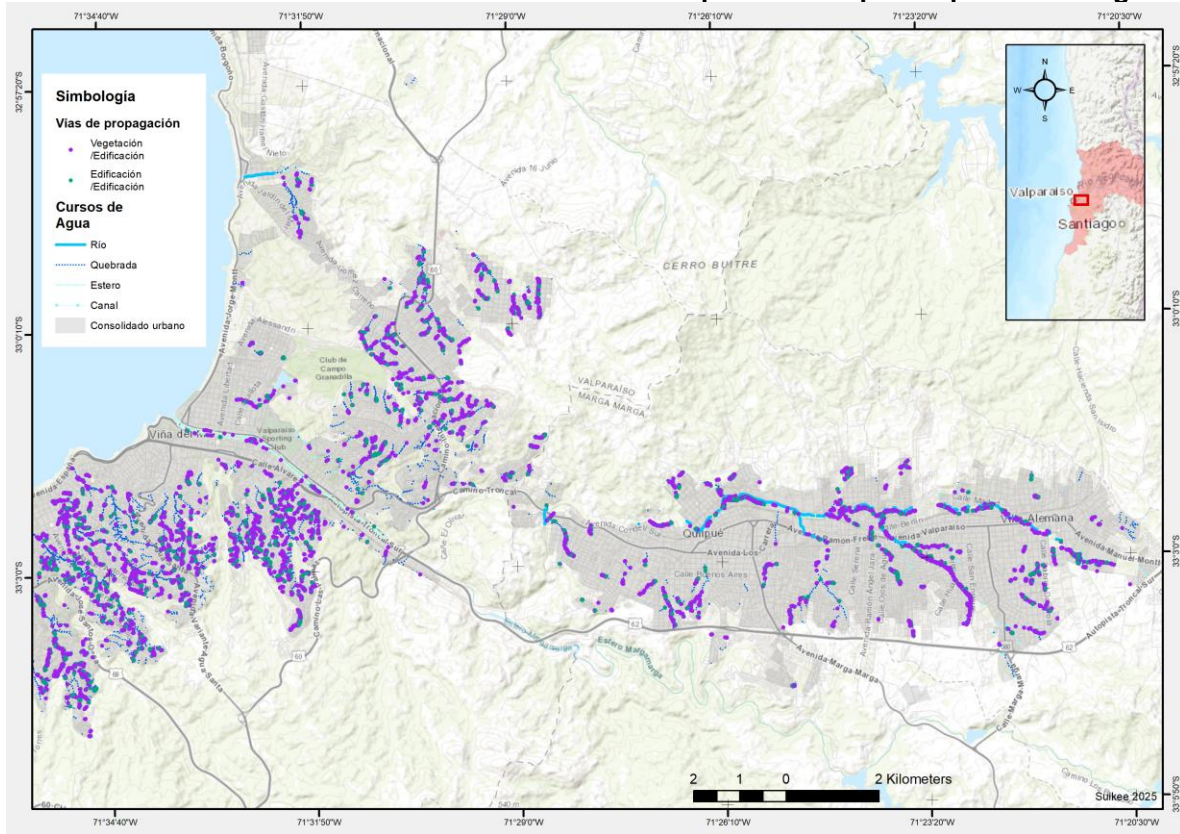


Fuente: Elaboración propia.

Para identificar la progresión potencial de los incendios, en su binomio Vegetación Estructura; como sugiere H Mamoud. Fueron seleccionadas por localización, las edificaciones de coincidentes o al interior del buffer referencial de 10 metros de las zonas de vegetación que conforman potenciales sendas de propagación de incendios, principalmente asociadas a las quebradas identificadas en la ilustración anterior. Esta operación permitió identificar 2544 edificaciones localizadas en dicha franja.

Complementariamente en la relación Estructura – Estructura, propuesta por Mamoud, fueron seleccionadas aquellas edificaciones localizadas a 10 metros de las edificaciones seleccionadas respecto a la vegetación, descritas en el párrafo anterior. A partir de esta operación se identificaron 6902 nuevas edificaciones, lo cual conforma cerca del 73% de las edificaciones totales comprendidas entre ambos ejercicios. La distribución espacial de estos puntos referidos a la relación Vegetación / Edificación y Edificación / Edificación, puede ser consultada en la siguiente ilustración, en la cual se incorporan además los cursos de agua.

**Ilustración 49 Edificaciones asociadas a sendas de penetración por respuesta al fuego**



Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, se aplicó una adaptación del modelo de triple propagación (Mahmoud & Chulahwat, 2018) considerando los siguientes puntos y sus parámetros correspondientes:

1. Vegetación-Vegetación (V-V):

- Delimitación de Zona de Defensa Perimetral (ZDP) de 10 m sobre riberas (referencia NFPA 1144 §4.1.3)<sup>30</sup>
- Cruce espacial con capa de combustibles (Catastro de Bosque Nativo)

2. Vegetación-Estructura (V-E):

- Identificación de estructuras ≤10 m de vegetación riparia (indicado en el punto 1 anterior)

3. Estructura-Estructura (E-E):

- Estructuras ≤10 m de edificaciones en riesgo V-E (indicado en el punto 2 anterior)

Resultados cuantitativos:

Variable	Cantidad	% del total
Estructuras en riesgo V-E	2,544	27%
Estructuras en riesgo E-E	6,902	73%

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las métricas utilizadas, el resultado indica que respecto de las sendas de propagación coincidentes con las rutas definidas por los cursos de agua (V-V) el 73% corresponden a la relación Estructura-Estructura (E-E) y el 23% a la relación Vegetación-Estructura (V-E), lo que deja en evidencia

<sup>30</sup> El buffer de 10 m corresponde al mínimo de NFPA 1144 para riesgo bajo. En pendientes >20% o vegetación pirofítica, CalFire recomienda 30 m (PRC 4291).

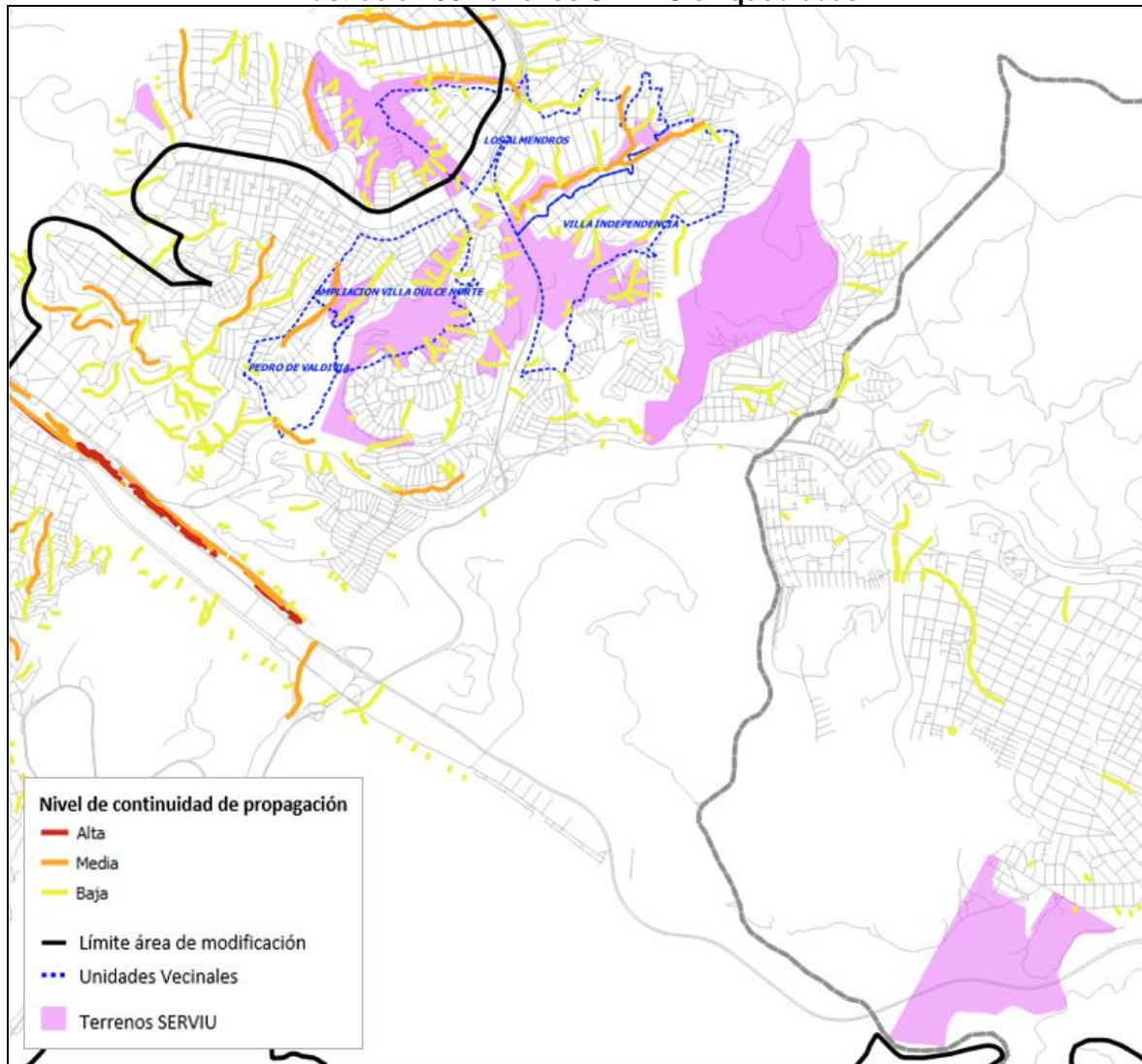


que la relación espacial entre la vegetación y las edificaciones es estrecha, lo que imprime un factor de riesgo importante. Aun así, la vecindad o cercanía entre la línea de edificación en contacto con la vegetación y la segunda línea edificada es aún más importante, lo que favorecería una rápida expansión del fuego, considerando estos factores de distribución.

Por otra parte, a partir del resultado anterior y utilizando las coberturas vectoriales disponibles al interior del área de modificación referidas a los terrenos SERVIU, el catastro de campamentos, y las normas contenidas en los PRCs vigentes de Viña del Mar y Quilpué, se puede decir que:

- En el caso de los terrenos SERVIU la mayor parte de ellos se encuentran asociados a quebradas con medio y bajo nivel de propagación, destacándose dentro de las de nivel medio la quebrada localizada entre la Villa Independencia y Los Almendros; y aquella localizada entre Pedro de Valdivia y Villa Dulce Norte., tal como se visualiza en la siguiente imagen.

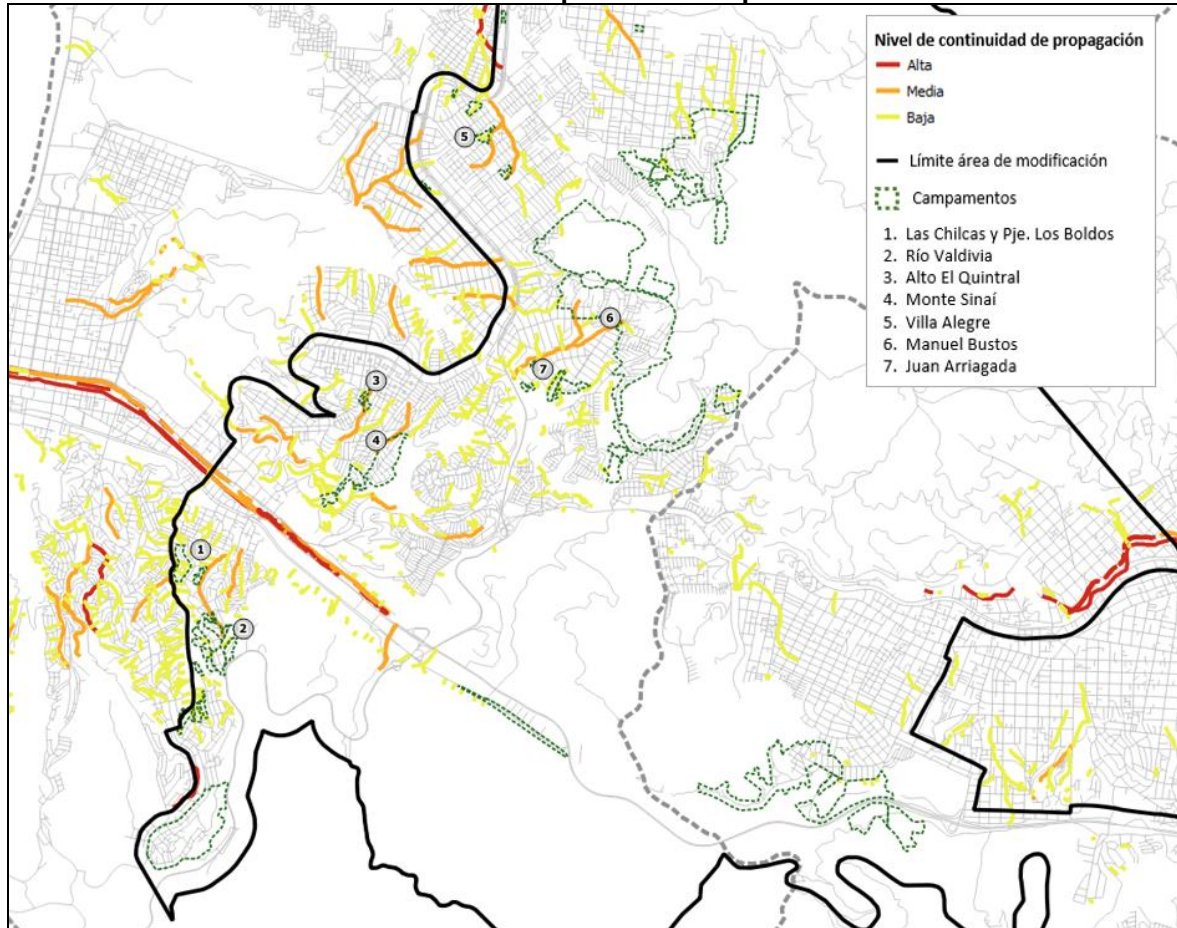
**Ilustración 50 Terrenos SERVIU en quebradas**



Fuente: Elaboración propia e información de terrenos SERVIU.

- Respecto de los campamentos existentes en el área de la modificación, se observan al menos 7 áreas donde los campamentos están cercanos a quebradas de nivel de propagación medio, las que debieran ser prioritarias para incluir las recomendaciones enunciadas por el presente estudio.

**Ilustración 51 Campamentos en quebradas**



Fuente: Elaboración propia y catastro de campamentos MINVU.

- En relación con los usos de suelo normados en la comuna de Viña del Mar y utilizando la cartografía disponible en IDE MINVU, es posible identificar que el 70% de las quebradas de nivel de propagación alto están bajo zonas de restricción (RE) y un 28,56% coincide con zonas que permiten el uso residencial siendo la Zona V7 la que concentra el mayor porcentaje, e incluyendo solo un 0,54% de ellas bajo la zona de áreas verdes (AV). Para el caso de las quebradas de nivel de propagación medio, podemos observar que un 19,43% está bajo zonas de restricción (RE) y un 74,06% está bajo zonas que permiten la localización de usos de suelo residenciales, siendo también la Zona V7 la que concentra el mayor porcentaje, observándose sólo un 6,51% en zonas asociadas a áreas verdes (AV, AV-1 y AV4).

**Tabla 15 Nivel de propagación y usos de suelo normados – PRC Viña del Mar**

Nivel de propagación / Zona PRC	Largo (m)	Porcentaje %
<b>Alta</b>	<b>14402,27</b>	<b>100</b>
AV	77,31	0,54
E5	111,55	0,77
EE-2	28,91	0,20
I	6,85	0,05
RE	10211,42	70,90
V4	129	0,90
V7	3837,23	26,64
<b>Media</b>	<b>49578,56</b>	<b>100</b>
AV	417,23	0,84
AV-1	918,5	1,85
AV4	61,31	0,12
B-14c	47,4	0,10
E5	755,24	1,52

Nivel de propagación / Zona PRC	Largo (m)	Porcentaje %
E-7C	161,24	0,33
E7-C1	84,02	0,17
EE-1	1107,6	2,23
EE-2	3922,85	7,91
I	1002,92	2,02
RA-2	462,51	0,93
RE	9632,72	19,43
RE-1	296,95	0,60
RE-2	353,96	0,71
RE-5	382,21	0,77
RE-6	459,89	0,93
REP-2	321,2	0,65
RP-3	54,76	0,11
V1	1468,6	2,96
V2	102,85	0,21
V4	71,78	0,14
V4a	910,38	1,84
V5	167,57	0,34
V7	23403,16	47,20
V8	1181,28	2,38
ZR	1830,43	3,69

Fuente: Elaboración propia en base a PRC de Viña del Mar, IDE MINVU.

Para el caso de la comuna de Quilpué, se identificó que el 55,95% de las quebradas de nivel de propagación alto se encuentran sobre zonas que no permiten el uso de suelo residencial y que están asociadas a zonas de áreas verdes públicas e infraestructura de transporte (AVC1, ACV3, e INT). Por otro lado, el 44,05% está asociado a zonas que permiten el uso residencial siendo la zona ZR5 la que concentra el mayor porcentaje.

Para el caso de las quebradas de nivel de propagación medio, el 75,36% está asociado a zonas que no permiten actividad residencial (AVC1, AVC2, AVC3).

**Tabla 16 Nivel de propagación y usos de suelo normados – PRC Quilpué**

Nivel / Zona PRC Quilpué	Largo (m)	Porcentaje %
<b>Alta</b>	<b>5822,56</b>	<b>100</b>
AVC1	362,84	6,23
AVC3	2766,27	47,51
C4	113,4	1,95
C6	80,3	1,38
E	60,03	1,03
ET	91,53	1,57
INT	128,54	2,21
SC	67,67	1,16
ZE3	108,68	1,87
ZM2	166,8	2,86
ZR1	452,95	7,78
ZR3	15,86	0,27
ZR4	196,82	3,38
ZR5	1164,33	20,00
ZR9	17,65	0,30
ZRM2	28,89	0,50
<b>Media</b>	<b>12042,29</b>	<b>100</b>
AVC1	2995,96	24,88
AVC2	966,72	8,03
AVC3	5112,74	42,46
C2	469,39	3,90
E	423,61	3,52
ZR3	344,35	2,86
ZR4	92,06	0,76
ZR5	548,4	4,55
ZRM1	697,68	5,79
ZRM2	391,38	3,25

Fuente: Elaboración propia en base a PRC de Quilpué, IDE MINVU y Municipalidad de Quilpué.



### 1.11.2 Análisis metodológico de los procesos de evacuación

La amenaza de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal (IUF) constituye uno de los riesgos más críticos para las ciudades ubicadas en la región central de Chile, particularmente en la zona costera de la región de Valparaíso. Como ya ha sido relatado, la proximidad de las áreas urbanas a extensiones de vegetación, junto con las condiciones climáticas extremas y la alta densidad poblacional, generan un contexto de alta vulnerabilidad ante mega incendios. En particular, la ciudad de Valparaíso, junto con Viña del Mar y Quilpué, se encuentran expuestas a una creciente frecuencia e intensidad de incendios forestales, lo que demanda un enfoque metodológico especializado para la planificación y ejecución de procesos de evacuación eficaces.

Este análisis metodológico tiene como objetivo identificar y analizar las variables clave relacionadas con los procesos de evacuación, evaluando las zonas seguras y los puntos focales para el despliegue de los servicios de respuesta ante desastres. Asimismo, se pretende desarrollar recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia de los sistemas de evacuación y la resiliencia de las poblaciones urbanas ante la amenaza de incendios en la interfaz urbano-forestal.

#### 1. Identificación de Variables Críticas en el Proceso de Evacuación

El proceso de evacuación en situaciones de incendios forestales en zonas urbanas adyacentes a áreas boscosas o de vegetación densa debe tener en cuenta diversas variables operativas, logísticas y ambientales. Las principales variables incluyen:

- Zonas de alto riesgo y áreas de evacuación: Determinación de las áreas con mayor riesgo de ser alcanzadas por el incendio, basándose en factores como topografía, dirección del viento, densidad de vegetación y distancia a núcleos urbanos. Este análisis permite identificar los primeros sectores a evacuar y las rutas de evacuación prioritarias.
- Distribución de zonas seguras: Las zonas seguras deben ubicarse en puntos alejados de los focos de incendio y sectores de interfaz o alejados de la trayectoria esperada del incendio, como plazas, parques y terrenos abiertos con capacidad suficiente para albergar a grandes contingentes de personas. Su capacidad de alojamiento y la infraestructura disponible (suministro de agua, espacio suficiente, accesibilidad, etc.) son factores fundamentales para garantizar la eficacia de la evacuación.
- Rutas de evacuación y accesibilidad: Evaluación de las rutas de evacuación más eficientes, considerando el tipo de infraestructura vial, la saturación del tráfico, la posible obstrucción por caída de árboles u otros desechos y la capacidad de las vías para soportar grandes volúmenes de personas y vehículos.
- Puntos focales de despliegue de servicios de emergencia: Identificación de los puntos estratégicos donde se concentrarán los servicios de emergencia, tales como bomberos, ambulancias, y fuerzas policiales. Estos puntos deben estar ubicados cerca de los accesos principales de las zonas de evacuación y en lugares seguros para que las unidades de respuesta puedan operar sin verse afectadas por el incendio.
- Tiempo estimado para la evacuación: Este parámetro incluye el cálculo del tiempo necesario para evacuar a la población de las zonas de alto riesgo, considerando factores como la densidad de la población, el número de personas en situación de vulnerabilidad (personas con movilidad reducida, adultos mayores, niños) y el tiempo de reacción ante alertas tempranas.

#### 2. Análisis de Zonas Seguras y Capacidades de Albergue

Las zonas seguras juegan un papel central en la estrategia de evacuación, pues deben servir tanto como puntos de reunión temporales como refugios para las personas desplazadas. Las zonas seguras deben ser evaluadas en función de la capacidad de absorción de grandes cantidades de personas, acceso a recursos básicos (agua, alimentos, servicios médicos), y conectividad con las rutas de evacuación.

- Viña del Mar: El área costera de Viña del Mar, al ser más plana y con un sistema vial relativamente ordenado, presenta varias áreas que podrían ser consideradas como zonas seguras. Espacios como la Plaza Vergara, el Estadio Sausalito o el Parque Potrerillos son ejemplos de lugares con amplia capacidad para albergar personas, aunque su efectividad dependerá de la capacidad de acceso y las condiciones viales. La cercanía al mar puede ser un factor mitigante frente al avance del fuego desde el interior, pero en el caso de vientos fuertes, puede presentar riesgos asociados a la dirección del fuego.

### 3. Despliegue de Servicios de Respuesta ante Desastres

Los servicios de respuesta ante desastres deben ser desplegados de manera estratégica para garantizar una intervención eficiente. Los puntos focales deben ser establecidos en lugares accesibles, con la infraestructura adecuada para albergar centros de operaciones de emergencia, y cerca de los puntos de evacuación para facilitar la coordinación.

- Coordinación interinstitucional: Es crucial que los servicios de bomberos, carabineros, protección civil, y las brigadas de emergencia estén coordinados en tiempo real mediante sistemas de comunicación efectivos, como radios y aplicaciones de gestión de emergencias, para maximizar los recursos disponibles.
- Instalación de centros de comando y control: Estos centros deben ser ubicados en puntos estratégicos y deben estar equipados con tecnología para monitorear el avance del incendio, las rutas de evacuación, y las condiciones del tráfico y la infraestructura urbana. Un centro de comando eficaz puede estar ubicado en zonas periféricas de las ciudades, como en áreas cercanas a la salida sur de Valparaíso, o en instalaciones de la ONEMI o Bomberos.
- Despliegue rápido de equipos de emergencia: El tiempo de respuesta ante un mega incendio depende de la capacidad de movilización de los equipos. Para ello, se deben definir claramente los puntos de concentración de recursos en las zonas afectadas, tales como equipos de bomberos, equipos de rescate, unidades de atención médica y otros recursos logísticos.

### 4. Recomendaciones para Mejorar la Eficiencia de los Procesos de Evacuación

- Fortalecimiento del sistema de alerta temprana: Implementar sistemas de notificación a la población mediante alertas a través de aplicaciones móviles, redes sociales y medios de comunicación locales. Estos sistemas deben incluir instrucciones claras sobre las rutas de evacuación y las zonas de seguridad.
- Simulacros y entrenamientos: Es fundamental realizar simulacros periódicos de evacuación en las zonas urbanas y en áreas cercanas a la interfaz urbano-forestal, involucrando tanto a la población como a los servicios de emergencia para mejorar la coordinación y la rapidez en las respuestas.
- Mejorar la infraestructura vial: Invertir en la mejora de las rutas de evacuación, especialmente aquellas que conectan las zonas urbanas con las áreas de escape hacia puntos seguros, asegurando que no se presenten obstrucciones por caída de árboles u otros obstáculos naturales.
- Desarrollo de mapas interactivos de evacuación: Diseñar mapas digitales que permitan a la población conocer las rutas más rápidas y seguras, así como las zonas seguras más cercanas, con una interfaz fácil de acceder desde dispositivos móviles.

La amenaza de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana demanda una planificación rigurosa de los procesos de evacuación. Aún no se han tenido las reuniones necesarias con la autoridad de emergencias SENAPRED, para avanzar en la identificación precisa de zonas seguras. La mejora de las rutas de evacuación y la adecuada disposición de puntos de respuesta ante desastres son elementos clave para asegurar una evacuación eficiente y salvaguardar la vida humana. Para ello, se requiere un planteamiento amplio, que supera los aspectos abordados en la presente entrega, ya que ameritan de una coordinación efectiva entre las autoridades locales y los servicios de emergencia, mediante un enfoque integral que combine la infraestructura, la capacitación y la tecnología.

### 1.11.3 Reuniones de coordinación con actores relevantes

De acuerdo con lo contenido en el Ajuste Metodológico, se realizan reuniones con los actores clave, los cuales se reportan a continuación.

#### **Corporación Nacional Forestal - CONAF**

Se llevó a cabo una reunión conjunta entre el cuerpo técnico del MINVU y CONAF de la Región de Valparaíso, en la cual se comprometieron materiales y recursos que aportarán a los resultados presentados en la presente versión del informe sobre el riesgo de incendios.

Esta reunión fue realizada el día 08 de noviembre 2024 a las 10:00 horas de forma telemática. A continuación, se señala la lista de asistentes y los principales temas tratados.

**Tabla 17 Lista de asistentes – Reunión CONAF**

N°	Nombre	Cargo e Institución
1	Rodrigo Morales	Seremi MINVU Valparaíso
2	Adolfo Balboa	Seremi MINVU Valparaíso
3	Raúl Martínez	CONAF
4	Ana Díaz	CONAF
5	Margarita San Martín	CONAF
6	Karla Fernández	Consultora
7	Ibety Escobar	Consultora
8	Suikee Kong	Consultora

Fuente: Elaboración propia.

Se inicia la reunión con la contextualización por parte de la SEREMI MINVU, quien se refiere a los avances del estudio e informa que se ha anexado al contrato vigente de la modificación del PREMVAL, un nuevo producto asociado a las vías de evacuación y al riesgo de incendios, en el sector del mega incendio ocurrido el 2 de febrero del presente año 2024. También, se indica que desde la SEREMI MINVU se ha establecido comunicación con Daniel Ariz, jefe regional de la Sección de Prevención de Incendios Forestales de CONAF, y Patricio Balladares, Jefe del Departamento de Protección contra Incendios Forestales de CONAF, indicando que ellos están informados y autorizaron la reunión para poder contar con un acercamiento con todos los estudios y planes que se estén desarrollando en la corporación, en relación con los riesgos de incendios de la región de Valparaíso.

Posteriormente, se da la palabra a Raúl Martínez geógrafo y funcionario de la Sección de Prevención de Incendios Forestales de CONAF, quien informa que estarán presentes también en la reunión Ana Díaz y Margarita San Martín, profesionales del equipo.

Continuando con la reunión, desde la consultora a cargo del desarrollo del estudio, se realiza una introducción que tiene por objetivo aclarar cómo se inserta la modificación del PREMVAL en curso, con la modificación por procedimiento excepcional a través del artículo 27° de la Ley N°16.282. Posteriormente, el encargado del estudio de riesgos de la consultora realiza una presentación gráfica de la información recolectada hasta el momento, en la cual se inicia una interacción con los profesionales de CONAF.

Durante el desarrollo de la presentación se realizan las siguientes observaciones, sugerencias y opiniones:

- En relación al estudio Determinación de Prioridades de Protección Contra Incendios Forestales en la Región de Valparaíso” Documento de Trabajo N° 555, generado por CONAF Dirección Región de Valparaíso, el Departamento de Manejo del Fuego y CIREN, se indica que este se modificó y el estudio actual data del año 2019, el cual contiene un píxel de mayor resolución configurándose como el estudio regional vigente.



- Se informa por parte de CONAF, que se ha entregado al municipio de Viña del Mar el plan de prevención o plan de reducción de riesgo, ajustándose al lenguaje del SENAPRED, el cual incluye cartografía a escala comunal. Para la comuna de Valparaíso, aún no se encuentra terminado, pero está en proceso.

- En relación con el área afectada por el mega incendio, se indica que existe un polígono oficial que define del área quemada, el cual se puede solicitar a CONAF a través de un correo con copia a Patricio Balladares, Daniel Ariz, y a Raúl Martínez, así se puede hacer llegar con mayor rapidez toda la información necesaria.

- En cuanto al registro estadístico, CONAF lleva un registro diario y georreferenciado de todos los incendios que van ocurriendo, los cuales se cargan en la plataforma digital. La información que se carga pasa por un proceso previo de revisión, donde se hacen algunos ajustes en relación al punto de origen, a los resultados de investigación, y a procesos de revisión administrativa interna, la que una vez validada se carga al visor, por esta razón la información va un poco desfasada en aproximadamente 30 días en relación al tiempo real.

- También, se informa que en la actualidad el visor de la temporada vigente es el 2024 - 2025, y que el incendio de febrero de este año 2024 es de la temporada del periodo anterior, es decir 2023-2024. La temporada es considerada siempre desde julio a junio de cada año.

- Por parte del consultor, se consulta si en el portal de CONAF se encuentran los incendios de magnitud que están representados como polígonos, y si del incendio de febrero 2024 hay algún detalle a nivel de puntos donde se puedan distinguir los focos. Al respecto, se informa por parte de CONAF, que efectivamente la información de los incendios se puede facilitar y respecto del incendio de febrero también, ya que corresponde a la temporada 2023-2024. Se complementa indicando que de los incendios sobre 200 hectáreas siempre se cuenta con un polígono, en algunos casos de los incendios pequeños también se pueden obtener, pero hay que realizar una reconstrucción, buscar información preguntando a Santiago, y es más engorroso. Sin embargo, los incendios de 200 hectáreas o más, si tienen su polígono oficial.

- También por parte del consultor se indica que con los puntos se pueden generar algunos modelos de dispersión espacial como mapas de calor, y resimbolizar la información por el tipo de origen o las características del contexto de cada incendio.

En relación con el inicio de los focos, se ve que en general los caminos son parte de los puntos de inicio de los incendios, pero no hay certeza de cuál es el inicio, pero al menos está la localización y a partir de eso se pueden generar modelos que permiten visualizar cuáles son los patrones de localización entre los incendios.

Se continua con algunas preguntas a CONAF, que tienen como objetivo poder contar con insumos para abordar el Estudio de Riesgo de incendios de la modificación, las que se desarrollan a continuación:

¿Cuáles son las principales causas y las zonas de los incendios forestales en la región de los últimos años? ¿Estos incendios están asociados a cierto tipo de elementos físicos? Por ejemplo, se observa que los incendios están principalmente asociados a los caminos o senderos, quebradas, sitios de camping ¿Pero existe otro tipo de elementos o formaciones vegetales que se reconozcan como facilitadores de incendios?

Respuesta: Existe una base de datos que tiene la información, y dentro de esa base aparece si está cercano a caminos o a infraestructuras. Ahora, la principal causa está asociada a elementos constructivos como los caminos y es un hecho el que casi todos los incendios están asociados a sectores con tránsito de personas.

Respecto a la segunda pregunta, sobre ¿Que zonas han sido históricamente afectadas por incendios? ¿Existen mapas de riesgo actualizados?

- Respuesta: Antes la forma de georreferenciar los incendios era través de unas grillas, desde donde se puede tener información histórica aproximadamente desde los años 80 o mucho más atrás. Entonces de esa información no se tiene una cartografía o mapa de riesgo con las zonas que han sido históricamente más afectadas por los incendios, pero se cuenta con un análisis

muy similar a lo que se está mostrando con la concentración de puntos de mapas de calor, donde se concentran los incendios. Por ejemplo, los sectores más afectados corresponden a la parte alta y sur de Villa Alemana y al sector de Peñablanca; en Valparaíso el sector de la Reserva; y en el área rural de Casablanca. Hay que considerar también otros incendios forestales, no tan sólo el mega incendio del 2 de febrero, sino otros incendios que se han iniciado en el sector de la Reserva de Peñuelas y que han avanzado hacia el sector de Los Pinos en Quilpué, como fue el caso del ocurrido en el año 2021.

Respecto a la tercera pregunta, sobre ¿Qué medidas preventivas desde la planificación territorial recomiendan implementar en las zonas rurales y urbanas para mitigar el riesgo de incendio?

- Respuesta: Desde CONAF se realizan planes de prevención y se adecuan a los requerimientos del Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, los que se denominan ahora planes de prevención de riesgo de desastre frente a incendios forestales, y ahí hay una serie de medidas preventivas y de mitigación como son los cortafuegos, que se recomiendan implementar tanto en las zonas urbanas como rurales de las comunas involucradas. Por ejemplo, para el caso de Viña del Mar, este se acaba de entregar faltando sólo hacer la presentación; y el de Valparaíso se está terminando, ambos cubrirán dos comunas críticas, que fue el criterio utilizado para actualizar los planes que ya existían. También la comuna de Casablanca cuenta con su Plan, el que es más antiguo, pero también detalla una serie de medidas preventivas y de mitigación frente a los incendios forestales.

Respecto a la cuarta pregunta, sobre ¿Cuáles son las especies vegetales más propensas a la propagación del fuego en la región, donde se localizan y cómo se gestionan? ¿Qué áreas tienen una mayor acumulación de combustible vegetal?

- Respuesta: Se ha estado en conversaciones con la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) y con la Universidad de Valparaíso, y sobre todo con la primera, para analizar este tema. Normalmente se dice que el eucaliptus es una especie que transmite el fuego de manera fácil, también los bosques y las plantaciones se consideran de una mayor propagación del fuego, ya que aumentan su potencia. Sin embargo, es un tema complejo el cómo determinar cuáles son las especies más propensas a la propagación, porque, si es un bosque nativo muy estresado, en una época de sequía extensa debido al cambio climático, como la que se tiene en esta zona central, obviamente que el incendio va a ser mucho más rápido, más destructivo, y va a avanzar muy rápido hacia las zonas pobladas. Entonces, eso de definir solamente las especies vegetales, hay que verlo también en el conjunto, en relación a cómo funciona el sistema, considerar el grado de humedad, general y cómo se va comportando el fuego en la vegetación, este punto es sumamente importante, y hay estudios que se podrían solicitar a la UTFSM, a través del Jorge León. Al respecto, se menciona que se ha participado como institución en algunos seminarios y se está analizando desde la hoja en ciertas condiciones, hasta las especies que tienen más o menos follaje, en condiciones de mayor o menor estrés, y el cómo se propaga, ya que en definitiva eso es lo que se denomina un modelo de combustible. El modelo de combustible es determinar cómo ciertas especies o formaciones vegetales, se comportan frente al incendio. Actualmente, se trabaja con un modelo que se hizo hace un tiempo atrás, en la década de los 90, en el sur de Chile y que se ha adaptado a la zona central. Entonces el desafío es generar un nuevo modelo, y por eso se está conversando con las universidades para generar este nuevo modelo.

En relación a la pregunta ¿Qué áreas tienen mayor acumulación de combustible vegetal?

- Respuesta: Eso se puede determinar con un análisis de NDVI en el momento, para ver la masa vegetal disponible. Las áreas que tienen mayor acumulación vegetal varían de temporada a temporada, y hay que ir analizándolo en función de cómo los incendios han afectado estas mismas áreas. En términos generales, por ejemplo, en la parte alta de Viña del Mar hay menos vegetación porque se ha quemado; en la parte alta de Valparaíso en esta temporada siempre hay que preocuparse de los sectores que están al sur de los centros poblados, porque los incendios avanzan de sur a norte, y hay variaciones hacia el oriente y el poniente, pero eso es por los vientos predominantes.

Respecto a la quinta pregunta, sobre ¿Cuáles son las zonas de difícil acceso para brigadas de combate?

- Respuesta: Las zonas de difícil de acceso para las brigadas de combate siempre son las quebradas, la complejidad de los incendios en esta zona del Gran Valparaíso es que los incendios se proyectan a través de las quebradas y estas bajan a la ciudad. Entonces, trabajar los incendios en las quebradas es sumamente complejo, ya que hay que ingresar al fondo de la quebrada siendo muy peligroso, por lo que se debe tener mucho conocimiento y experticia, como la que afortunadamente tienen los jefes de brigadas.

Respecto a la sexta pregunta, sobre ¿Cuáles fueron los puntos conflictivos para realizar la evacuación de la población? Esta consulta surge a partir del objetivo de la modificación, ya que actualmente a partir de ella tenemos la oportunidad de adelantar declaratorios de utilidad pública (DUP) para vías troncales o expresas. En este caso, se está enfocando más que nada en el ensanche de vías expresas cercanas al área siniestrada, pero también es importante poder incorporar nuevas DUP de vías troncales y espacios que puedan servir como puntos de encuentro o focales. Entonces, para este estudio es muy importante recopilar información relativa al cómo se efectuó la evacuación, en qué tiempos, o cuales fueron las principales dificultades.

- Respuesta: Quien estuvo a cargo de toda la evacuación o puede tener antecedentes es SENAPRED, ellos pueden dar mayor información oficial respecto de cómo se realizó todo el proceso de evacuación, porque CONAF se dedicó al combate, pero la evacuación dependió de otras instituciones.

Importante es considerar que el incendio de febrero fue lo que se lo denomina de “sexta generación”, donde no hay forma de combatirlo, y ahí la única solución es evacuar, ya que la principal preocupación siempre son las vidas humanas. Entonces, sacar a las personas es el objetivo, ya que los incendios forman un hongo que se proyecta hacia adelante y debajo se forma una sombra y esa es una zona donde hay que evacuar sí o sí. Este incendio, lamentablemente tuvo esa característica, donde ya no hay forma de combatirlo porque son de avance muy rápido, de mucho poder calórico, con temperaturas muy altas y no son de un frente único, porque van cayendo pavesas, que es una lluvia de fuego, y combatir este tipo de incendios es muy complejo.

Por otra parte, las obras de mitigación como son los cortafuegos no operan para este nivel de incendio, las obras de mitigación operan para incendios de menor escala, donde hay un cortafuegos de 20 metros, suelo mineral, esos cortafuegos clásicos que se ven, sí operan, pero para incendios más pequeños, existen también otras obras de mitigación, fajas corta combustible o fajas libres de vegetación, que aminoran la intensidad del fuego y obviamente ahí sí puede entrar con los equipos a trabajar.

De acuerdo con lo anterior, entonces ¿Cómo se podrían definir áreas de evacuación?

- Respuesta: Siempre se ha discutido que la vía de evacuación debe ser una avenida grande, entonces, definir, por ejemplo, que los conjuntos habitacionales tengan dos entradas, una para entrar y otra para salir, donde los vehículos de emergencia puedan entrar y por el otro lado evacuar, y que las grandes avenidas funcionen como vías de evacuación. Sin embargo, ¿cómo se hace en el contexto de Viña del Mar? no es tan solo en el área que se suscribe al incendio, sino pensar en la comuna en su conjunto. En el estudio sería bueno que se considerara que las áreas y los puntos de evacuación no solamente estén considerados en el área que se quema, sino que hay que pensar en la ciudad completa, y pensar dónde se originan los incendios, que en realidad no se originan tangentes a la ciudad, sino que se originan en la Reserva Peñuelas, en el Camino a Las Tablas, en Melosilla, y pueden eventualmente terminar en el área urbana de Viña del Mar o en el sector de Los Pinos de Quilpué.

Por ejemplo, en Valparaíso poner un punto de evacuación desde los cerros hacia el plano, hay que ponerse en el peor escenario de que tal vez ese incendio se generó por un terremoto, entonces hay caída de postes y corte de servicio eléctrico, etc., las personas igual van a estar en áreas de riesgo, así es que hay que hacer una integración de los distintos riesgos para



establecer rutas de evacuación. Hay que hacer un análisis, revisando todos estos elementos, porque cuando hay incendios, también hay caída de postación, congestión vehicular, etc.

Se menciona que analizarlo es complejo, ya que Viña del mar y Valparaíso no tienen grandes avenidas, que bajen al plan. En incendios menores, se pueden abordar hacia los recintos deportivos, las canchas de fútbol, todos esos espacios despejados sirven incluso para puntos de reunión, y pueden servir para evacuar. Sería importante una conversación con SENAPRED, porque ellos estuvieron en el incendio de febrero.

La evacuación puede ser por las grandes vías, que pueden bajar muchos vehículos y puedan estar libres de vegetación alrededor, y otras áreas que pueden servir son los parques con poca vegetación y que puedan tener áreas despejadas, etc. Sin embargo, en la realidad es difícil, ya que hay muchos factores y elementos a considerar, junto con la dinámica propia del incendio, donde ningún incendio es igual a otro.

#### Otros temas:

La modelación de los incendios para CONAF siempre ha sido un tema de discusión, a pesar de que se cuenta con programas computacionales muy avanzados y que se ocupan a nivel internacional, pero para estos temas de evacuación, es muy difícil saber cómo se comportará el incendio, porque hay variables climáticas que operan en el momento, ya que la meteorología la genera el mismo incendio. Los incendios, normalmente bajan por una quebrada, pero a veces avanzan, y otras retroceden, aunque en términos generales avanzan de sur a norte, pero a veces en el detalle pasan hacia un lado y hacia otro moviéndose también en dirección oriente y poniente.

Por parte se comparte, que muchas veces el cortafuego termina siendo el área donde se instalan nuevos asentamientos, entonces tampoco parece ser la solución, sino más bien ir atendiendo estos temas de forma integral. Por ejemplo, que las zonas de seguridad no sean solamente para este fin, sino que tengan otra utilidad como puede ser una cancha de fútbol, un parque, para que no se conviertan en áreas de futuras tomas, o lugares donde crezca vegetación y luego no cumplan el rol para el cual fueron creadas.

Hay que tener varias vías y en todos los sentidos. En general los incendios que van a necesitar evacuación son los incendios de quinta y sexta generación, los incendios menores pueden tener una evacuación más local, pero siempre pensando en que la dinámica de un incendio es realmente muy impredecible, entonces hay que situarse en que el incendio podría crecer y no se puede correr riesgos, hay que tener también umbrales de cómo se va propagando y su magnitud.

Pero es bueno que lo estén abordando, y se consideren estos aspectos en la ciudad futura, como grandes espacios para que circulen los vehículos de emergencia (carros bomba, camionetas, camiones grandes), ya que cuando hay asentamientos consolidados en las zonas, el poder integrar vías anchas en esos sectores es un poco más difícil.

A continuación, desde la SEREMI MINVU se acota que hay un tema que aparece bastante y que ha generado cierto ruido en otros procesos de planes reguladores, y tiene que ver con el origen de los incendios, y se ha declarado que éstos están asociados a los caminos y a las avenidas. Por ejemplo, si el origen de los incendios está asociado a los caminos, y se están abriendo nuevos caminos en las áreas rurales, se está generando una mayor vulnerabilidad a que existan nuevos focos, sobre todo en aquellas áreas que son rurales o periurbanas. Entonces, en el caso del PREMVAL este trata sobre la vialidad intercomunal, que son grandes avenidas que conectan los distintos sectores de la conurbación y no sólo la movilidad interna de las comunas, es decir, hay vías al interior de las ciudades y también en sectores que deslindan con sectores boscosos. Hay que buscar alguna medida que se pueda integrar, ya que lo que preocupa no es abrir el camino, sino la situación de abandono que podría quedar después. En este punto CONAF señala, mostrando imágenes del patrullaje que realizan, que también se abren caminos con bermas muy estrechas, donde la vegetación sin mantención hace que se conecten las copas de los árboles, generando incendios aéreos o de copa, que son los que generan pavesas, y que son los más difíciles de combatir. Los caminos o vías pavimentadas también funcionan como una medida de mitigación, como una especie de cortafuegos, por ejemplo, el camino Placilla entre Las Tablas.

Por otro lado, los caminos (área rural) permiten el tránsito de personas y también son los que nos sirven para extinguir el fuego. Pero son las condiciones de diseño que debieran tener estos caminos los

“MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE VALPARAÍSO (PREMVAL) / ARTÍCULO 27 LEY N°16.282” que debemos estudiar, por ejemplo, si las bermas fueran amplias, serían fajas públicas que se podrían intervenir y definir como vías de evacuación informando a la comunidad que esa es su utilidad.

Desde la SEREMI MINVU se indica que, en el área del Plan de Reconstrucción, el acceso principal al sector desde el troncal urbano es actualmente por el enlace del Tamarugal, y todas las evacuaciones hacia la Ruta 64 que están hacia el norte son bastante complicadas, ya que la ruta va en trinchera, y no existen nuevos enlaces que permitan acceso hacia el norte. Entonces, dentro del Plan de Reconstrucción, una de las cosas que se indicaron, además de generar estas vías que mejorarán la circulación, es aumentar la dotación de accesos o enlaces, aumentado la dotación existente de uno a lo menos cinco, para que permitan la evacuación hacia el norte.

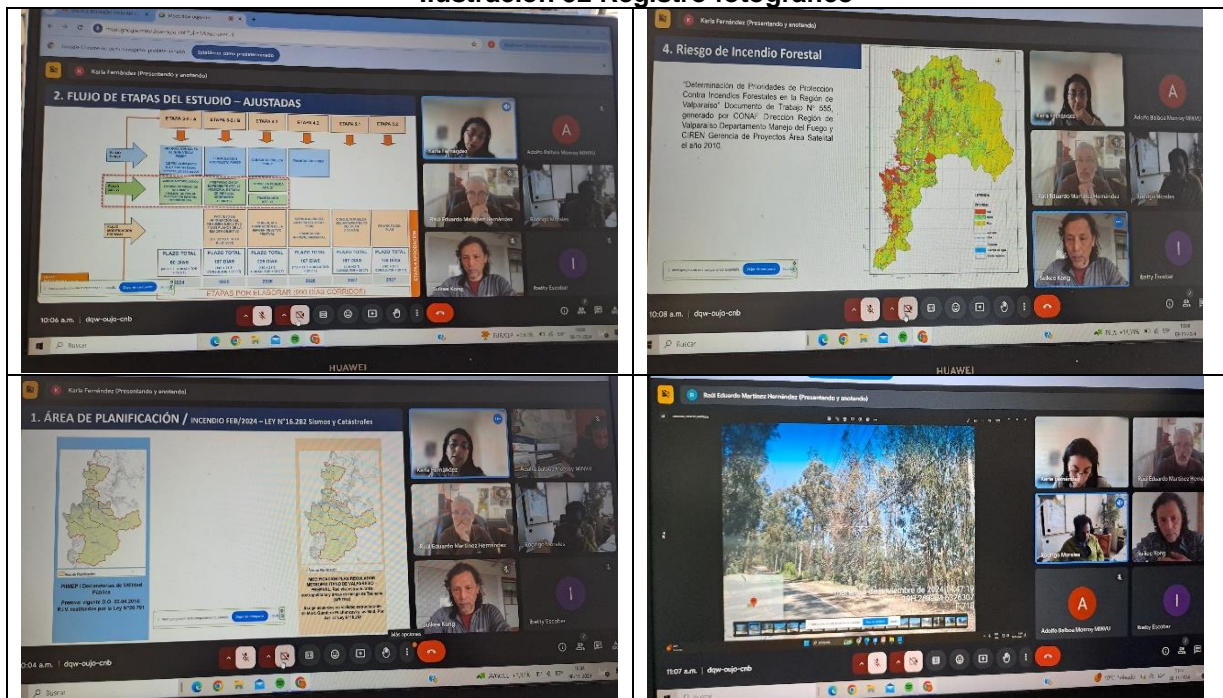
En relación con los incendios de sexta generación, y lo indicado respecto de que se originan en el sector sur y que se propagan según los vientos predominantes, son datos que pudieran servir de base para justificar la propuesta vial.

Al finalizar la reunión, se indica desde CONAF que tal vez al momento de pensar en la creación de estos nuevos espacios seguros, se deberían considerar también aquellos espacios ya existentes a los cuales se les pueda mejorar la accesibilidad. Por ejemplo, para el caso de Viña del Mar en el sector oriente donde se produjo el incendio, considerar una ruta hacia el Parque Sausalito, para utilizar ese gran espacio como área de seguridad; en Quilpué, tal vez se puede utilizar el autódromo de la Villa Olímpica; y en el caso de Villa Alemana, en el sector sur considerar el parque de Skate (Parque El Álamo).

### Acuerdos:

- Se menciona que sería bueno que una vez que estén avanzados los productos del Plan se pueda derivar y compartir con CONAF, ya que en la siguiente etapa se iniciará la definición del plan. Lo anterior, podría realizarse durante el mes de marzo con el documento ya revisado.
- Se indica que en paralelo se recogerá información desde SENAPRED, y la reunión del mes de marzo podría ser con CONAF, SENAPRED y SEREMI MINVU, ya que sería muy buena la interacción de todos los actores.
- Se acuerda compartir la presentación realizada.

Ilustración 52 Registro fotográfico



Fuente: Elaboración propia.