



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

Estudio y evaluación del riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de las comunas que componen el Área Metropolitana de Valparaíso. Periodo 2000-2017

Memoria para optar al título de Geógrafo

RAFAEL EDUARDO ALEGRÍA TARDÓN

Profesor Guía
PABLO SARRICOLEA ESPINOZA

Santiago de Chile
2020

*Esta Memoria de Título
está dedicada a mi madre,
mujer valiente, cariñosa
y muy querida.
Te recordaremos con amor.*

RESUMEN

La presente Memoria de Título consta de un estudio y evaluación del riesgo de incendios forestales, en la cual se zonificó el riesgo mediante la evaluación de variables de amenaza y vulnerabilidad en ocho comunas de la Región de Valparaíso. Para ello se realizó una revisión de subvariables físico-naturales y antrópicas que fueron comparadas entre pares en base a un análisis multicriterio. El periodo estudiado abarcó los eventos de incendio ocurridos entre los años 2000 y 2017, donde la interfaz urbano-forestal representa un nuevo escenario de riesgo de desastre.

El área de estudio está compuesta por las ocho comunas que conforman el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL), dentro de las cuales cinco de ellas forman parte del Área Metropolitana de Valparaíso (AMV). Esta zona se caracteriza por su clima mediterráneo, viéndose constantemente afectada por eventos de incendios forestales que se concentran durante el periodo estival, generando una gran cantidad de efectos en el paisaje y la población, tales como: pérdida de bosque nativo, daños en las viviendas e incluso pérdidas de vidas humanas.

Los resultados indican que las zonas de alto riesgo de incendios en la interfaz urbano-forestal son habitadas por la población vulnerable socioeconómicamente, con viviendas precarias y donde no existe normativa que considere el riesgo. Además, en estas zonas habitan el 13,9% de la población total del área de estudio y alrededor de 54.813 viviendas expuestas. Esto implica un desafío para los instrumentos de ordenamiento territorial, donde se debería contemplar de forma integral el riesgo en la planificación del territorio.

Palabras claves: amenaza, análisis multicriterio, incendios forestales, interfaz urbano-forestal, riesgo, vulnerabilidad.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DE LA MEMORIA	9
1.1. INTRODUCCIÓN	9
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2.1. Contexto del problema.....	10
1.2.2. Formulación del problema.....	10
1.3. OBJETIVOS	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	12
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. RIESGO	13
2.1.1. Componentes del riesgo.....	13
2.1.1.1. Riesgo.....	13
2.1.1.2. Amenaza.....	14
2.1.1.3. Vulnerabilidad.....	15
2.1.1.4. Exposición.....	17
2.1.1.5. Resiliencia	18
2.1.2. Gestión del riesgo	19
2.1.2.1. Mitigación	21
2.2. CAMBIO CLIMÁTICO	21
2.3. INCENDIOS FORESTALES	22
2.3.1. Incendios forestales	22
2.3.2. Interfaz urbano-forestal	25
2.3.3. Efecto del fuego.....	26
2.3.4. Manejo del fuego	28
2.3.5. Prevención y mitigación	29
2.3.5.1. Protección predial.....	29
2.3.5.2. Humedad y restauración ecológica	29
2.3.6. Conceptos abordados.....	30
3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	31
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	31
3.1.1. Caracterización físico-natural.....	35
3.1.1.1. Clima	35
3.1.1.2. Características bioclimáticas	36
3.1.1.3. Geomorfología	37

3.1.1.4.	Pisos vegetacionales.....	41
3.1.2.	Caracterización social.....	44
3.1.2.1.	Instrumentos de planificación y gestión del riesgo	44
3.1.2.2.	Antecedentes demográficos.....	45
3.1.2.3.	Áreas protegidas.....	47
3.1.2.4.	Caracterización de los incendios forestales en el área de estudio	49
3.2.	PERIODO DE ANÁLISIS	55
3.3.	SELECCIÓN DE DATOS.....	56
3.4.	ANÁLISIS MULTICRITERIO (AMC).....	57
3.5.	METODOLOGÍA EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES	59
3.6.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE AMENAZA.....	60
3.6.1.	Pendiente	61
3.6.2.	Exposición	62
3.6.3.	Red vial.....	63
3.6.4.	Área quemada.....	64
3.6.5.	Eventos históricos de incendios.....	65
3.7.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE VULNERABILIDAD	66
3.7.1.	Uso de suelo.....	68
3.7.2.	Densidad de la población.....	69
3.7.3.	Nivel socioeconómico	70
3.7.4.	Materialidad de la vivienda	71
3.7.5.	Cercanía a campamentos	73
3.8.	ZONAS DE RIESGO EN INTERFAZ URBANO-FORESTAL	74
3.8.1.	Comunidades preparadas	76
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	77
4.1.	IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZA DE INCENDIOS FORESTALES	77
4.1.1.	Subvariable pendiente.....	77
4.1.2.	Subvariable exposición Solar	79
4.1.3.	Subvariable red vial	82
4.1.4.	Subvariable densidad de incendios forestales	85
4.1.5.	Subvariable área quemada	88
4.1.6.	Juicios de valor variable amenaza	91
4.1.7.	Zonas de amenazas para el Área Metropolitana de Valparaíso y comunas adyacentes	92

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE VULNERABILIDAD DE INCEDIOS FORESTALES.	95
4.2.1. Subvariable uso de suelo	95
4.2.2. Subvariable densidad poblacional	97
4.2.3. Subvariable cercanía a campamentos	99
4.2.4. Subvariable grupos socioeconómicos.....	102
4.2.5. Subvariable materialidad de la vivienda.....	104
4.2.6. Juicios de valor variable vulnerabilidad	107
4.2.7. Zonas de vulnerabilidad para el Área Metropolitana de Valparaíso y comunas adyacentes.	109
4.3. ZONAS DE RIESGO PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE VALPARAÍSO Y COMUNAS ADYACENTES	110
4.4. ZONA DE INTERFAZ URBANO-FORESTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	112
5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	117
5.1. DISCUSIÓN	117
5.2. CONCLUSIONES	119
6. CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	121
ANEXOS	131

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Área de estudio, comunas que componen el PREMVAL.	33
Mapa 2: Zonificación del plan regulador metropolitano de Valparaíso.	34
Mapa 3: Geomorfología área de estudio.....	40
Mapa 4: Distribución pisos vegetacionales en el área de estudio.....	43
Mapa 5: Reclasificación valores de pendiente.	79
Mapa 6: Reclasificación exposición solar	82
Mapa 7: Reclasificación de la red vial del área de estudio.....	85
Mapa 8: Reclasificación densidad de kernel.	88
Mapa 9: Reclasificación área quemada.	91
Mapa 10: Amenaza de incendios forestales en el Área Metropolitana de Valparaíso. ..	93
Mapa 11: Reclasificación valores de uso de suelo	97
Mapa 12: Reclasificación valores densidad de la población.	99
Mapa 13: Reclasificación de campamentos en el área de estudio.	102
Mapa 14: Reclasificación grupos socioeconómicos.	104
Mapa 15: Reclasificación índice de materialidad.....	107
Mapa 16: Vulnerabilidad de incendios forestales en el Área Metropolitana de Valparaíso.	110
Mapa 17: Riesgo de incendios forestales en el Área Metropolitana de Valparaíso.	111
Mapa 18: Interfaz urbano-forestal para el área de estudio.	113
Mapa 19: Zonas de riesgo de incendio forestal en la interfaz urbano-forestal.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de presión y liberación. Blaike et al (1996).....	16
Figura 2: Esferas de la vulnerabilidad. Birkman 2007.	17
Figura 3: Perfil del área de estudio.....	41
Figura 4: Distribución espacial de los incendios forestales en el AMV y comunas adyacentes (2000-2017).....	49
Figura 5: Distribución espacial de área quemada según MODIS 2000-2017.	54
Figura 6: Interfaz urbano-forestal Área Metropolitana Valparaíso.	55
Figura 7: Periodo de análisis	56
Figura 8: Esquema metodológico	60
Figura 9: Resumen variable de amenaza y método empleado.....	61
Figura 10: Resumen variable de vulnerabilidad y método empleado	67
Figura 11: Fórmula densidad poblacional por manzana.....	70
Figura 12: Representación gráfica del análisis SIG para generar el mapa WUI.	76
Figura 13: Pendiente (%) para el área de estudio	78
Figura 14: Exposición solar área de estudio	80
Figura 15: Red vial del área de estudio.	84
Figura 16: Puntos de incendios forestales 2000-2017 CONAF.	87
Figura 17: Área quemada periodo 2000-2017.....	90
Figura 18: Uso del suelo FAO-LCCS2.....	96
Figura 19: Densidad poblacional en el área de estudio, representados en los principales centros poblados.	98
Figura 20: Campamentos en Área Metropolitana de Valparaíso y las comunas adyacentes.....	101
Figura 21: Grupos socioeconómicos del Área Metropolitana de Valparaíso.	103
Figura 22: Manzanas con índice de materialidad reclasificado.....	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución estacional de los incendios en las comunas del PREMVAL entre 2000-2017.....	52
Gráfico 2: Frecuencia anual de incendios forestales para las comunas del PREMVAL entre 2000-2017.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficie comunal con/sin planificación.	32
Tabla 2: Resumen de los bioclimas del área de estudio.	37
Tabla 3: Instrumentos de planificación e incendios forestales en zona de interfaz.....	44
Tabla 4: Densidad poblacional por comuna.	46
Tabla 5: Comunas de Chile con mayor proporción de campamentos y familias residentes	47
Tabla 6: Número de campamentos por comuna	47
Tabla 7: Normativa sobre áreas protegidas en el área de estudio.....	48
Tabla 8: Incendios según inicio cercano para cada comuna.....	50

Tabla 9: Incendios según nivel para cada comuna.	50
Tabla 10: Incendios según combustible inicial para cada comuna.....	51
Tabla 11: Escala de comparación entre pares de Saaty 1980.....	58
Tabla 12: Intensidad de los juicios para la matriz.	58
Tabla 13: Facilidad de propagación de incendios forestales.	62
Tabla 14: Probabilidad de ignición de incendios forestales por exposición solar.....	63
Tabla 15: Probabilidad de ignición incendios forestales según cercanía a caminos.	64
Tabla 16: Reclasificación área quemada.	65
Tabla 17: Reclasificación densidad kernel.	66
Tabla 18: Clasificación de uso de suelo FAO-LCCS2 MODIS.	68
Tabla 19: Reclasificación uso de suelo.....	69
Tabla 20: Reclasificación de la densidad poblacional.....	70
Tabla 21: Reclasificación nivel socioeconómico.	71
Tabla 22: Definición de categorías del índice de materialidad.	72
Tabla 23: Reclasificación del índice de materialidad.....	73
Tabla 24: Reclasificación cercanía a campamentos	73
Tabla 25: Marcos legales con referencia a la definición espacial de las WUI.....	75
Tabla 26: Proporción de eventos de incendios según rango de reclasificación de amenaza para exposición solar.	81
Tabla 27: Proporción de N° de incendios para cada comuna.	86
Tabla 28: Juicios de valor subvariables de amenaza	92
Tabla 29: Ponderación valores de amenaza.....	92
Tabla 30: Juicios de valor subvariable vulnerabilidad	108
Tabla 31: Ponderación valores de vulnerabilidad.....	108
Tabla 32: Grupos socioeconómicos en zonas de alto riesgo en la interfaz urbano- forestal.	114
Tabla 33: Número de campamentos en zona de interfaz urbano-forestal por comuna.	115
Tabla 34: Exposición de población y viviendas en zona de interfaz urbano-forestal. .	115

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DE LA MEMORIA

1.1.INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el planeta se ha enfrentado a números eventos de desastre, donde el cambio climático ha jugado un papel relevante en la ocurrencia, severidad y magnitud de incendios forestales. En este contexto, Chile no se ha visto ajeno a esta realidad, dado que los eventos recientes han generado numerosos impactos, tanto en las actividades productivas, infraestructura, ecosistemas naturales, e incluso generando la pérdida de vidas humanas.

La presente memoria apuesta por un modelo local de riesgo, considerando los aspectos dinámicos y estructurales del territorio, la integración de variables de amenaza y vulnerabilidad, que mediante su evaluación generó la zonificación de áreas de riesgo de incendios forestales con énfasis en el interfaz urbano-forestal. A continuación, se presentan los capítulos que componen esta Memoria de título.

El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema, junto al objetivo general y los objetivos específicos. Allí se expone la relevancia de disponer de un estudio y evaluación de incendios que abarque tanto el área sujeta a planificación, como la que no tiene una planificación e interactúa cotidianamente con el paisaje silvestre o forestal en las comunas que conforman el Área Metropolitana de Valparaíso y regulada por el PREMVAL¹.

En el capítulo II se exponen los principales autores que abordan los conceptos que componen el riesgo, los incendios forestales, la interfaz urbano-forestal y las medidas de prevención y mitigación. Generando así un marco con los conceptos que son relevantes para el desarrollo del presente estudio.

En el capítulo III se muestra y describe la metodología llevada a cabo para evaluar los factores de amenaza y vulnerabilidad, mediante el análisis multicriterio y comparación de pares, estrategia usada para generar las zonas de riesgo de incendios forestales.

En el capítulo IV se presentan los resultados de la investigación por cada objetivo específico, obteniendo como productos: mapa de amenaza, mapa de vulnerabilidad, mapa de riesgo de incendios forestales, además del mapa de interfaz urbano-forestal del área de estudio.

Finalmente, en el capítulo V “Discusión de resultados y conclusiones” se reflexiona sobre los alcances de la investigación y las principales conclusiones.

¹ Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso.

1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contexto del problema

Los incendios forestales son eventos de desastre socionatural recurrente en zonas mediterráneas de todo el mundo, volviéndose más frecuentes y severos, y causando efectos negativos para los ecosistemas asociados y la población. Además, su frecuencia aumenta en verano debido a la alta acumulación de biomasa seca para la ignición (Montenegro *et al*, 2004).

El papel del fuego en la vegetación es ambivalente. Los incendios naturales son esenciales para mantener la dinámica de los ecosistemas, la biodiversidad y la productividad; y, además, son una herramienta importante y muy utilizada para alcanzar los objetivos de manejo de tierras. Sin embargo, cada año, los incendios destruyen millones de hectáreas de bosques y otros tipos de vegetación, provocando la pérdida de muchas vidas humanas y animales, y causando un inmenso daño económico, tanto en términos de recursos destruidos como en costos de la extinción (FAO, 2006).

Los efectos de los incendios forestales tienen una evidente manifestación territorial y un rol protagónico en la configuración actual del paisaje en los climas mediterráneos, ya que han perfilado el tipo y distribución espacial de comunidades vegetales, modificando ciclos hidrológicos y procesos de erosión del suelo (Chuvieco *et al*, 1998).

También generan impactos en la sociedad y en el medio ambiente, por ejemplo, daños a la salud humana por la inhalación de humo, pérdida de la diversidad biológica, emisión de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero, daños a los valores recreativos, y otros (FAO, 2006).

Hay que destacar que el término incendio forestal se utiliza para referirse a la propagación del fuego en zonas rurales, por lo cual sería más apropiado denominar a este fenómeno como incendio rural. Sin embargo, la expresión “incendio forestal” ya se encuentra generalizada en Chile, por lo que se estima conveniente seguir utilizando este término (Julio, 1996).

1.2.1.1. Formulación del problema

El interés de desarrollar el estudio y evaluación de riesgo de incendios forestales parte por entender que los riesgos “naturales” o “medioambientales” y las problemáticas sociales no son fenómenos independientes. Los territorios marginados y empobrecidos son con frecuencia escenarios de “desastres naturales”, ya sea a una escala mundial, como en sectores específicos (MAGA, 2005).

La visión sobre gestión del riesgo de desastres, presente en los últimos 30 años, ha ampliado la discusión sobre la gestión del desastre enfocada principalmente al estudio de fenómenos biofísicos, hacia una visión sistémica más compleja donde se reconocen relaciones entre diversas variables sociales y biofísicas, dentro de múltiples escalas de tiempo y espacio (Calderón Ramírez & Frey, 2017).

El énfasis únicamente en las respuestas contra los incendios no sirve para prevenir incendios en el futuro. Los programas de alerta e intervención ante las emergencias deben ir acompañados de políticas y prácticas de mejor uso de los recursos. El trabajo activo dirigido a poner en práctica el manejo sostenible con la participación de la comunidad es una estrategia importante para lograr una mejor conservación de los recursos naturales, además de una reducción de los impactos provocados por los incendios (FAO, 2002).

El ordenamiento del territorio es uno de los instrumentos que poseen las sociedades modernas para abordar la dimensión espacial de los riesgos, las amenazas y vulnerabilidades se ubican y relacionan espacialmente en el territorio y se puede anticipar que los desastres se desencadenan en los lugares donde la magnitud de las amenazas se superpone con las zonas de mayor vulnerabilidad social e institucional (Romero, 2010).

Así resulta de interés por parte de una disciplina, como lo es la Geografía el estudio de fenómenos que se manifiestan espacialmente, y como Geógrafo asistir en los conflictos relacionados con la organización del espacio, en el ámbito humano y ambiental, inventario, evaluación y ordenamiento de los recursos, además del análisis crítico de estos (Aponte & Freddy, 2005).

La Región de Valparaíso posee un área metropolitana regulada a través del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso, instrumento de planificación territorial que define las medidas por las que se rigen las ocho comunas que lo conforman, y formula las principales directrices que deben llevar a cabo para desarrollarse bajo una idea de metrópolis.

La selección de esta área de estudio es determinada por la continuidad de la cobertura vegetal alrededor del “Área Metropolitana de Valparaíso”² y de las comunas adyacentes denominadas como “comunas dormitorio”³, permitiendo una zonificación del riesgo de incendios forestales que responda a una planificación a escala metropolitana y no a los límites políticos administrativos de una sola comuna.

Como antecedentes históricos del área de estudio, a mediados del siglo XX en adelante se observa un descenso de la participación rural en el crecimiento demográfico por expansión del proceso de urbanización abarcando áreas que antes eran rurales, a raíz de la conformación de eje conurbanos.

A fines de siglo se revierte esta tendencia, generando un leve aumento de la población rural y demanda por el suelo residencial, debido a las ventajas comparativas que mostraron la explotación de productos naturales y nuevas áreas de asentamientos formados por grupos de inmigrantes, actividad agrícola de auto subsistencia. (MINVU, 2013).

Esta zona se caracteriza por una elevada ocurrencia de incendios forestales en sectores densamente poblados y en los últimos años, pese a los esfuerzos desplegados por organismos estatales encargados de la protección y combate de incendios, son habituales

² Conformado por las comunas de: Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué. Villa Alemana y Concón.

³ Conformado por las comunas de: Quintero, Puchuncaví y Casablanca.

las noticias sobre viviendas arrasadas por el fuego y los perjuicios para la población, incluyendo la pérdida de vidas (Castillo, Quintanilla & Julio, 2009).

El desastre provocado por los incendios en Valparaíso y sus alrededores es una clara evidencia de la vulnerabilidad con la que tienen que lidiar a diario los habitantes y deja en manifiesto lo precario que resulta ser el ordenamiento territorial en Chile y su planificación urbana. Por lo que es tiempo de dar una respuesta de forma urgente, pero a la vez de manera responsable para generar una ciudad sustentable, resistente y resiliente mediante la planificación y no solo medidas que resuelvan la emergencia (Fundación Mi Parque, 2014).

La superficie media anual afectada por incendios forestales en Chile en los últimos quince años (2000 - 2015) ha sido de 56.473 ha, pero con valores extremos que han variado entre 10.921 y 105.992 ha (CONAF, 2015 en Navarro Cerrillo *et al*, 2015).

Resulta necesario realizar un análisis integrado del territorio, ya que los incendios no nacen de un factor aislado, por el contrario, se gesta de la acción conjunta de factores como, la vegetación, el clima, la topografía y sobre todo la acción humana (Chuvieco *et al*, 1998).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Delimitar, reconocer y evaluar las áreas de riesgo de incendios forestales en las comunas que componen el Área Metropolitana de Valparaíso con énfasis en la interfaz urbano-forestal durante el periodo 2000-2017.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar y analizar las zonas de amenaza de incendios forestales para las comunas del Área Metropolitana de Valparaíso.
2. Reconocer y evaluar las zonas de vulnerabilidad de incendios forestales para las comunas del Área Metropolitana de Valparaíso.
3. Evaluar las áreas de riesgo y de interfaz forestal en virtud del análisis de amenaza y vulnerabilidad.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El marco teórico desarrolla tres temas principales: (1) Riesgo, (2) Cambio Climático, (3) Incendios Forestales.

En primer lugar, se aborda el concepto de riesgo y sus componentes desarrollando las principales nociones y la evolución histórica de estos, desde una perspectiva de estudio y evaluación de riesgos, además de abordar la gestión de riesgos. En segundo lugar, se expone los alcances de un escenario de cambio climático y su relación con el desarrollo de incendios forestales.

En tercer lugar, se presenta la caracterización de los incendios forestales desde su ignición y propagación, características del medio en donde se desarrollan, como la interfaz urbano-forestal, los distintos índices que se construyen en torno a los incendios, los efectos del fuego, su manejo y las medidas de prevención y mitigación.

2.1.RIESGO

El riesgo y sus componentes son definidos teóricamente por distintos autores, y los conceptos que son necesarios para el desarrollo de la presente investigación como los incendios forestales, efectos del fuego, manejo del fuego, humedad y restauración ecológica entre otros.

2.1.1. Componentes del riesgo

2.1.1.1. Riesgo

Dentro de los elementos que conforman el riesgo, se encuentran la exposición, la amenaza y la vulnerabilidad (Lavell, 2007). Para Cardona (2003) el riesgo es entendido como las potenciales pérdidas que pueden afectar a un grupo humano como respuesta a la acción conjunta de la amenaza y la vulnerabilidad, así el riesgo puede representarse matemáticamente como una probabilidad que excede los niveles económicos, sociales o ambientales de resistencia de un lugar en un tiempo determinado.

Dentro de la Política Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres, es entendido como la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedades, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas de origen natural o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad (ONEMI, 2016).

$$\text{RIESGO} = \frac{(\text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD} \times \text{EXPOSICIÓN})}{\text{CAPACIDAD}}$$

El concepto incluye la probabilidad de ocurrencia de un acontecimiento natural o antrópico y la valoración por parte del hombre en cuanto a sus efectos. La valoración cualitativa puede hacerse cuantitativa por medición de pérdidas y probabilidad de ocurrencia. Así, contando con los datos adecuados para realizar un cálculo de probabilidades se puede definir el riesgo. Cuando no existe posibilidad de hacer cálculos de probabilidades, sino que solo existe intuición, se está frente a una incertidumbre (de Castro, 2000).

El riesgo puede construirse socialmente, ya que el desastre, en sus causas se genera por la interrupción del ser humano en la naturaleza, al realizarse, este olvida el medio natural y sus procesos, llegando a producir altos costos humanos y materiales (Ferrando, 2003).

Desde una perspectiva geográfica se enfatiza en las condiciones físicas del entorno y sociales del lugar habitado por la comunidad, una concepción que nace desde allí es que no existe desastre en la naturaleza, lo que existe son cambios percibidos como peligros y se convierten en desastres por intromisión del ser humano (Aguirre, 2004).

El nivel de riesgo de una sociedad está estrictamente relacionado con sus niveles de desarrollo y la capacidad de modificar los factores de riesgo que pudiesen afectar potencialmente. Por lo cual los desastres son “riesgos mal manejados”. El desastre es para la sociedad un impacto o unas pérdidas cuyos niveles significan una condición de incapacidad de esta para enfrentarlas, absorberlas, y recuperarse de ellas empleando sus propios recursos y reservas (Briones, 2005).

2.1.1.2. Amenaza

Para Lavell (2002) corresponde a un factor de riesgo externo que afecta a un elemento o grupo de elementos en exposición, expresada como probabilidad en donde un evento pueda presentarse en un lapso, lugar y con una intensidad definida. Pudiendo ser de origen natural, socio-natural o antropogénico.

Cardona (1996) dice que la amenaza es representada por un peligro latente asociado con un fenómeno o la combinación de varios fenómenos de origen natural, social o tecnológico, o provocados por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente.

Para Wilches-Chaux (1998) expone tres tipos de amenaza:

- **Naturales:** Tienen su origen en la dinámica propia del planeta y los seres humanos no influyen ni tampoco intervienen en la ocurrencia de este tipo de eventos.
- **Socio-naturales:** Su manifestación es a través de eventos que parecen de origen natural, sin embargo, es la acción del ser humano la que interviene en su ocurrencia y/o agrava sus impactos.

- **Antrópicas:** Son sin duda producto de la intervención del ser humano sobre la naturaleza y/o la población.

Cabe mencionar que el autor describe la dificultad de encasillar la amenaza en una sola categoría, debido a que muchas veces se presentan de forma conjunta, aumentando su complejidad y la población se ve expuesta a escenarios de multiamenaza.

En Chile la amenaza es un evento físico y/o natural, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte, lesiones u otros perjuicios a la salud, daños a la propiedad, pérdida del trabajo y servicios, trastornos tanto social como económicos, o daños ambientales (ONEMI, 2016).

Las amenazas de origen natural no pueden ser entendidas sin la sociedad, debido a que, en otras circunstancias, sólo reviste la característica de un fenómeno físico que dependiendo de la situación podría transformarse en una amenaza (Lavell, 2002). Los impactos se hacen más notorios por los niveles de población e infraestructura concentrados y los niveles de vulnerabilidad social existentes.

La descripción de los componentes de la amenaza no sustenta por sí sola un estudio de riesgo. La generación de planes de protección civil o gestión de riesgo se basa en este componente, dejando de lado factores que se relacionan directamente con la población como la vulnerabilidad.

2.1.1.3. Vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad puede ser comprendido desde su evolución histórica como lo revisa Chardón (2008) con distintos enfoques a lo largo de tres décadas.

En un principio no se contemplaba la vulnerabilidad dado que todos los estudios se enfocan en el fenómeno natural, es decir en la amenaza, ya que los estudios se desarrollaban desde las ciencias naturales limitando las investigaciones a sus áreas del conocimiento.

Se consideran varios tipos de vulnerabilidad sin relacionarse entre si

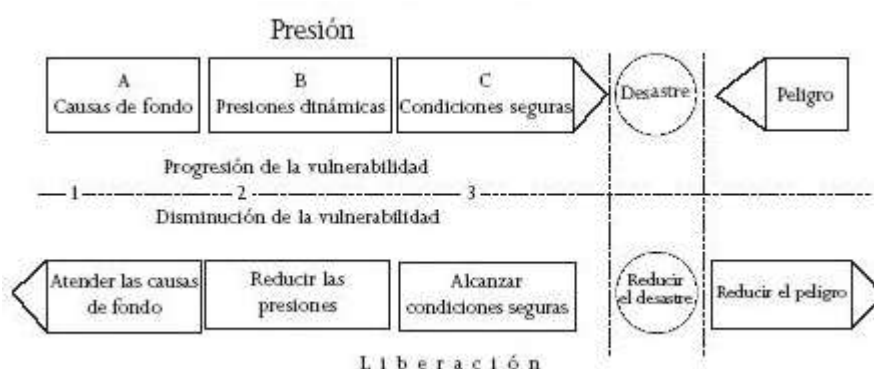
Anderson & Woodrow (1989) en Chardón (2008) Identificaron tres tipos de vulnerabilidad: físico-material, social-organizacional y motivacional-actitudinal y Wilches -Chaux (1989) identificó diferentes tipos de vulnerabilidad física, económica, social, cultural, educativa, ecológica e institucional. Cada vulnerabilidad apunta a los elementos específicos de cada una, sin generar un solo concepto que define la vulnerabilidad.

○ ***Vulnerabilidad como resultado de procesos***

A modo de ejemplo de esta concepción de la vulnerabilidad, Blaike *et al* (1996) mediante el modelo de “Presión y liberación” (**Figura N°1**) considera la vulnerabilidad como la evolución de un proceso en donde intervienen los siguientes componentes:

- **Causas de fondo:** Son las causas más profundas y que hacen referencia a la distribución del poder y el acceso limitado a éste en la sociedad, recursos, estructuras e ideologías en sistemas políticos económicos
- **Presiones dinámicas:** Dinámicas inseguras, como la falta de regularización o de ordenamiento territorial, se expresan las causas de fondo en fenómenos locales.
- **Condiciones inseguras:** son las formas específicas que toman los causantes anteriores al enfrentarse a una amenaza, corresponde a la vulnerabilidad de la población.

Figura 1: Modelo de presión y liberación. Blaike et al (1996).



Fuente: Blaike et al (1996).

- ***Vulnerabilidad como sistema complejo***

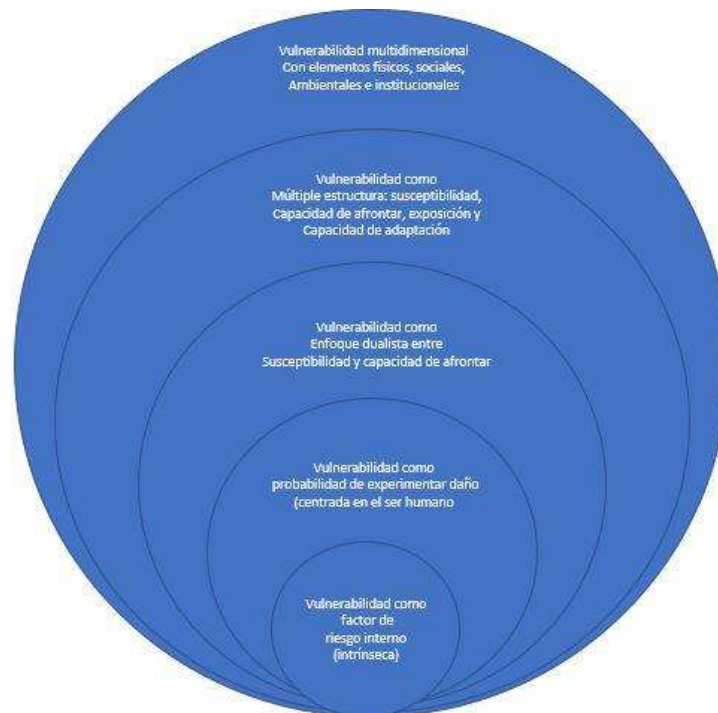
Chardón (2002) expresa el concepto a través de factores de vulnerabilidad, considera que la vulnerabilidad es solo una y se manifiesta a través de factores asociados a procesos, dentro de estos se encuentran los físico-naturales, socioeconómicos, técnicos, político-institucionales y funcionales.

Birkmann (2007) plantea que el concepto de vulnerabilidad ha sido continuamente ampliado hacia una definición más completa donde se abarque un enfoque que contemple la susceptibilidad, la exposición, el afrontamiento capacidad y capacidad de adaptación (**Figura 2**) así como diferentes temáticas áreas, tales como física, social, económica, ambiental y vulnerabilidad institucional.

La vulnerabilidad a menudo se ve como una característica intrínseca de un sistema o elemento factor de “riesgo interno”, así Wilchex-Chaux (1998) plantea el concepto como factor interno de riesgo, el cual debe relacionarse no solo con la exposición o la susceptibilidad, sino también con las fragilidades sociales y la falta de resiliencia de la comunidad propensa, es decir, su capacidad para responder o absorber el impacto

Chardón & González (2002) Es la probabilidad que una comunidad expuesta a una amenaza de cualquier tipo pueda sufrir daños humanos y materiales en el momento del impacto del fenómeno. Así las magnitudes de los daños estarán asociados al grado de vulnerabilidad.

Figura 2: Esferas de la vulnerabilidad. Birkman 2007.



Fuente: *Elaborado en base a Birkmann, 2007.*

Para Chile, según la ONEMI (2016), se entiende a la vulnerabilidad como las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales y ambientales, que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de las amenazas.

Aludiendo a la Asamblea General de la ONU (2016) el concepto de vulnerabilidad es definido como: “Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas.” (ONU, 2016: 25)

2.1.1.4. Exposición

Es el grado en qué una unidad de evaluación está inmersa en el rango de acción de una amenaza, extendiéndose a los elementos físicos de la sociedad, como a los sistemas humanos, economías, medios de vida, culturas que se manifiestan espacialmente y se vinculan con los recursos y prácticas específicas que también pueden ser expuestas, por lo que es cuantificada en términos de patrones espaciales y temporales (Birkmann et al., 2013).

2.1.1.5. Resiliencia

Se habla de resiliencia cuando se hace referencia a las capacidades de un sistema o comunidad que se encuentran expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos eficientemente (UNISDR, 2009).

Los orígenes conceptuales de la resiliencia son más diversos y problemáticos que la vulnerabilidad, ya que incluyen perspectivas contradictorias y elementos como la ingeniería, psicología, el estudio de los desastres y los sistemas socio-ecológicos han contribuido a interpretaciones de la resiliencia que continúa influyendo en la comprensión contemporánea del concepto (Matyas & Pelling, 2012).

Handmer & Dovers (1996) en Matyas & Pelling (2012) identifican tres componentes de la resiliencia para la reducción del riesgo de desastre:

- **Resistencia:** Menciona cambios de todo tipo donde el sistema permanece en el mismo punto de equilibrio inicial, y no hay reorganización de los bienes y capacidades. Las políticas en este caso se enfocan enteramente en la mitigación del riesgo, siendo una opción atractiva para los tomadores de decisiones que busca estabilidad. Pero bajo un sistema social dinámico y en constante cambio, las estrategias que apuntan a la resistencia pueden ser vulnerables al colapso.
- **Persistencia:** Se enfoca en el cambio incremental. No desafía las estructuras de poder ni atiende a las causas subyacentes del riesgo, pero sí realiza una reflexión crítica, reconociendo e identificando la existencia de un problema. El sistema luego de un disturbio es capaz de reorganizar sus actividades logrando retornar a un equilibrio similar, comprometiéndose al mantenimiento del sistema actual, sin un margen que desafíe las causas de fondo que dan lugar a condiciones de vulnerabilidad o de organización ineficaz.
- **Transformación:** Es cuando existe un desafío a las causas subyacentes de la vulnerabilidad y la participación en la reflexión crítica acerca de los valores y las estructuras de poder que sustentan la gestión de riesgos. Implica una reestructuración más fundamental basada en el cuestionamiento de los valores y las metas establecidas, así como las prácticas asociadas, empujando el sistema hacia un nuevo estado.

Las políticas que implican la gestión de riesgo, se enfocan la mayoría en la resistencia, cuando se trata de sistemas urbanos y durante los últimos años, se han realizado avances en formas de persistencia en medios de vida rural asociados a medidas de seguridad alimentaria (Matyas & Pelling, 2012).

Bajo esta línea, Tierney & Bruneau (2007: 15) plantean que una comunidad o sistema es resiliente si cumple con las 4R (por sus siglas en inglés) en sus atributos, las cuales son:

- **Robustez/Robustness:** Se refiere a la capacidad de un sistema, elementos del sistema y otras unidades de análisis para resistir fuerzas del desastre sin degradación significativa o pérdida de funcionamiento.
- **Redundancia/Redundancy:** Corresponde al grado al cual los sistemas, los elementos del sistema u otras unidades son sustituibles, es decir, capaces de satisfacer requisitos funcionales, si la degradación es significativa u ocurre la pérdida de funcionalidad.
- **Innovación/Resourcefulness:** Es la capacidad de diagnosticar problemas, priorizando e iniciando soluciones identificando y movilizando recursos humanos, materiales, monetarios, informativos y tecnológicos.
- **Rapidez/Rapidity:** Corresponde a la capacidad de restaurar la funcionalidad del sistema de modo oportuno, conteniendo las pérdidas y evitando irrupciones.

2.1.2. Gestión del riesgo

La gestión del riesgo se enmarca en una visión de Desarrollo Sostenible, materializada en una política de desarrollo con el fin de contribuir con la seguridad, calidad de vida y los derechos/deberes colectivos con una participación ciudadana activa (SAV, 2015). Corresponde al enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar daños y las pérdidas potenciales, abarcando la evaluación y análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y acciones de control, reducción y transferencia de este, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad que ocurra un evento de desastre (UNISDR, 2009).

Esta gestión debe conllevar responsabilidad, tanto de los actores del estado como la comunidad, apelando a una gestión local de riesgo que atiende a las particularidades del territorio y componentes de amenaza y vulnerabilidad específicos, esta concepción local puede responder a una cuenca, pueblo o localidad, no necesariamente responde a una división político-administrativa (Lavell, 2002).

En Chile se concibe como un proceso sistemático de utilizar directrices administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre (ONEMI, 2016).

Existe una serie de principios que debieran caracterizar el proceso de Gestión para que ésta se lleve a cabo y en función del bienestar social como la igualdad, protección, solidaridad social, autoconservación, participación, interés social, precaución, diversidad cultural y sostenibilidad ambiental entre otros (SAV, 2015). Así durante todo el proceso de Gestión se debe congeniar la disposición política de las autoridades con el diario vivir de la sociedad civil para generar los insumos adecuados en la labor de reducción del riesgo y manejo de desastres.

La gestión del riesgo cuenta con componentes principales, estos se estructuran en base a Castro-Correa (2018):

- **Identificación y evaluación:** Se debe generar estudios y evaluaciones de los riesgos potenciales que se pueden desarrollar en una región determinada, acompañado de un proceso de observación del territorio y un monitoreo constante, identificar la percepción social del riesgo de los habitantes (individual) y el imaginario social de la comunidad (grupal).
- **Reducción del riesgo:** Consta de obras e infraestructura que mejore la resistencia de la población frente a un evento de desastre, reforzamiento y mantención de las obras ya existentes. Generar una conciencia colectiva del riesgo e incorporar los estudios de riesgo a la planificación del territorio y el ordenamiento territorial mediante la zonificación e incluir en los códigos de construcción infraestructura resiliente.
- **Protección financiera:** Corresponde a medidas de respaldo frente a eventos de riesgo tanto de los núcleos familiares como regiones y países mediante la transferencia del riesgo, que consiste en adquirir seguros que cuiden y velen por la protección de los bienes materiales si se ven involucrados en pérdidas.
- **Preparativos y respuestas a desastres:** Pone atención a la respuesta de la emergencia, generando sistemas de alerta-alarma eficientes, busca planificar la respuesta a los eventos de desastre por medio de protocolos establecidos y probarlos previos a un desastre mediante simulacros.
- **Recuperación post-desastre:** Debe existir una organización institucional de los organismos que se encargan de las labores de recuperación, rehabilitación y reconstrucción post-desastre incluyendo a la comunidad afectada y articulando las redes de apoyo.

Urzúa (2017) sobre la gestión de riesgo “[...] el enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales, esta gestión abarca la evaluación y análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y acciones específicas para controlar reducir y transferir el riesgo” (p.26). Saavedra (2007) define 6 etapas para la GRD:

1. Documentar la memoria histórica.
2. Utilizar una tipología de desastres y sus consecuencias.
3. Analizar los factores humanos que generan vulnerabilidad e influyen en la magnitud de los desastres.
4. Políticas de ordenamiento territorial.
5. Incorporación de factores de vulnerabilidad y riesgos en el ciclo de preparación de proyectos y programas.
6. Considerar la prevención como una política de Estado.

2.1.2.1. Mitigación

Se define como el conjunto de medidas de intervención dirigidas a reducir o atenuar el riesgo. Es resultado de la decisión de orden político y social a nivel de riesgo aceptable, el cual se obtiene de un análisis extensivo del mismo (Cardona, 1996).

También se refiere a intervenciones de los fenómenos asociados con la amenaza, mediante técnicas y control o encauzamiento de los fenómenos físicos mediante métodos técnicos-científicos, obras de protección o medidas de seguridad que eviten la ocurrencia de eventos peligrosos (Cardona, 1996).

La mitigación es un componente esencial de una futura Gestión de riesgo más efectiva e imprescindible para lograr una reducción en los eventos de desastre, sin embargo, sigue relegada en orden de importancia frente a la atención que se recibe la preparación y respuesta eficaz ante eventos (Lavell, 1996).

En relación con los incendios forestales la mitigación corresponde a una serie de medidas destinadas a intervenir el riesgo en la etapa previa a la ocurrencia del incendio, con el fin de evitarlo y, sobre todo, reducir al máximo los efectos potenciales de forma directa a las personas, la pérdida de bienes materiales y el medio ambiente (CONAF, 2006).

2.2. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático debe entenderse como un fenómeno global resultante de un incremento sostenido de los gases de efecto invernadero. Sus efectos se pueden dilucidar en el cambio repentino hacia primaveras inusualmente cálidas, poca precipitación invernal, derretimiento temprano de la nieve en primavera y veranos más secos y prolongados son señaladas como las causas principales de estos patrones en el régimen de incendios (Westerling *et al.*, 2006 en González *et al.*, 2011).

El cambio climático constituye un gran riesgo para las comunidades rurales pobres que dependen directamente de la agricultura y de los sistemas como medios de trabajo y subsistencia. Una gestión de ecosistemas que no sea suficientemente sostenible e integral puede generar problemas de degradación en el territorio, y con ello una menor resistencia ante las variaciones climáticas (FAO, s/f).

La ocurrencia de incendios se asocia estrechamente a condiciones en el Pacífico tropical, fenómeno El Niño Oscilación del Sur y a variaciones en los patrones de circulación atmosférica en latitudes medias y altas (González *et al.*, 2011).

Chile es un país muy vulnerable al cambio climático, cumpliendo con gran parte de los nueve criterios de vulnerabilidad enunciadas por la CMNUCC⁴: posee áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas de bosques; territorio susceptible a desastres naturales; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de

⁴ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

contaminación atmosférica; y ecosistemas montañosos (Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022).

Un clima más cálido y seco es el pronóstico a partir de la sequía extensa o “megasequía” diagnosticada para el periodo 2010-2015, el que destaca por ser el de mayor duración y extensión territorial registrada. En la mayoría de las estaciones en la zona centro y sur, la megasequía no tiene precedentes en los últimos 70 años, en cuanto al periodo de retorno del año más seco varía más de 30 años en la zona centro y sur (Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia, 2015).

Los eventos de incendios forestales de gran magnitud⁵ durante la megasequía, incrementaron en un 27% desde la región de Valparaíso hasta la Araucanía en relación con el promedio histórico, además el área quemada aumentó en un 69% como resultado de eventos de gran magnitud, lo cual se atribuye a la falta de precipitación y la cantidad de combustible seco disponible (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 2015).

2.3. INCENDIOS FORESTALES

2.3.1. Incendios forestales

El fuego participa de forma natural en procesos de modificación de los paisajes, en la mantención del equilibrio y la sucesión ecológica en distintos ecosistemas (Castillo *et al.*, 2003).

Los factores que intervienen en el comportamiento del fuego y la modificación de los usos y paisajes son los topográficos, meteorológicos y el combustible (Costa *et al.*, 2011). También se consideran los factores sociales debido a que son potenciales transformadores del régimen del fuego, aumentando los efectos negativos del fuego sobre la vegetación, el suelo y los bienes materiales del ser humano (Chuvienco *et al.*, 2010).

En una escala temporal menor a 100 años la composición del suelo se mantiene prácticamente inalterada por lo cual no es un factor que considerar (Costa *et al.*, 2011). Sin embargo, la disposición del territorio si tiene injerencia en el desarrollo del fenómeno de incendios forestales.

A modo de ejemplo en el modelado cartográfico para riesgo de incendios realizado por Abarca & Quiroz (2005) se contempla factores como la exposición solar de las laderas, la pendiente acelerando el proceso al precalentar el combustible de la zona más alta que está en contacto con las llamas (Ortiz, 2009), cercanía con red hídrica y cercanía a caminos. Entendiendo así que susceptibilidad de ignición o propagación es en parte determinada por la disposición particular de los elementos en el territorio.

La ocurrencia de incendios en zonas mediterráneas se relaciona de forma directa con las condiciones meteorológicas, esto fue determinado por los estudios de los sistemas de evaluación del grado de peligro realizados en 17 países impulsado por la *WMO* en donde

⁵ Sobre 200 hectáreas.

las conclusiones apuntaron a que en todas las regiones de la tierra el estado atmosférico determina la ignición y propagación de los incendios forestales Turner *et al* (1961) en Julio (1990).

El concepto de estacionalidad podría definirse como los períodos o lapsos, en una temporada, en los cuales la ocurrencia tiende a presentar una intensidad determinada, debido al efecto conjunto de factores tales como condición climática, estado de la vegetación combustible y el tipo o nivel de actividad humana (Julio, 1990). En Chile la estacionalidad abarca el periodo estival en una temporada normal y dependiendo de la influencia de fenómenos meteorológicos de escala hemisférica como el Niño o la Niña pueden ser más extensas las temporadas (Vásquez, 2012).

- **Ignición:** La ignición considera los aspectos físicos y humanos que explican el inicio del fuego (Chuvienco, 2009). Dentro de los factores a evaluar destaca la determinación de condiciones hídricas del combustible (vivo y muerto).
- **Propagación:** hace referencia a las condiciones promedio que explican la dispersión de un fuego una vez que se inicia (Chuvienco, 2009). Además de la humedad, es importante considerar las propiedades estructurales del combustible (biomasa, continuidad horizontal y vertical, densidad, etc.), así como las condiciones topográficas y meteorológicas.

Dentro de algunos estudios sobre incendios forestales se hace alusión a la evaluación del peligro de incendios, donde los elementos que contempla son la velocidad de propagación potencial del fuego y la resistencia que genera el material combustible vegetal (Castillo *et al*, 2011).

- **Índice de riesgo de incendios forestales**

La generación de un índice permite estimar la probabilidad de incendios para las distintas zonas en riesgo y así determinar cuáles son las labores de prevención, combate, uso del fuego y la asignación de recursos en relación con incendios (Perderna & Castillo, 2003).

Un índice de riesgo de incendios forestales se construye en base a los factores que afectan la probabilidad de ocurrencia, mediante la revisión de antecedentes meteorológicos, poblacionales, vegetacionales y topográficos (julio, 1990). Generando una herramienta de evaluación del riesgo que facilita el manejo del fuego con labores como la prevención o la disposición de recursos en las zonas propensas a iniciar focos de incendio.

Para (Castillo *et al*, 2015) puede considerarse como un grupo de indicadores que intenta estimar el potencial para iniciar incendios forestales, el desarrollo de incendios y las consecuencias de propagación del fuego.

La mayoría de los índices están diseñados para cumplir objetivos específicos de apoyo a las operaciones de manejo del fuego (Julio, 1996) donde el autor describe los siguientes índices:

- **Índice de Riesgo:** Son aquellos que determinan la ocurrencia o ignición de un evento de incendio, se generan con el objetivo de estimar su probabilidad en un área y tiempo determinado.
- **Índice de Sequía:** Se le conoce también como índice de humedad acumulada, tiene como objetivo estimar el estado de la vegetación combustible y su susceptibilidad a la ignición en relación con los efectos de la sequía o falta de precipitación en la vegetación
- **Índice de Propagación:** Permite la estimación del probable rango de velocidad de propagación en materiales combustibles y de acuerdo con las condiciones ambientales previas en la región donde se extiende el evento de incendio.
- **Índice de Intensidad:** Sirve para estimar la energía calórica que potencialmente se emitirá en incendios que se propaguen con determinado combustible y para condiciones meteorológicas definidas previamente.
- **Índice de Carga:** permite estimar la cantidad de trabajo o esfuerzo requerido para controlar un incendio en un área determinada.
- **Índice de Carga Total:** Son aquello que estiman el monto total de trabajo diario requerido para controlar todos los incendios que pueden ocurrir en una región determinada.

Por otro lado, la estimación del riesgo de incendios se ha llevado a cabo empleando imágenes satelitales y la aplicación de un NDVI para la estimación del nivel de stress hídrico, calculando indirectamente la susceptibilidad a la ignición (Bermúdez, 1997). También Chuvieco (2009) evalúa el indicador de “combustibilidad”, mediante la revisión de la trayectoria temporal de los índices de absorción de clorofila, reconociendo la humedad vegetal donde el “infrarrojo cercano del espectro” del NDVI indicará la estimación indirecta.

Los índices mencionados anteriormente apuntan a la identificación y evaluación de la amenaza de incendios forestales. Los estudios tradicionales sobre incendios centran su investigación y metodologías en el potencial de ignición y propagación, pero no ponen énfasis en los daños potenciales del fuego o vulnerabilidad, siendo el riesgo un producto de los dos (Chuvieco et al, 2010).

Aragoneses & Rábade (2004) plantean algunos factores que componen la vulnerabilidad frente a incendios forestales requieren un análisis cuantitativo en función de las personas, bienes y medio ambiente expuesto.

Dentro de estos se encuentran:

- **Factores poblacionales:** donde se generan indicadores de Ocupación, Colindancia y dispersión de la población con relación a las zonas forestales.

- **Factores económicos:** Indicadores que buscan estimar el daño potencial a infraestructura e instalaciones como vialidades, áreas recreativas, camping, aeropuertos entre otros,

El desarrollo de los distintos índices debe guardar una estructura interconectada, para generar una evaluación global de un evento de incendio forestal (Perderna & Castillo, 2003). Debido a que el estudio del comportamiento del fuego deriva que las acciones que apuntan a manejar el fuego se vuelvan cada vez más sencillas.

2.3.2. Interfaz urbano-forestal

La interfaz urbano -forestal es un espacio generado por dinámicas que ocurren alrededor de los límites de las zonas urbanas, con la dificultad de establecer una frontera clara entre estos dos espacios (Badia, Tulla & Vera, 2010). Entrelazando la urbe con elementos del paisaje natural que presentan materiales combustibles, generando un nuevo espacio de riesgo.

La primera vez que se habló Interfaz Urbano-Forestal o WUI (*Wildland Urban Interface*) fue por parte del Departamento de Agricultura de los EE. UU. Y el Departamento del Interior de los EE. UU. En 1996 definiéndolo como áreas donde las estructuras humanas y el combustible forestal interactúan y entran en contacto. Definiendo este concepto desde la necesidad de mejorar la evaluación de riesgos.

La zona de interfaz urbano-forestal es donde el terreno forestal entra en contacto con zonas edificadas (Galiana, 2012) donde existen interacciones e intercambios entre dos subsistemas territoriales, el social/urbano y el natural/forestal.

Sirca *et al* (2017) Habla de las áreas donde se entremezclan las casas de las zonas urbanas con cualquier tipo de vegetación potencialmente inflamable como especies herbáceas, leñosas, huertos, jardines y a parte de la vegetación materiales combustibles como leña seca, automóviles, muebles de exterior, tanques entre otros contribuyendo al aumento del riesgo de incendio.

La urbanización que se mezcla con lo forestal o rural se caracteriza por su dispersión donde el componente humano coexiste en un gradiente espacial, con las tierras ocupadas por actividades agrícolas, forestales u otro tipo de uso de suelo distinto a la ocupación en infraestructura (Castillo, Quintanilla & Julio, 2009). Estas áreas presentan problemas típicos de la gestión de las ciudades en conjunto con la gestión de los terrenos forestales. Así aparecen los problemas en forma de sinergia e interacción entre ambos usos de suelo (Caballero, 2011).

Uno de los principales problemas en estas zonas es el fuego, éste está presente en las actividades humanas dentro de los ecosistemas donde coexisten las áreas rurales con sectores urbanos o con mayor densidad de población. Son numerosos los casos en que el fuego, de origen antrópico o por agentes naturales, ha arrasado extensas superficies de

vegetación, destruyendo a su paso a centros poblados y, también, la pérdida de muchas vidas humanas (Castillo, 2013).

Las zonas de interfaz urbano-rural o urbano-forestal presentan escenarios de riesgo que se potencian por las múltiples emergencias que ocurren durante el desarrollo de los incendios como la evacuación, que conlleva situaciones de pánico generalizado, explosiones de gas, humo, intoxicación, accidentes de tráfico, en fin, diferentes factores que interactúan de forma sinérgica y causan un “efecto dominó durante la emergencia (Chuvieco *et al*, 2010).

La caracterización del riesgo de incendio en zonas de interfaz urbano-forestal o urbano-rural Se han convertido en uno de los principales objetivos en el desarrollo de sistemas de previsión (Úbeda & Sarricolea, 2016) no tan solo en Chile, sino que en varios países con la misma dinámica territorial.

Los medios de comunicación cumplen un rol importante en la percepción de los incendios forestales (Úbeda & Sarricolea, 2011). Las regiones con mayor población reciben más cobertura mediática en cuanto a incendios que las zonas despobladas, que guarda relación con las zonas de interfaz urbano-forestal.

2.3.3. Efecto del fuego

Los incendios tienen impactos Globales (Chuvieco, 2008) amenazando zonas boscosas, además de ser una fuente de emisión de gases de efecto invernadero importante.

La acción de fuego en el suelo produce cambios en las propiedades físicas, químicas y mineralógicas, dependiendo de la intensidad de éste el impacto que generará (González *et al.*, 1992).

El fuego desencadena varios efectos ecológicos de forma directa como la muerte de la vegetación, consumo de biomasa y emanación de humo. Además de otros post-fuego que incluyen cambios en el microclima, incremento en el rango de temperatura del suelo, cambio en sus nutrientes del suelo y alteración en el hábitat de vertebrados e invertebrados (Anchaluisa & Suárez, 2013).

Los efectos post-incendio, como la erosión, corrimiento de tierras y escorrentía por precipitación, resultan sin duda una amenaza real para las edificaciones en zonas de interfaz. En ocasiones ocurren fenómenos donde el flujo superficial se multiplica debido a la reacción hidrofóbica del terreno quemado (Caballero, 2011). También el fuego puede incrementar la hidrofobicidad⁶ reduciendo la infiltración e incrementando la escorrentía superficial, lo que puede ser causante de erosión y traslado de sedimentos que pueden llegar a contaminar la red hídrica (Peterson *et al.*, 2007; Doerr *et al.*, 2007 en Fernández *et al*, 2010).

⁶ Impermeabilidad de los suelos.

Neary et al., 2005 expone que los incendios más severos destruyen la vegetación, consumen la cubierta vegetal orgánica y exponen el suelo mineral a la erosión, sobre todo durante la temporada de lluvias (Fernández *et al.*, 2010). Los incendios forestales provocan una serie de cambios físicos como la reducción o desaparición de la cobertura vegetal, cambios de color en la superficie, estos se reflejan en la respuesta espectral de las cubiertas vegetales. Sobre esta base, se han desarrollado numerosos trabajos en los que la teledetección, y más concretamente sensores de diferente resolución espacial (Navarro Cerrillo *et al.*, 2015).

La severidad de un evento de incendio puede variar en un mismo ecosistema e incluso en un mismo incendio, los efectos del fuego son diferentes y resultan en un mosaico de manchas de vegetación y suelo que se recuperará con o sin rehabilitación y restauración posterior. El grado de impacto del fuego sobre la vegetación y los suelos es esencial ya que influye directamente sobre la evolución de todo el ecosistema (CONAF, 2017).

Según CONAF (2015) Los efectos están orientados a establecer las pérdidas o alteraciones producidas por el incendio forestal. Se clasifican en socioeconómicos y ecológicos, corresponden a:

○ **Efectos socioeconómicos**

- **Salud pública:** Contaminación de suelos, agua y aire, deterioro del paisaje y belleza escénica, limitaciones para la recreación, esparcimiento y prácticas deportivas y accidentes de vehículos por el humo que genera el fuego, a través de incendios o quemas a orillas cerca de caminos, puede ocasionar accidentes de tránsito, debido a que la visibilidad de los conductores se ve reducida considerablemente.
- **Desarrollo comunitario:** Daños a la propiedad, deterioro o detención de procesos productivos, reducción de fuentes de trabajo, limitaciones al desarrollo rural y al comercio local, deterioro del turismo y, por tanto, de los ingresos que genera. Pérdidas de valores culturales e históricos, perjuicios a obras públicas e infraestructuras de comunicaciones y el empobrecimiento de una población que habita paisajes muy destruidos.

○ **Efectos ecológicos**

- **Clima:** cambio en los regímenes de vientos, disminución de la humedad ambiental, incremento de la temperatura ambiental, aumento de la radiación solar y efecto invernadero
- **Suelo:** Deterioro de las propiedades físicas del suelo, cambio de las propiedades químicas del suelo, con pérdida frecuente de los nutrientes, pérdida de las propiedades biológicas del suelo, destrucción del estrato de materia orgánica no incorporado al suelo mineral y erosión de los suelos.
- **Agua y cuencas hidrográficas:** Alteración en los cursos de agua, incremento del escurrimiento superficial de agua, alteración del ciclo hidrológico, deterioro en la

calidad del agua. En el período de lluvias, crecidas de ríos por embancamiento y con la consiguiente generación de inundaciones.

- **Vida silvestre:** Destrucciones de formaciones vegetacionales o alteraciones en la composición de las especies, migraciones de animales mayores, aves, insectos y microorganismos. Desequilibrios ecológicos o rupturas en la cadena biológica, fragmentación y con ellos debilitamiento de los ecosistemas.
- **Aire y atmósfera:** Alteraciones físico-mecánicas de la atmósfera, Incorporación de emisiones contaminantes y producción de humo.

2.3.4. Manejo del fuego

El término manejo del fuego constituye un cambio de concepción al tratar la temática de los incendios forestales, en general la actividad de protección contra incendios se ha gestionado desde dos actividades como lo es la prevención y extinción. La nueva concepción incluye el uso del fuego en distintos ecosistemas, como lo es el agrícola-ganadero y forestal (Ramos Rodríguez, 2010). El manejo del fuego son todas las actividades necesarias para la protección contra el fuego de un bosque y de la vegetación que arde fácilmente y el uso del fuego para las labores de manejo en los terrenos, incluyendo la integración estratégica de factores como costos relacionados con el fuego, probables usos del fuego, regímenes de incendios y valores en riesgo de los recursos (FAO, 2006).

La gestión preventiva del paisaje es necesaria y debe incluir aspectos políticos, culturales, técnicos, sociales, financieros, organizativos, económicos y de mercado (FAO, 2006). Las buenas prácticas de gestión ayudan a reducir el alcance y la gravedad del fuego no planificado. Los países se benefician si desarrollan la capacidad de manejar el fuego como parte integral de su enfoque para la gestión del ecosistema (Heikkilä, Grönqvist & Jurvélius, 2010).

Para desarrollar estrategias de gestión de riesgo en torno a la problemática de incendios forestales, se debe considerar un factor primordial como lo es el manejo de fuego, que, para Julio (2005) en Ortiz (2009) señala que se deben considerar cuatro aspectos básicos: Prevención, Presupresión, Combate y Uso del Fuego.

- **Prevención:** Son medidas que evitan que se produzcan o propaguen los incendios forestales. Este controla el riesgo y peligro; riesgo es el agente que origina o provoca un incendio, y el peligro es el grado de conflictividad que puede alcanzar un incendio una vez propagado. Dependerá de las condiciones topográficas, vegetacionales y del estado atmosférico.
- **Presupresión:** Es planificada y programada con anterioridad a la ocurrencia del incendio, con el fin de evaluar los problemas que puedan llegar a surgir, aquí se hace necesario levantar información mediante estudio y evaluación de riesgo de ignición y propagación de incendios forestales.

- **Combate:** Es la actividad que controla el incendio forestal, dirigida a la extinción del foco del fuego. Es la acción reactiva que se genera a partir del inicio de un evento de incendio forestal.
- **Uso del Fuego:** Se realiza en operaciones agrícolas y forestales, estas pueden ser ejecutadas utilizando el fuego como herramienta de trabajo. Debe ser usado de forma cuidadosa, este debe ir ceñido de un plan de quema. Busca regular el uso común del fuego sin que se salga de control y desencadene un evento de incendio forestal.

2.3.5. Prevención y mitigación

2.3.5.1. Protección predial

La protección predial una herramienta enfocada para que la población que habita áreas de riesgo pueda tomar medidas con el fin de proteger sus vidas, sus bienes y su entorno frente eventos de incendios forestales de forma complementaria con el accionar del Estado. (CONAF, 2006) Su implementación se fundamenta bajo la premisa de la autoprotección, participación ciudadana y la complementariedad con el sistema de protección del Estado.

El documento de trabajo 451 de CONAF describe las acciones que abarca la protección predial, dónde se encuentra la prevención y mitigación del riesgo, destinadas a una intervención previa a la ocurrencia de un incendio forestal con el fin de evitar este mismo y la mayor reducción posible de los daños potenciales.

Por otro lado, la detección y el aviso oportuno son medidas que apuntan a identificar un foco de incendio a tiempo para poder reducir los daños potenciales y consecuencias dado que las acciones de combate del fuego se dificultan de manera directamente proporcional con el aumento del tiempo de detección del foco de incendio.

Y por último el primer ataque que buscar intervenir de forma inmediata con el inicio del fuego evitando así la propagación de éste, las superficies quemadas y la complejidad del evento. Esta acción buscar capacitar y/o equipar al personal según el tamaño del recurso a proteger.

2.3.5.2. Humedad y restauración ecológica

La restauración ecológica corresponde a una acción de carácter intencional que da inicio o acelera la recuperación de un ecosistema nativo en relación con la salud, integridad y sustentabilidad (Fernández *et al.*, 2010).

La humedad y restauración ecológica se presentan como estrategias para un ordenamiento territorial desde sus factores de riesgo en la investigación de Magrini & Varela (2016). Proponen disminuir el riesgo de incendio en Valparaíso a través de infraestructura verde, abordando propuestas como poner en valor las quebradas urbanas introduciendo especies nativas “resistentes” al fuego y otras obras de infraestructura que se presenten como solución ante este factor de riesgo tanto en la ciudad como la periferia.

Debido a que el fuego es una perturbación recurrente, muchas especies de plantas han adquirido rasgos para hacer frente a sus efectos, así el fuego ha actuado como un factor importante dentro de los rasgos evolutivos (Pausas & Keeley, 2014).

Como medida de acción es necesario bajar de una macro a una meso escala, para finalmente poder materializar estrategias e infraestructura hídrica, no entendiéndolas solamente desde su funcionalidad e ingeniería, más bien como una oportunidad de generar una serie de espacios públicos y comunitarios que perduren en el tiempo y sean un modo de afrontar la emergencia (Magrini & Varela, 2018).

Fernández *et al* (2010) en un contexto de restauración ecológica post-fuego expone las etapas que conlleva la restauración, las cuales se presentan a continuación:

- **Planificación:** El primer paso en este proceso es la eliminación o neutralización de los factores que impiden la recuperación del sistema, para eso se debe definir la problemática del lugar para definir la meta y objetivos a conseguir. Cada proyecto de restauración antes de implementarse debiese asegurar que incluya de forma secuencial y jerárquica los siguientes requisitos: viabilidad científica, viabilidad territorial, viabilidad técnica, viabilidad económica, viabilidad legislativa, viabilidad social y viabilidad política (Montes, 2002 en Fernández *et al.*, 2010).
- **Implementación:** Luego de controlar el evento de desastre desencadenado, se evalúa el sitio a restaurar con la revisión de elementos como la química del suelo, materia orgánica, textura, Ph entre otros. Se identifican las comunidades potenciales a restaurar, indicado por las especies en las distintas etapas sucesionales, todo hacia una buena selección de las especies reintroducidas al lugar, teniendo en cuenta el tiempo de siembra, técnicas de plantación, fertilización, riego y todos los cuidados necesarios.
- **Monitoreo:** Esta etapa consiste en monitoreo al proceso para evaluar el cumplimiento de los objetivos. Esto se mide por estándares de desempeño y existen estrategias para realizar la evaluación como la comparación directa, análisis de atributos y análisis de trayectoria.

Para la periodicidad del monitoreo, la recomendación de visita a terreno es de 1 mes, vigilando el estado sano de las plantas y su crecimiento.

2.3.6. Conceptos abordados

Para efectos de la presente memoria se abordó el riesgo desde la evaluación de la amenaza y la vulnerabilidad dentro de los objetivos específicos, compuestos por subvariables sometidas a evaluación y centrando la evaluación de riesgo en la parte de arriba de la formula, puesto que no se evalúa la capacidad debido a la complejidad de abordar este concepto, sin embargo, queda abierta la oportunidad de trabajarlo posteriormente.

La inclusión de las zonas de interfaz urbano-forestal permitió abordar otra componente del riesgo como la exposición de la población a eventos de incendios forestales, la población que se encuentra dentro de esta zona por definición de la interfaz ya se encuentra habitando un área de riesgo. Además, aquella población que coincida con las zonas de alto riesgo de incendios forestales se encuentra en una situación de desventaja mayor. Sin embargo, no se evaluó las capacidades ni la resiliencia, aunque se reconoce como elementos fundamentales del riesgo.

En relación con los incendios forestales se abordan desde elementos como la ocurrencia, la estacionalidad, la ignición y propagación mediante la evaluación de las subvariables. El trabajo realizado aborda la elaboración de un índice de riesgo de incendios debidos a sus componentes espaciales y se aborda la vulnerabilidad desde los efectos del fuego con sus componentes económicos y poblacionales.

También se hace referencia a elementos de manejo del fuego, prevención y mitigación una vez identificadas las zonas de riesgo, en específico en las zonas de interfaz urbano-forestal como parte de los resultados y principales conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Se presenta el marco metodológico realizado para el cumplimiento de los objetivos de la memoria. El análisis contempló la caracterización del área de estudio, caracterización de los incendios forestales, periodo de estudio, selección de datos, análisis multicriterio, selección de variables para la amenaza y vulnerabilidad.

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio fue definida bajo dos criterios, por una parte, el criterio físico-natural que permitiese abordar paisajes naturales como escenarios propicios para el desarrollo de incendios forestales dentro de un área relativamente homogénea en sus características. Por otro, lo político-administrativo que definiese una zona con una planificación en común, como lo es el caso del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso que abarca varias comunas logrando una continuidad del paisaje natural, distintos centros urbanos y zonas de interfaz urbano-forestal que son las áreas que se pretende proteger y resguardar.

El área que abarca el estudio y evaluación de riesgo incendios forestales se sitúa dentro de región de Valparaíso, específicamente en ocho comunas de la región, las cuales son Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Quilpué, Villa Alemana, Casablanca, Quintero y Puchuncaví (*Ver Mapa 1*). Estas comunas componen el PREMVAL⁷ siendo un instrumento de planificación con importantes implicancias sobre el territorio regional y comunal. Fue aprobado durante enero del año 2014, y abarca un horizonte de planificación de 30 años proyectado sobre una tasa de crecimiento del 3 al 5% según la realidad regional y nacional del país (MINVU, 2013).

⁷ Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso.

La superficie que contempla esta planificación corresponde a 247.310 hectáreas (*Ver Tabla 1*) de un total de 1.862.850 hectáreas que corresponden al total de las Ocho comunas involucradas. La población contemplada es de 1.028.647 habitantes equivalente a un 56,6% de la población de la Región de Valparaíso según INE (2017).

Tabla 1: Superficie comunal con/sin planificación.

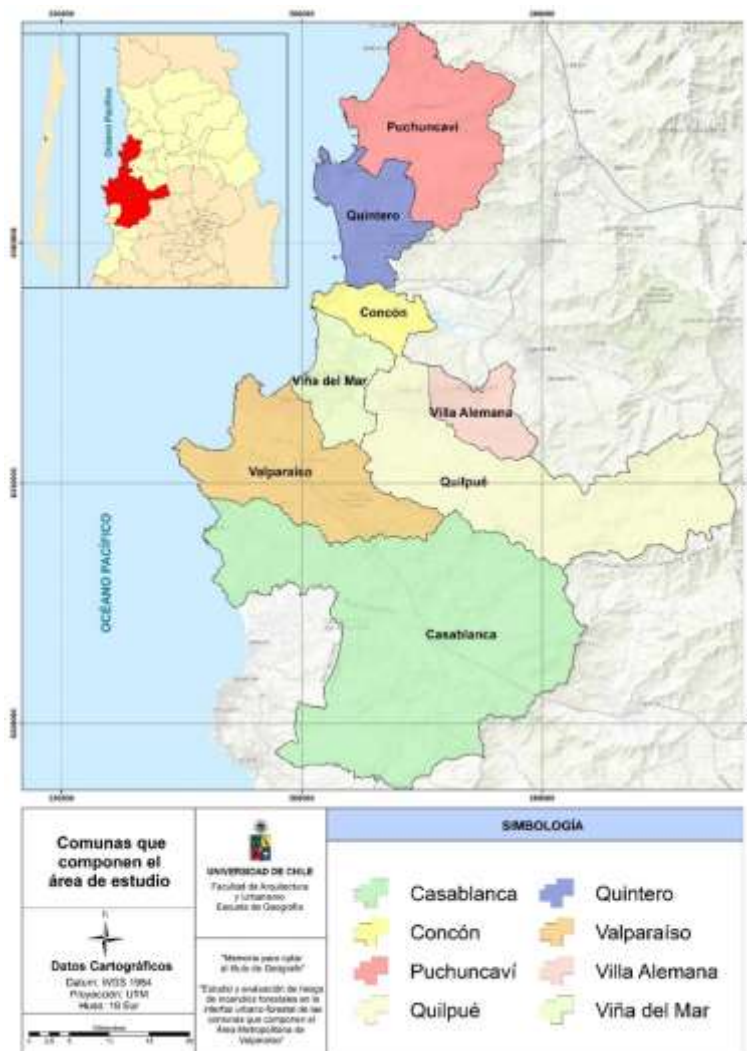
Comuna	Población Total	Sup. Con Planificación	Sup. Comunal (Ha)
Viña del Mar	334.248	12.160	12.200
Valparaíso	296.655	40.160	1.639.610
Villa Alemana	126.548	9.650	9.700
Quilpué	151.708	53.690	536.590
Concón	42.152	7.600	7.600
Quintero	31.923	14.750	14.800
Puchuncaví	18.546	14.050	30.000
Casablanca	26.867	95.250	95.250
Total	1.028.647	247.310	1.862.850

Fuente: *Elaboración propia a partir de Catastro de incendios de CONAF.*

La gobernanza en el Área Metropolitana de Valparaíso en la actualidad se está trabajando mediante un Consejo Regional de Desarrollo Urbano, el cual es compuesto por actores públicos, privados y de la sociedad civil y el cual tiene como objetivo esbozar lineamientos de un plan de manejo y gestión para la AMV. Sin embargo, la gestión está siendo abordada bajo una mirada urbanística centradas en problemáticas como la infraestructura, movilidad, transporte y tratamiento de residuos, dejando de lado los conflictos socioambientales (Santibañez-Frey, 2019).

Estos conflictos, como menciona Santibañez-Frey (2019), han sido detonados por inadecuados instrumentos normativos de regulación y ordenamiento territorial, por la especulación inmobiliaria, grandes proyectos de inversión que ha ido en desmedro del medio natural. Lo que ha generado en paralelo el surgimiento grupos de ciudadanos como resistencia de este tipo de desarrollo apelando a prácticas de conservación ambiental en diferentes escalas.

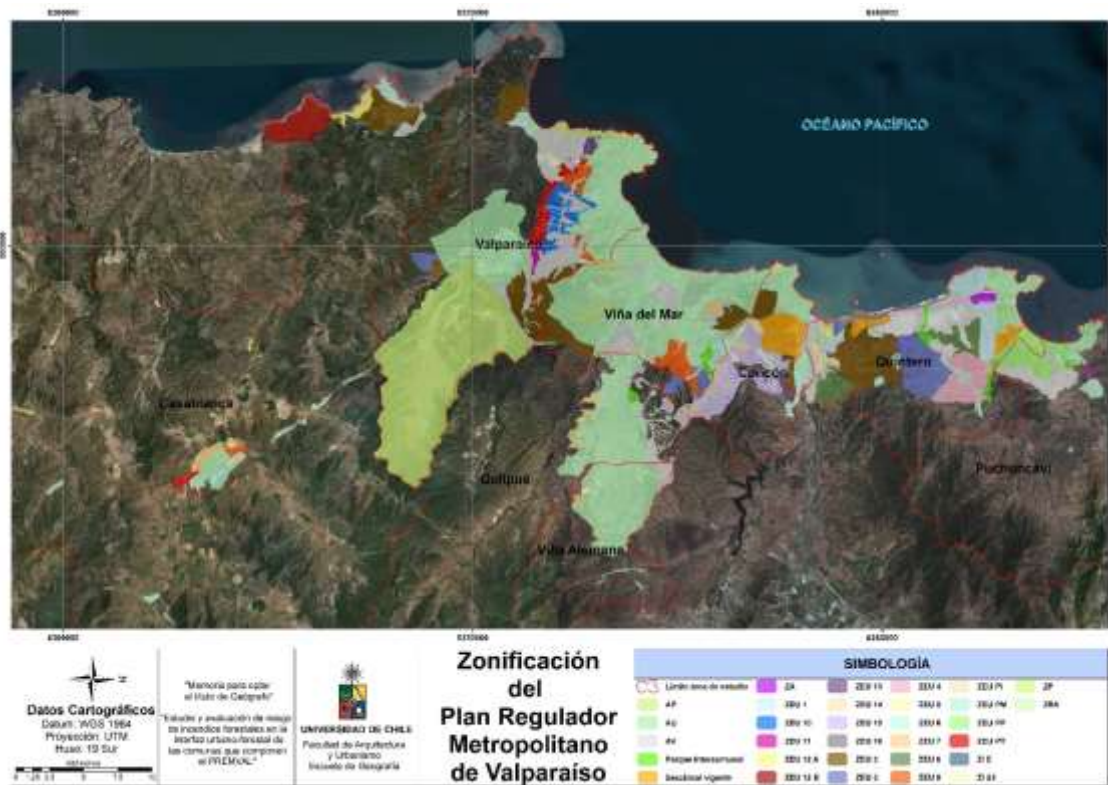
Mapa 1: Área de estudio, comunas que componen el PREMVAL.



Fuente: *Elaboración propia.*

Las zonas del Plan Regulador Metropolitano que predominan (*Mapa 2*) son las de extensión e infraestructura urbanas (ZEU), una gran área de infraestructura energética (ZIE) en Concón. También áreas verdes intercomunales (AV) donde se encuentran las zonas de Alto del puerto en Valparaíso, Agua santa, Sausalito, Jardín Botánico y Palmar el Salto entre otros en Viña del Mar, sector norte de Quilpué y Villa Alemana. Por último, la gran área de protección de recurso natural (AP) que rodea la Reserva Nacional Lago Peñuelas, reserva que también limita a las comunas de Valparaíso, Casablanca y Quilpué.

Mapa 2: Zonificación del plan regulador metropolitano de Valparaíso.



Fuente: *Elaboración propia.*

Dentro del análisis conceptual y alcances del estudio que se realiza en el “Estudio fundado de riesgos” del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (2012). Se menciona que, si bien los planes reguladores deben definir y planificar el crecimiento de las ciudades en un tiempo de 15 a 30 años, muchas veces no puede ser considerado el concepto de vulnerabilidad, puesto que en la teoría implica el grado de afectación a la población y siendo que en los territorios de expansión no se encuentra población el riesgo es cero.

Esta limitante también se asocia a la escala del Plan Regulador, con una representación gráfica de 1:50.000 y curvas de nivel cada 25 metros, impidiendo la aplicación de herramientas y metodologías que aprecien las particularidades del territorio y establezcan áreas de riesgo de manera gradual.

Los métodos con los cuales llevaron a cabo el estudio fundado de riesgos se encuentra la revisión bibliográfica del área intercomunal, analizando teóricamente las variables que tiene alguna influencia en la determinación de áreas susceptibles a ser afectadas por un fenómeno natural⁸. Además, contempla una línea de trabajo de tipo experimental donde jerarquizan y ponderan variables según un estudio multicriterio, resultado que es modelado mediante un Sistema de información geográfica para la elaboración de mapas de riesgo a escala 1:50.000.

⁸ El estudio de riesgo del PREMVAl contempla áreas de riesgo como: zonas inundables, propensas a avalancha, aluviones, actividad volcánica, fallas geológicas e intervención humana.

La zonificación del riesgo de incendio puede ser una ventaja operativa estratégica para el desarrollo de un sistema de apoyo a la decisión, mientras que los planes y medidas de gestión pueden aplicarse con prioridad espacial y temporal dentro de las zonas de alto riesgo.

3.1.1. Caracterización físico-natural

A continuación, se presenta una caracterización de los principales elementos físicos-naturales de interés para el desarrollo de la investigación. Se describe el clima, temperatura, precipitación, geomorfología, bioclima y pisos vegetacionales del área de estudio.

3.1.1.1. Clima

El área de estudio se caracteriza por presentar un clima templado mediterráneo, con ciertas variaciones semiáridas hacia el norte del río Aconcagua, aumentando la humedad y mediterraneidad costera hacia el litoral. (ONEMI, 2008). El océano Pacífico de modo general, y la corriente de Humboldt de forma particular, condicionan en gran medida la conducta del clima en la Región de Valparaíso.

Las regiones de clima mediterráneo son centros importantes para la población humana, por lo que los impactos antrópicos en los regímenes de incendios pueden generar diversas consecuencias en la vegetación (Montenegro *et al.*, 2004)

Los incendios forestales son característicos de algunas regiones mediterráneas desempeñando un papel importante en la ecología y la evolución de la flora. Las precipitaciones durante otoño, invierno y primavera favorecen el crecimiento de variedad de arbustos, hierbas y pastos generando una vegetación continua, además de la prolongada sequía de verano que favorece el desarrollo de extensas áreas de biomasa seca inflamable, que una vez prendido contribuye a una rápida propagación del fuego (Montenegro *et al.*, 2004)

Existen algunas variables meteorológicas que son importantes tener en cuenta ya que tiene incidencia en el inicio y propagación del fuego en eventos de incendios forestales como, Viento, Temperatura del aire, precipitación, radiación solar y humedad relativa (Junta de Andalucía, s/f). Resulta de suma importancia en el estudio del riesgo de incendios forestales tener estos datos como antecedentes, por sus predicciones del comportamiento de los eventos meteorológicos y así incluir escenarios futuros dentro de la investigación.

Los estados del tiempo caracterizados de la ciudad de Valparaíso presentan los meses de enero y febrero con “Buen tiempo anticiclónico de verano”, al existir masa de aire más seca, humedad más baja y temperatura/ vientos altos coincidiendo con el facto 30/30/30, generando un escenario climático favorable para la propagación del fuego en un evento de incendio forestal (Ilustre Municipalidad de Valparaíso, 2018)

Los vientos de origen local o convectivos, causados por diferencias locales de temperatura, pudiendo ser tan importantes en la propagación de los incendios como los vientos producidos por la diferencia de presión a escala sinóptica o macroescala. En ciertas zonas los vientos locales son predominantes frente a la circulación general de la atmósfera. Los vientos locales más determinantes en la propagación de incendios que deben ser considerados en los métodos de combate y manejo del fuego son las brisas de mar-tierra y los vientos de montañas y valles (Ramos Rodríguez, 2010).

El viento influye en el comportamiento del fuego en áreas silvestres de diversas formas según Ramos Rodríguez (2010): (1) Acelera el secado de los combustibles mediante el transporte de aire cargado de humedad. (2) Puede ayudar a ciertos materiales en brazas y estos dar origen al fuego. (3) Suministra oxígeno a la combustión. (4) Inclina las llamas hacia los combustibles que aún no se han quemado. (5) Determina la dirección de propagación del fuego.

En el área de estudio la parte más ventosa del año dura 4,6 meses entre octubre y febrero con una velocidad promedio de viento de 15,8 kilómetros por hora, coincidiendo con la temporada de incendios. En tanto la parte más calmada del año dura 7,5 meses de febrero a octubre con una velocidad promedio de viento de 13,8 kilómetros por hora, además de mencionar que la dirección del viento promedio por hora⁹ en la estación de Viña Airport es Sur durante el año (Weatherspark, 2016).

La temperatura en el área de estudio es propia de un clima mediterráneo costero, donde las variaciones son menores por el influjo del océano, manteniendo una constante durante el año con un promedio de 14°C (ONEMI, 2008)

La temporada con temperaturas templadas tiene una duración de 3,2 meses entre diciembre y marzo, siendo la temperatura máxima diaria 20°C. En cambio, la temporada fresca dura 3,1 meses entre junio y septiembre con una temperatura máxima diaria menor a los 16°C (Weatherspark, 2016).

Según el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)² de la Universidad de Chile, el país sufre la sequía de mayor extensión territorial y temporal registrada durante el último siglo en la zona central y sur de Chile. Alrededor de más de siete años de bajas en las precipitaciones que han afectado a todo el territorio nacional, dentro de las regiones más críticas se encuentran Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana, concentrando el 70% de las 101 comunas que presentan síntomas graves de sequía (INE, 2016).

3.1.1.2. Características bioclimáticas

El área de estudio se encuentra en la zona central de Chile que responde a un clima mediterráneo, caracterizado por un régimen estacional de precipitaciones y temperaturas, en donde su estación invernal es fría y húmeda, también una estación estival cálida y seca.

⁹ Porcentaje de hora en que la dirección media del viento viene de cada uno de los puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es inferior a 1,6 km/h.

Se describirán las principales zonas bioclimáticas del área de estudio, entendiendo que en ellas se sintetizan variables como la precipitación, humedad y temperatura, además de la vegetación dominante mediante lo realizado por Luebert & Pliscoff (2012):

- ***Bioclima Costero***

Se distribuye en áreas costeras de la región, preferentemente bajos (0-800 metros) abarcando las planicies litorales y la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa. Su temperatura moderada contempla una T° media anual promedio 14.5°C, una amplitud térmica anual promedio 7.5°C y precipitación media anual promedio 458 mm.

- ***Bioclima Interior***

Su distribución responde a lugares más secos que en general se encuentran bajo efectos de sombra de lluvia en sectores bajos (0-1300 metros). En cuanto a las temperaturas, también son moderadas con una T° media anual promedio 14.9°C, una amplitud térmica anual promedio de 8.6°C y con los valores más bajos de la Región con una precipitación media anual promedio de 304 mm.

- ***Bioclima Serranías Interiores***

Ocupa áreas montañosas del interior de la Región, que para el caso del área de estudio responde a la Cordillera de la Costa (600-2000 metros). Aquí se encuentran temperaturas de medias a bajas, con una temperatura media anual promedio 12.1°C y una amplitud térmica anual promedio de 8.9°C. Las precipitaciones son moderadas en relación con el resto de la Región con una precipitación media anual promedio de 377 mm.

Tabla 2: Resumen de los bioclimas del área de estudio.

	Costero	Interior	Serranías interiores
Distribución (metros)	0-800	0-1300	600-2000
T° MdA promedio (°C)	14,5	14,9	12,1
A. T° MdA promedio (°C)	7,5	8,6	8,9
P Mda promedio (mm)	458	304	377

Fuente: *Elaboración propia.*

3.1.1.3. Geomorfología

En cuanto a las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio, Börgel (1965); (1983) Identifica cinco macroformas principales dentro de la denominada Región central de las cuencas y del llano Fluvio-Glacio-Volcánico. La costa, Cordillera de la costa, Depresión intermedia, Precordillera y Cordillera. Que en conjunto con la revisión del “Estudio Fundado de Riesgos” del Premval de Humerez & Balboa (2012) se puede señalar las siguientes unidades y subunidades geomorfológicas en las comunas del AMV:

Cordillera de la Costa, Cordones transversales, Planicie marina y/o fluvio-marina correspondiendo a toda la franja litoral, excepto por el Farellón costero en su extensión desde Valparaíso a Quintay, Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvial, producto del material depositado por diversos fenómenos geológicos en las principales cuencas de la Región.

A continuación, se describen cada una de las unidades geomorfológicas en el área de estudio:

- ***Cordillera de la costa***

La Cordillera de la Costa tiene un descenso a paños sucesivos hacia el Oeste, encontrándose a distancias variables del litoral costero, con planicies de abrasión y sedimentación marinas. Su constitución se basa en rocas cristalinas granitoideas y partes del *neiss* granítico.

El conjunto de alturas compone un dispersor de aguas hacia el Oeste, inscribiendo en sus laderas occidentales las nacientes de los Esteros de Limache, Marga-marga y Casablanca con sus atributos menores.

Se encuentra intensamente disectada y bajo el efecto de fuertes procesos erosivos y de nivelación del relieve, la forma de las laderas tiende a ser convexa y sus pendientes regulares oscilan entre los 15° y 35° grados, dando el aspecto de lomaje en algunas zonas. Los procesos de erosión son más frecuentes en las laderas con exposición Norte y Noroeste.

La disminución de cobertura vegetal favorece rupturas de pendiente o cambios litológicos en la continuidad de las laderas, sumado a escenarios de precipitación intensa, hacen frecuente las remociones en masa profundas.

- ***Cordones transversales***

Los Cordones transversales y estribaciones del sistema montañoso andino-costero, logran penetrar en profundidad hasta el punto donde los principales ríos se constituyen en solo valle principal. Estos cordones se instalan a alturas comprendidas entre los 600 y 1000 metros sobre el nivel del mar y su alineamiento transversal a disposición troncal N-S del país es debido a un rasgo de la erosión experimentada por la acción de quebradas y ríos afluentes.

- ***Planicie marina y/o fluvio-marina***

La línea de costa en el área de estudio es mixta, con el ritmo alternante de extensas playas de acumulación arenosa y sectores de acantilados. Entre el Aconcagua y el estero de Casablanca domina la costa alta con algunas incidencias de playas bajas.

Las playas rocosas corresponden a reducidos estranes de cantos rodados y bolones en sectores donde el acantilado se acerca al mar, ejemplo: Playa San Mateo, Membrillo,

Rubén Darío. En dirección Sur se desarrollan *pocket beach* o playas de bolsillo como Curaumilla o Las Docas.

○ ***Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvial***

El estero Marga-marga expone terrazas amplias donde es posible distinguir periodos torrenciales, estuariales y aluviales. Las terrazas presentan diferencias altitudinales entre la ribera Norte y Sur debido a las acciones tectónicas de la falla que encauza el talweg. Viña del Mar se emplaza en parte de las terrazas fluviales y fluvio-marinas del estero.

En el llano central la mayor eficiencia de la humedad y el trabajo rítmico de los ríos favorecen el desarrollo de los suelos aluviales capaces de sustentar una economía agrícola, estos llanos son objeto de activa ocupación humana fines agropecuarios creando un ciclo especulativo en el régimen de la tenencia de la tierra de antigua data.

Existen llanos de sedimentación fluvial importantes, del río Aconcagua, en el sector de Colmo, donde se aprecia distintas extensiones de terrazas de relleno.

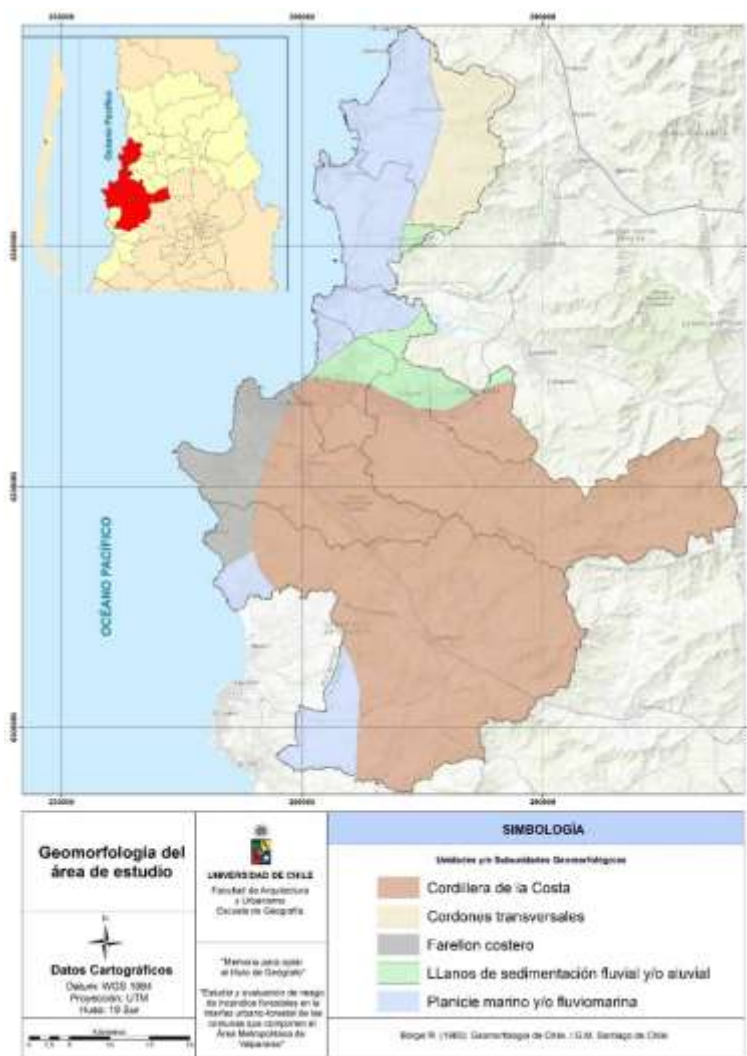
El Valle de Casablanca se genera a partir de relleno aluvial, a través de la erosión de las aguas desde el cordón de la Cordillera de la Costa. Este relleno de plano relieve se compone de in suelo arenoso de gruesa textura y buen drenaje.

○ ***Farellón costero***

Acantilado de origen tectónico y modelado por la acción abrasiva del mar, el sector que abarca el área de estudio tiene una extensión desde Punta Ángeles a Laguna Verde superando los 300 metros de altitud, la pendiente del Farellón oscila entre los 65° y 80° grados. Son preferentemente rocosos, a excepción de la Formación Horcón, desarrollado en sedimentos marinos y arenas eólicas semiconsolidadas en el sector de Higuierillas - Reñaca. Son precedidos por estrechas plataformas de abrasión cubiertas por relleno artificial. En Valparaíso este relleno supera los 1000 metros de ancho.

En el **Mapa 3** podemos ver la distribución de las Unidades Geomorfológicas, siendo la Cordillera de la Costa la que predomina en las comunas interiores como Quilpué, Villa Alemana y Casablanca. En las comunas con borde costero predomina la Planicie marina y en Valparaíso predomina el Farellón Costero. Por último, en los Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvial se concentran las ciudades dormitorio y conurbaciones de Quilpué-Villa Alemana.

Mapa 3: Geomorfología área de estudio.

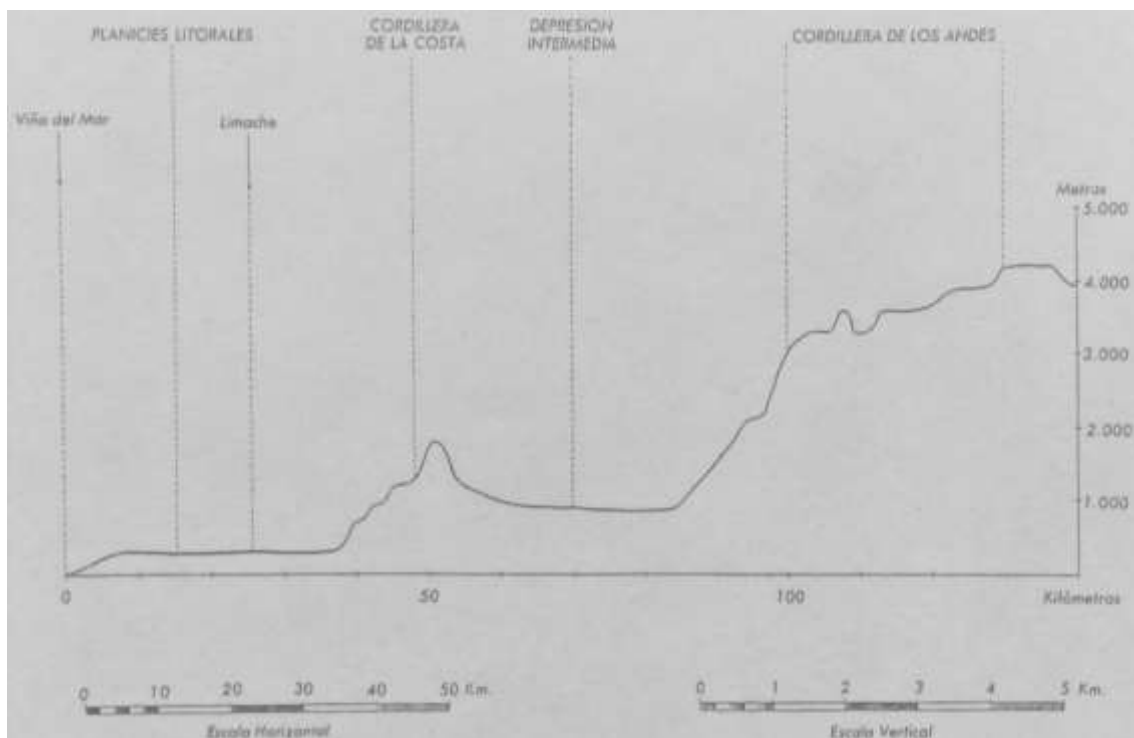


Fuente: *Elaboración propia en base a Börgel 1983.*

A continuación, se presenta el perfil topográfico (Ver **Figura 3**) del área de estudio presentando las macroformas predominantes de oeste a este: planicies litorales, cordillera de la costa, depresión intermedia y cordillera de la costa.

La planicie litoral se compone de planicie marina y/o fluvio-marina correspondiendo a toda la franja litoral a excepción del farellón costero entre Valparaíso y Quintay. Luego hacia el interior se extienden los llanos de sedimentación fluvial y aluvial formados en las cuencas principales del área de estudio.

Figura 3: Perfil del área de estudio.



Fuente: Borgel, 1983.

3.1.1.4. Pisos vegetacionales

En cuanto a los pisos vegetacionales que se encuentran dentro del área de estudio, según Luebert & Pliscoff (2006), se describe lo siguiente:

- ***Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum*:***

Cuenta con una estrata arbórea dominada por *Nothofagus macrocarpa*, una estrata arbustiva en la cual se destaca *Ribes punctatum*, *Berberis actinacantha*, *Calceolaria meyeniana* con elementos esclerófilos y la estrata herbácea se encuentran presentes *Adiantum sulphureum* y *Alstroemeria zoellneri*.

Debido a la acción antrópica como tala e incendios, la mayor parte de los bosques de este piso presentan regeneración de monte bajo, donde la mayoría de los individuos no ha alcanzado la madurez reproductiva. La distribución de este piso se encuentra entre las laderas altas de la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa de la región del Libertador Bernardo O'Higgins y Valparaíso, entre los 1000 y 2000 metros.

○ ***Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*:***

Este bosque lauriesclerófilo es dominado por especies esclerófilas como *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*, en ciertos casos se encuentran con laurifolios como *Dasyphyllum excelsum*, *Persea lingue*, para la estrata arbustiva destaca especies como *Sophora macrocarpa* y *Lobelia excelsa*.

Las acciones del ser humano como incendios y cortas frecuentes producen degradación del bosque original, pérdida de la cobertura vegetal, cambio en la fisionomía de la comunidad (cambio de bosque a matorral) e invasión de elementos de matorrales espinosos y esclerófilos como *Retanilla trinervia*, *Gutierrezia resinosa* y *Baccharis linearis*. En cuanto a la distribución del piso, se puede encontrar en laderas occidentales de la Cordillera de la Costa entre la región de Coquimbo, Valparaíso y el Libertador Bernardo O'Higgins entre los 200 y 1200 metros.

○ ***Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithrea caustica* y *Cryptocarya alba*:***

Bosque esclerófilo dominado por *Lithrea caustica*, a la que en general es asociada con *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus* y *Schinus latifolius*. Tiene gran cantidad de ejemplares de arbustos esclerófilo y espinosos como *Colliguaja odorífera*, *Escallomia pulverulenta*, *Eupatorium glechonophyllum*, *Lobelia excelsa* y *Retanilla trinervia*. Escasa presencia de herbáceas, *Solenomelus pedunculatus* y *Vulpia fera*. Epífitas prácticamente ausentes. Puede haber presencia de *Jubaea Chilensis*.

Degradación por parte del ser humano produce transformación estructural del bosque, pérdida de cobertura favoreciendo la inmigración de especies arbustivas y herbáceas xerófitas. Este piso se ubica en las zonas bajas de la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa entre la Región de Coquimbo, Valparaíso y el Libertador Bernardo O'Higgins entre los 0 a 1300 metros.

○ ***Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo costero de *Peumus boldus* y *Schinus latifolius*:***

Matorral arborescente dominado por especies esclerófilas como *Peumus boldus*, *Schinus latifolius*, *Lithrea caustica*, *Cryptocarya alba* y *Azara celastrina*. Se encuentran con frecuencia especies arbustivas como *Bahia ambrosioides*, *Fuchsia lycioides*, *Podanthus mitiqui*, *Eupatorium glechonophyllum*, *E. salvia* y *Lobelia polyphylla*. También se presentan algunos sectores de matorrales de *Bahia ambrosioides* y *Puya splendens* en los requeríos costeros.

Comparte algunas características con los bosques esclerófilos costeros, aunque la degradación permite la penetración de elementos desérticos, donde la vegetación en la

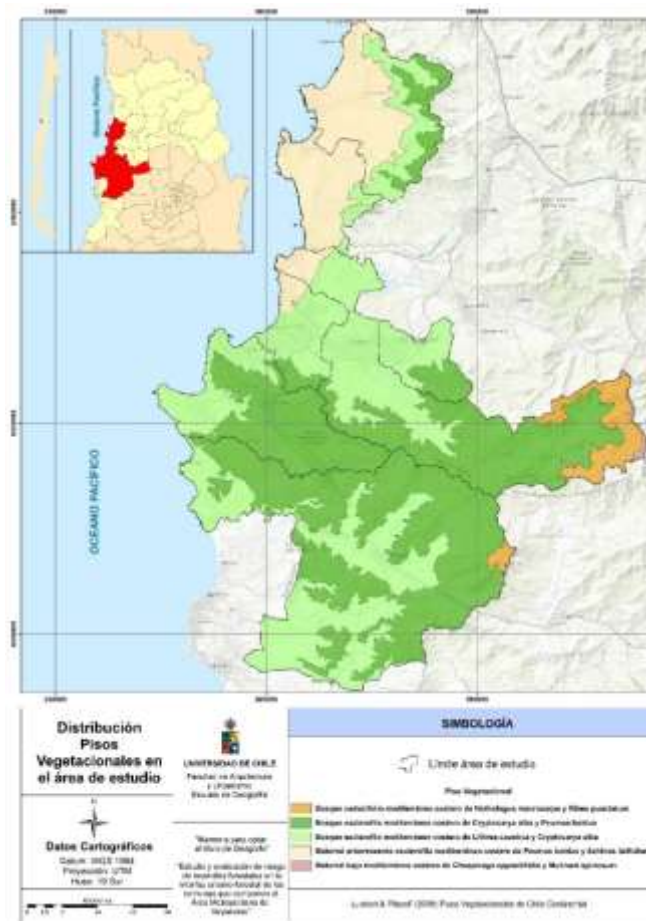
mayor parte se encuentra en estados sucesiones regresivos. El piso se distribuye las zonas litorales del norte de la región de Valparaíso y sur de Coquimbo.

- **Matorral bajo mediterráneo costero de *Chuquiraga oppositifolia* y *Mulinum spinosum*:**

Matorral bajo con dominios de los subarbustos de *Chuquiraga oppositifolia*, *Mulinum spinosum* y *Tetraglochin alatum*. También es posible divisar elementos propios del bosque caducifolio, además se presentan alguna geófitas como *Hippeastrum rhosolirion*, matorral de distribución reducida en la cordillera de la Costa, constituyendo un relicto climático de los periodos glaciales de expansión de ambientes andinos de altitud.

Vegetación que sólo se desarrolla bajo condiciones frías en las partes altas de las montañas. Es probable que se encuentre en retroceso natural producto del incremento de la aridez y la temperatura propis del periodo interglacial y causas antrópicas. Se puede encontrar este tipo de vegetación en las cumbres rocosas de las montañas elevadas de la cordillera de la Costa de la región del Libertador Bernardo O'Higgins, Metropolitana y de Valparaíso, sobre 1900 metros.

Mapa 4: Distribución pisos vegetacionales en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Caracterización social

3.1.2.1. Instrumentos de planificación y gestión del riesgo

En Chile los instrumentos de planificación, que generan las principales directrices de como ordenar el territorio, se desarrollan con una limitada noción y desarrollo en materia de riesgos, debido a factores como la carencia de una planificación integral por parte de estos instrumentos, las restringidas facultades que tienen en materia de regulación, además del hecho que las normativas se orientan a las áreas urbanas, dejando fuera de consideración las áreas rurales y las zonas de interfaz. (I. Municipalidad de Valparaíso, 2018).

En base a lo recopilado en el Plan maestro para la gestión del riesgo de incendios Valparaíso (2018) en la **Tabla 3** se detallan los aspectos normativos que se presentan en los principales Instrumentos de planificación y Ordenamiento territorial con respecto a los incendios forestales y las zonas de interfaz. Cabe mencionar que a una escala comunal el Plan Regulador Comunal cumple una función normativa restringiendo el uso del suelo y las zonas de expansión urbana en función de zonas de riesgo, sin embargo, para el caso de incendios forestales no es contemplado dentro de estas instancias.

Tabla 3: Instrumentos de planificación e incendios forestales en zona de interfaz.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Ley General de Urbanismo y Construcción (L.G.U.C)	Definición de áreas de riesgo Art. °60 El Plan Regulador señalará los terrenos que por su naturaleza y ubicación no sean edificables. Estos terrenos no podrán subdividirse y sólo se aceptará en ellos la ubicación de actividades transitorias.
Proyecto de Ley que modifica la Ley General Urbanismo y Construcciones	Define como zona de interfaz urbano-forestal, aquellas definidas en los planes regionales de ordenamiento territorial y/o planes reguladores o planes seccionales, en las que una formación vegetal entra en contacto con sectores edificados en áreas rurales o con áreas urbanas.
Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C)	Riesgos ante desastres: La O.G.U.C da el marco normativo al “Estudio de Riesgos” contenido en los instrumentos de planificación territorial, señala las áreas de restricción y sus condiciones. No especifica el caso de los incendios forestales
Circular DDU 269	Definición de áreas de riesgo por amenaza de incendios en la formulación o modificación de Planes Reguladores Comunales y Planes Reguladores Intercomunales o Metropolitano. Sin embargo, esta indicación es orientativa y no propone metodologías de trabajo.

Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL).	Distingue las áreas urbanas, las áreas de extensión urbana y el área rural. El PREMVAL vigente, plantea disposiciones generales sobre zonas productivas peligrosas, condiciones de edificación, áreas de riesgo de origen natural por inundación y remoción en masa. Sin embargo, no incluye consideraciones respecto al riesgo por incendios forestales.
---	---

Fuente: *Elaboración propia en base a I. Municipalidad de Valparaíso, 2018.*

Otro documento que presenta injerencias territoriales a escala comunal es el Plan de Desarrollo Comunal, el que tiene como objetivo regular, orientar y gestionar el desarrollo de la comuna, sintetizando las necesidades de los habitantes de la comuna a través de objetivos estratégicos de desarrollo, donde puede tener cabida el riesgo, sin embargo, este documento es de carácter indicativo, por lo tanto, no puede definir usos y restringir actividades. Se encuentra regulado en la Ley Orgánica de Municipalidades.

3.1.2.2. Antecedentes demográficos

Algunas consideraciones demográficas para el área de estudio, Área Metropolitana de Valparaíso, son abordadas en la Memoria Explicativa del PREMVAL (MINVU, 2013) y son las siguientes:

Todas las comunas del Área Metropolitana de Valparaíso con excepción de Valparaíso han realizado un proceso de densificación de población. Teniendo en cuenta que Viña del mar, Concón, Quilpué y Villa Alemana presentan atributos para el uso residencial, en cambio Valparaíso reúne a población laboral. En cuanto al sector norte del AMV, se contabiliza que la superficie de terreno de zonas pobladas es de 592 de un total de 787 hectáreas en la comuna de Quintero.

EL 56,65% de la población total de la Región de Valparaíso se encuentra dentro de las 8 comunas que comprenden el área de estudio. Al interior del AMV el flujo de población tiende hacia las comunas periféricas, buscando distar de la comuna de Valparaíso, centro de las principales actividades económicas del área de estudio. En este sentido esta comuna fue relegada a un segundo lugar en la participación poblacional del AMV por Viña del mar desde 1992 hasta la actualidad (*Ver Tabla 4*), esto se debe a la mejora en las condiciones residenciales y expansión en zonas de comercio y servicio.

Tabla 4: Densidad poblacional por comuna.

	Población total	Mujeres	Hombres	Densidad Población Hab/Km²
Viña del Mar	334.248	175.579	158.669	2.772,20
Valparaíso	296.655	151.710	144.945	935,3
Villa Alemana	126.548	66.792	59.756	1.318
Quilpué	151.708	79.962	71.746	283
Concón	42.152	21.831	20.321	549,9
Quintero	31.923	16.089	15.834	218,4
Puchuncaví	18.546	9.188	9.358	61,7
Casablanca	26.867	13.521	13.346	28,1

Fuente: INE, 2017.

Es esperable un crecimiento en consecuencia de un desplazamiento de población desde el área metropolitana de Santiago, debido a las modernizaciones en la infraestructura vial y sanitaria, que aumenta la demanda potencial y vuelve interesante los proyectos inmobiliarios y turísticos, además de la plusvalía que genera la calidad ambiental, espacial y paisajística de los sectores en gestión.

Las familias que viven en campamentos se encuentran en zonas de alto riesgo, tanto por la exposición a distintas amenazas, de origen natural o antrópico, como por presentar algún grado de vulnerabilidad en sus componentes físicos, sociales, económicos y ambientales (Flores *at al.*, 2019).

Por su condición periférica, los campamentos se encuentran a gran distancia de los organismos de emergencias, además la materialidad de las viviendas es precaria autoconstruidas con madera, materiales de residuos que son altamente inflamables, sumado de la falta de infraestructura de servicios básicos como agua potable y alcantarillado, se habla de una alta vulnerabilidad física de estos habitantes. (Flores *et al.*, 2019). Puesto que las condiciones materiales de la vulnerabilidad implican una exposición diferencial a las amenazas y a las consecuencias de la materialización del desastre (Muñoz, Gascón & Armas, 2017).

Dentro de las comunas que componen el área de estudio se encuentran dos con el mayor número de campamentos del país y también con mayor número de familias en campamentos (Muñoz, Gascón & Armas-Pedraza, 2017). Viña del mar y Valparaíso además de ser comunas aledañas que comparten una accidentada geografía marcada por

sus cerros y quebradas, comparten las más altas cifras de proporción campamentos/familias residentes de Chile.

Tabla 5: Comunas de Chile con mayor proporción de campamentos y familias residentes

Comunas	Nº Campamentos	%	Nº de familias en campamento	%
Viña del mar	74	11,2	6.207	16
Valparaíso	51	7,7	4.593	11,8
Antofagasta	44	6,7	2.521	6,2
Copiapó	25	3,8	2.242	5,8
Talcahuano	21	3,2	1.721	4,4
Total	660		38.770	

Fuente: *Techo-Chile 2016, Catastro Nacional de campamentos, 2016.*

En relación con los campamentos, para el resto de las comunas los valores de Nº de campamentos son significativamente menores. En la **Tabla 6** se muestra la proporción de campamentos por comuna donde Viña del mar alberga un 44,9% y Valparaíso 43,5% del total de campamentos catastrados en el AMV.

Tabla 6: Número de campamentos por comuna

Comuna	Nº de Campamentos
Viña del mar	70
Valparaíso	68
Villa Alemana	6
Quilpué	3
Concón	2
Quintero	4
Puchuncaví	1
Casablanca	2
Total	156

Fuente: *Elaboración propia en base a la actualización de Catastro Nacional de Campamentos MINVU, 2018.*

3.1.2.3. Áreas protegidas

En cuanto a las áreas protegidas la administración del Estado chileno cuenta con una serie de legislaciones que facultan establecer zonas o elementos naturales protegidos por el ordenamiento jurídico vigente. A continuación, se presentan aquellas que se encuentran dentro de los límites del PREMVAL (*Ver Tabla 7*).

Tabla 7: Normativa sobre áreas protegidas en el área de estudio.

NORMA	TERRITORIO PROTEGIDO
D. F. L. N°340 DE 1960	Bordes costeros marinos, lacustres o fluviales
Ley de monumentos Nacionales N°17.288	Los parques nacionales, reservas nacionales, monumentos nacionales
Dirección de fronteras y límites del estado (DIFROL)	Altas cumbres
D. D. L. 1939 Ministerio de Bienes Nacionales	Destinaciones para fines de conservación y/o protección
Ley de Bosques N° 20.283, Ministerio de Agricultura	Los bosques nativos o sus especies vegetales nativas

Fuente: *Elaboración a partir de la Memoria explicativa del PREMVAL, MINVU (2013).*

Bajo esta normativa tenemos las siguientes áreas protegidas de valor natural en el Área Metropolitana de Valparaíso y satélite Quintero Puchuncaví:

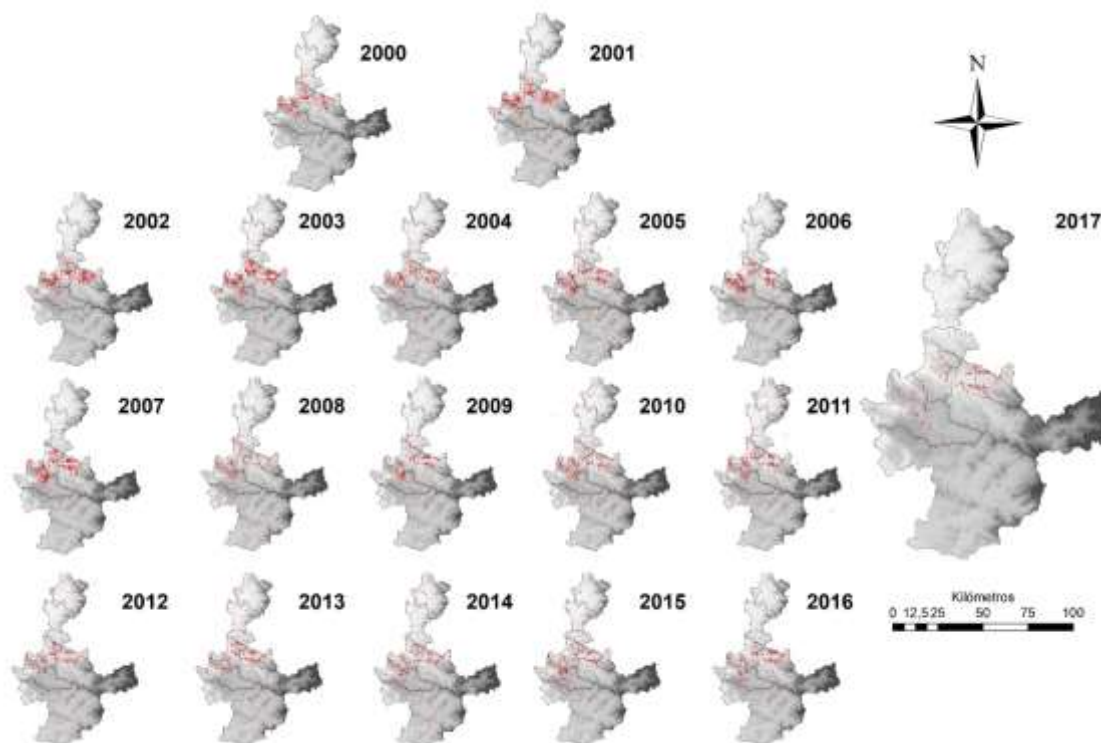
- Santuario de la naturaleza, Bosque de las Petras, comuna de Quintero. D.S. N°2788 del 7 de junio de 1993, protege 42 hectáreas.
- Santuario de la naturaleza Roca Oceánica, comuna de Concón, D.S. N°481 del 27 de 1990, modificado su límite por el D.S. 106 de fecha 9 de marzo de 1994, protege 0,8 hectáreas.
- Santuario de la naturaleza Palmares de El Salto de la punta de Concón, Comuna de Concón, D.S. N°45 del 26 de diciembre de 2012, D. O. 4 de enero de 2013, protege 30 hectáreas.
- Reserva Nacional del Lago Peñuelas, comuna de Valparaíso. Protege 9.260 hectáreas bajo el Sistema de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) regulado mediante la ley N°18.362 del año 1984 y su administración está a cargo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF).
- Santuario Acantilados de Laguna Verde, comuna de Valparaíso D. E N°699 del 30 de mayo 2006.

3.1.2.4. Caracterización de los incendios forestales en el área de estudio

Los eventos y antecedentes sobre incendios forestales fueron recopilados desde fuentes secundarias de información con el fin de describir e identificar el comportamiento del fuego, la evolución histórica, la distribución espacial, el nivel y la frecuencia anual de los eventos de incendios forestales en las comunas del AMV, además las consecuencias y distribución espacial del área quemada.

A partir del registro de ocurrencia de incendios forestales¹⁰ de CONAF, es posible apreciar la distribución espacial de los focos de incendios forestales en las distintas comunas del área de estudio entre el año 2000 y 2017¹¹. En la **Figura 4** se puede distinguir que durante todo el periodo de estudio se mantienen ciertas tendencias en la ubicación de los incendios, como por ejemplo el límite entre la comuna de Valparaíso y Viña del mar, el área norte y sur de los centros urbanos de Quilpué y Villa Alemana y también la dispersión de estos en las comunas de Casablanca, Concón, Quintero y Puchuncaví.

Figura 4: Distribución espacial de los incendios forestales en el AMV y comunas adyacentes (2000-2017).



Fuente: *Elaboración propia a partir de Catastro de incendios de CONAF.*

¹⁰ La base de datos comprende todos los focos de incendios forestales ocurridos entre enero del año 2000 a diciembre del año 2017.

¹¹ De acuerdo con CONAF, un período corresponde al tiempo entre los meses de julio de un año y junio del siguiente.

Como antecedente de este factor en el área de estudio, en el Catastro de incendios forestales de CONAF se registró para cada comuna, el número de incendios según su inicio cercano a una red vial clasificada por camino principal, camino secundario, casa o refugio, sendero, vía férrea y otros.

Tabla 8: Incendios según inicio cercano para cada comuna.

	C. principal	C. secundario	Casa o refugio	Sendero	V. Férrea	Otros	Total
Viña del Mar	282	473	412	449	2	75	1693
Valparaíso	433	1142	510	801	1	134	3021
Villa Alemana	226	512	279	307	22	48	1394
Quilpué	242	533	249	416	20	92	1552
Concón	49	101	37	67	1	15	270
Quintero	70	116	48	126	13	42	415
Puchuncaví	27	77	16	39	0	8	167
Casablanca	157	194	26	110	0	40	527
Total, por tipo	1486	3148	1577	2315	59	454	9039

Fuente: *Elaboración propia a partir de Catastro de incendios de CONAF.*

Ahora dentro del universo de incendios forestales catastrados, CONAF idéntica el nivel del incendio en tres categorías: Normal, Alerta Amarilla y Alerta Roja a media que aumenta la gravedad del evento. En la **Tabla 9** se aprecia la cantidad de eventos según su Nivel para cada comuna del área de estudio. Cabe destacar que Valparaíso dobliga a las otras comunas en la totalidad de eventos, sin embargo, el 92,5% de estos eventos de incendios son de nivel Normal.

Tabla 9: Incendios según nivel para cada comuna.

	Normal	A. Amarilla	A. Roja	Total, por comuna
Viña del Mar	1594	15	84	1693
Valparaíso	2792	48	181	3021
Villa Alemana	1339	5	50	1394
Quilpué	1466	18	68	1552
Concón	259	1	10	270
Quintero	383	9	23	415
Puchuncaví	152	3	12	167
Casablanca	458	16	53	527
Total, por tipo	8443	115	481	9039

Fuente: *Elaboración propia a partir de Catastro de incendios de CONAF (2018).*

El tipo de vegetación natural que más afecta los eventos de incendios forestales corresponde a pastizales, con una 40% de la superficie afectada, luego le sigue la vegetación matorral y arbolado con 35% y 34% cada una (Ministerio del medio ambiente, 2018).

El reemplazo de especies nativas por exóticas puede provocar una disminución en la cantidad de precipitación interceptada, un mayor movimiento de la masa de aire y mayor cambio en la temperatura y humedad del suelo (Anchaluisa & Suárez, 2013), además, una mayor generación y acumulación de material altamente inflamable.

En relación con lo último, la **Tabla 10** muestra el número de incendios según el Combustible inicial para cada una de las comunas que componen el área de estudio, son 600 los eventos de incendio que iniciaron por material entre Eucalipto y Pino y 7894 eventos de incendio se iniciaron en pastizal.

La presencia de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* genera una mayor carga de combustible susceptible de ser afectado por el fuego y que tenga un comportamiento errático e impredecible (Peña-Fernández & Valenzuela-Palma, 2004). Debido a que estas especies arden con facilidad por su alto contenido de elementos inflamables, además que su follaje está permanentemente bajo en el contenido de humedad.

Tabla 10: Incendios según combustible inicial para cada comuna.

	Nativo	Basural	Agrícola	Desecho	Eucalipto	Matorral	Pastizal	Pino	Otro	Total
Viña del Mar	2	1	0	16	27	65	1569	9	4	1693
Valparaíso	2	7	2	170	366	147	2193	129	5	3021
Villa Alemana	1	3	0	2	1	19	1368	0	0	1394
Quilpué	3	3	0	6	14	16	1510	0	0	1552
Concón	0	0	0	7	2	7	238	16	0	270
Quintero	1	0	0	5	5	6	394	4	0	415
Puchuncaví	1	1	0	9	10	4	138	4	0	167
Casablanca	3	1	3	11	7	11	484	6	1	527
Total, por tipo	13	16	5	226	432	275	7894	168	10	9039

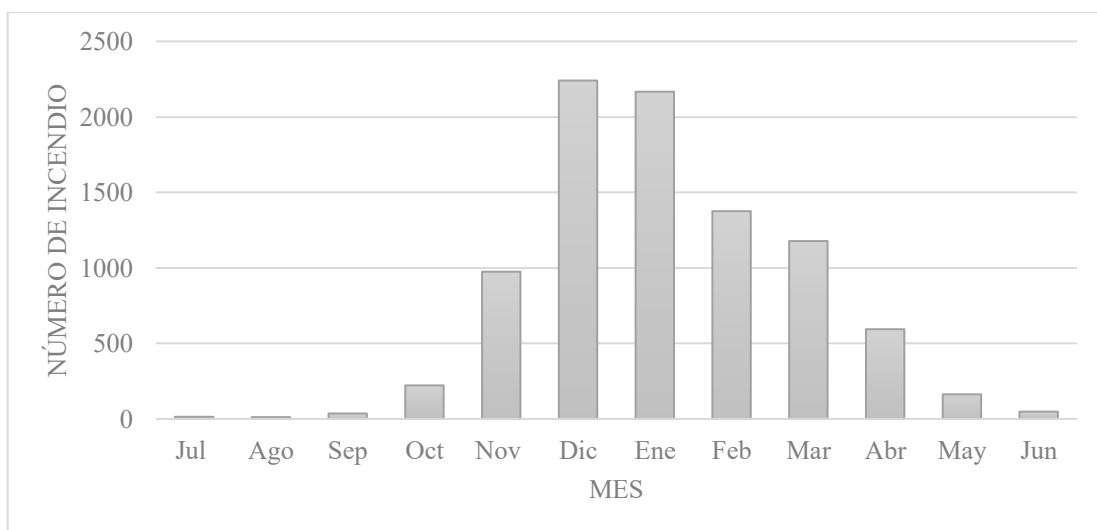
Fuente: *Elaboración propia a partir de Catastro de incendios de CONAF.*

Para Julio 1990, la estacionalidad podría definirse como lapsos o periodos, en los cuales la ocurrencia de incendios tiende a presentar una intensidad determinada, esto es debido al conjunto de factores como la condición climática, estado de la vegetación y tipo de actividad humana. En la elaboración de índices de riesgo de incendios forestales para

Chile, la estacionalidad es un componente importante de evaluar en el diseño de indicadores del grado de peligro de incendios forestales (Julio, 1990).

Según el estudio recién mencionado son dos los factores que se asocian a la estacionalidad y conforme a las características del área de estudio y lo ilustrado en el **Gráfico 1**, en primer lugar, durante los meses de verano el flujo de veraneantes y turistas aumenta considerablemente, debido a las características y atributos que presenta el territorio, como principales balnearios, valle vitivinícola de la zona central de Chile, aumentando el riesgo por las actividades humanas al transcurso de la temporada. Y en segundo lugar se encuentra la condición esperada de la vegetación como consecuencia de su estado fisiológico¹² al margen de la disminución de las precipitaciones durante la temporada.

Gráfico 1: Distribución estacional de los incendios en las comunas del PREMVAL entre 2000-2017.



Fuente: *Elaboración propia a partir de castro de incendios de CONAF.*

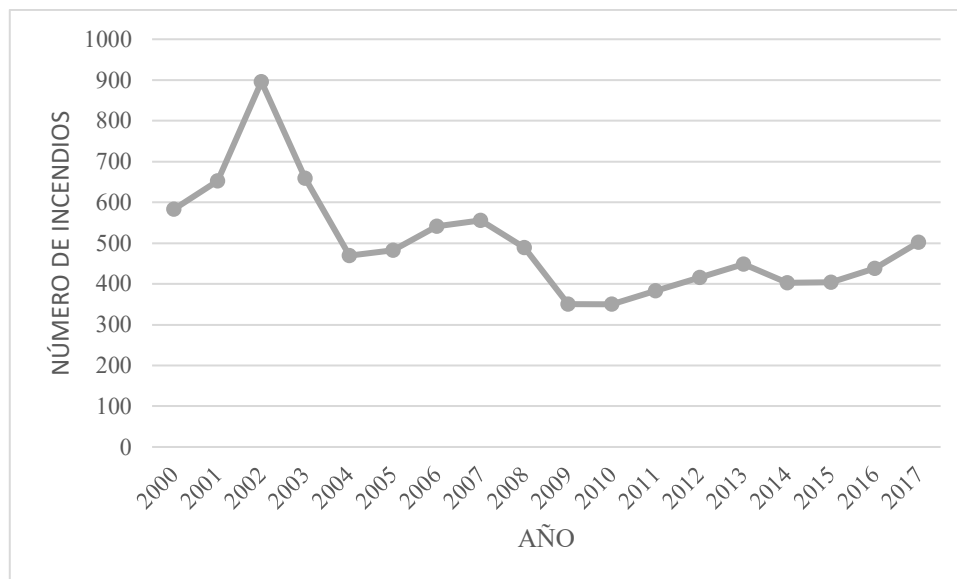
En el escenario Nacional los incendios forestales han ido en aumento en los últimos años en la zona Centro-Sur, además el mayor número de incendios y área quemada se concentran entre las regiones de Valparaíso y la Araucanía (**Ver Anexo 1**) con un registro del 92% de incendios y el 89% del área quemada a nivel Nacional (González *et al.*, 2020).

Se observa que la ocurrencia anual de incendios en el área de estudio mantiene un rango relativamente homogéneo durante el periodo que compone la investigación, a excepción del año 2002 donde la frecuencia anual se dispara con cerca de 900 eventos a lo largo de ese año, lo cual concuerda con una temporada 2002-2003 donde se registraron sobre los 7500 eventos de incendios forestales en el territorio nacional (Peña-Fernández & Valenzuela-Palma, 2004).

¹² Niveles de circulación de savia según la estación.

En el **Gráfico 2** se puede ver la evolución temporal del número de incendios en el área de estudio, además es importante destacar que durante todo el periodo de estudio ocurrieron como mínimo 300 eventos de incendios al año.

Gráfico 2: Frecuencia anual de incendios forestales para las comunas del PREMVAL entre 2000-2017.



Fuente: *Elaboración propia a partir de Castro de incendios de CONAF.*

A partir de 2010 los “mega-incendios” o eventos de incendios de gran magnitud han incrementado en magnitud y frecuencia dejando sus efectos espaciales en el área quemada y cada vez mayores costos en trabajos de extinción, pérdida de infraestructura, daño al medio ambiente y pérdidas de vidas humanas (González *et al*, 2020).

En cuanto a los efectos de los incendios en el área de estudio, a través del sensor MODIS se identificó el área quemada con el fin de comprender el tiempo y la distribución espacial de los incendios y sus características. Las áreas quemadas se relacionan con la distribución espacial de material combustible y no combustible, afectando el comportamiento del fuego desde su ignición hasta la propagación y consumo de material combustible dentro del área de estudio (Caballero, 2011).

En esta línea uno de los efectos negativos de los incendios forestales es su incidencia directa en la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, al desencadenarse el incendio la biomasa seca que contiene carbono almacenado se transforma fisicoquímicamente convirtiéndose en dióxido de carbono liberado a la atmósfera (Carvajal & Alaniz, 2019).

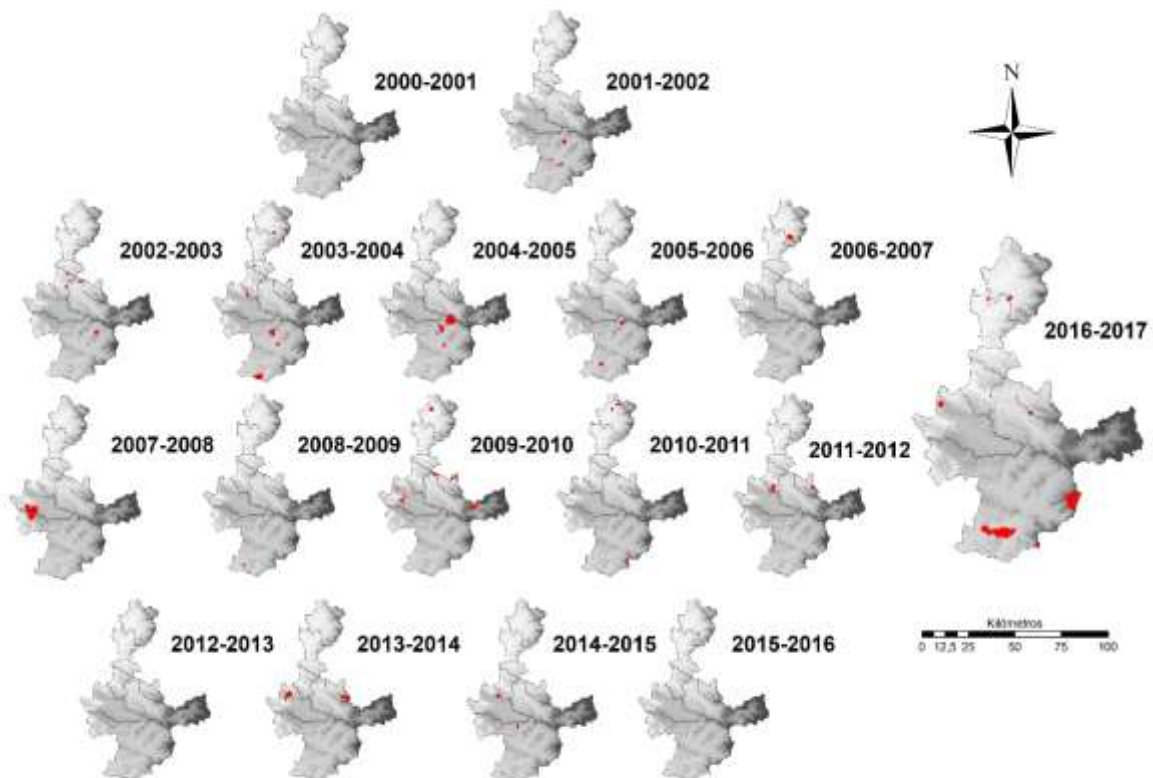
Otro elemento que define la extensión del área quemada es el control y combate del incendio, debido a que una extensión temprana del evento frena el avance y propagación

del fuego hacia el material combustible. También se le suma el comportamiento del incendio, con el desarrollo de radiación, convección y humo (Caballero, 2011).

En la **Figura 5** se puede apreciar, para cada temporada, el área quemada captada por MODIS, en la cual se destacan temporadas como entre la 2002/3 y 2004/5 varios focos entre Quilpué-Casablanca, y Quilpué-Concón. Además de la temporada 2007/8 donde el límite de Valparaíso y Casablanca concentró el total de área quemada para esa temporada y finalmente con una temporada especialmente concurrida de eventos de incendios forestales a nivel Nacional, el área de estudio no queda exenta de esta dinámica donde las comunas de Casablanca, Valparaíso, Quilpué y Villa Alemana vivieron eventos significativos con varias hectáreas quemadas.

En el año 2014 la zona alta de Valparaíso fue escenario de eventos de grandes incendios forestales. Este denominado “Mega evento” afectó significativamente a los cerros Monjas, Mariposa, La Cruz, El Litre, y las Cañas, además de Rodelillo, Ramaditas, Rocuant, afectados recurrentemente con incendios varias temporadas, Placeres Alto incluyendo a las poblaciones El Esfuerzo y Héroes del Mar. (Poduje *et al.*, 2018)

Figura 5: Distribución espacial de área quemada según MODIS 2000-2017.



Fuente: *Elaboración propia a partir de MODIS Burned Area.*

Como antecedente de la interfaz urbano-forestal para el área de estudio, se encuentra el trabajo realizado por Sarricolea *et al.*, 2019. Donde se plantea que la región de Valparaíso es una de las tres regiones con un área metropolitana, junto con Santiago y Concepción, considerando las Wildland Urban Interface (WUI) que fueron afectadas por incendios forestales entre la temporada 2000-2001 a la temporada 2016-2017, se estima que para la región de Valparaíso el número de personas afectadas fue de 27.535 habitantes.

En cuanto a la extensión de la WUI en la Región de Valparaíso en la **Figura 6** de color rojo se logra identificar como la interfaz rodea el Área Metropolitana de Valparaíso, incluso esta interfaz se extiende al interior de las comunas del AMV no solo se ubica en sus límites exteriores.

Figura 6: Interfaz urbano-forestal Área Metropolitana Valparaíso.

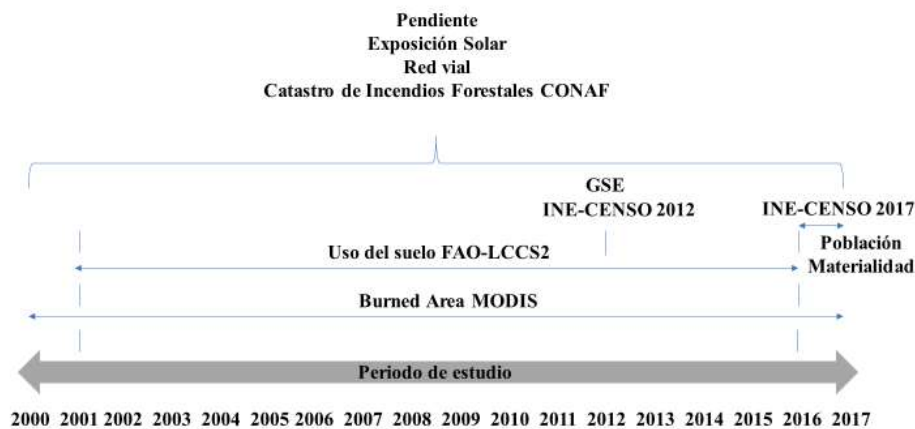


Fuente: Sarricolea *et al.*, 2019.

3.2. PERIODO DE ANÁLISIS

El periodo que abarca el estudio contempla desde el año 2000 al 2017, sin embargo, la disponibilidad de información determina el periodo real que será analizado, para ello se presenta a continuación:

Figura 7: Periodo de análisis



Fuente: *Elaboración propia.*

3.3. SELECCIÓN DE DATOS

Cada variable, tanto para amenaza y vulnerabilidad fueron seleccionadas bajo los siguientes criterios generales, según lo desarrollado por Franco (2011):

- **Datos Actualizados:** Contar con datos e información reciente que permita el análisis indicado durante el período de estudio y el área de estudio.
- **Datos espaciales:** Contar con datos e información que permitan su análisis espacial dentro del área de estudio.
- **Datos evaluables:** Cada factor debe poder ser clasificado y/o evaluado según revisión bibliográfica.
- **Datos representativos:** Cada factor debe relacionarse con el planteamiento del problema y sean significativos para el análisis.

Se deben generar subvariables independientes que serán parte del método de análisis jerárquico y del análisis multicriterio. Estas subvariables deben ser representativas de las variables de amenaza y vulnerabilidad así vincularlos con el riesgo de incendios forestales permitiendo la cuantificación y representación en el espacio de estos. La identificación de estas variables se ha basado en el análisis de fuentes bibliográficas especializadas (del Hoy, del Pilar Martín & Vega, 2008).

El modelo de datos ráster¹³ es una representación discreta de datos, donde los objetos son representados por valores y posiciones definidas dentro del espacio. Este modelo permite la subdivisión del espacio en unidades uniformes, con atributos propios que pueden

¹³ Corresponde a una imagen cualquiera sea su formato: jpg, tiff, grid, etc. Está formada por datos en una matriz de cuadrados de igual tamaño dispuestos en filas y columnas, donde la unidad fundamental es el píxel.

repetirse y su unión corresponde a una representación digital del mundo real (Castillo, 2007).

Cabe señalar que debido a que se trabajó en formato ráster¹⁴, los rangos altos, medios y bajos deben ser expresados numéricamente, donde: Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1. Estos rangos se definieron según lo realizado por Ubilla-Bravo *et al* (2013), en donde se evaluó la predisposición teórica a ser condicionante o a generar una mayor susceptibilidad frente a un proceso natural o antrópico que derive en una amenaza, por lo cual entre más alto sea el rango mayor es la probabilidad de ocurrencia en función de las variables que condicionan, potencian o generan una mayor susceptibilidad.

La evaluación de riesgo ante incendios forestales con el uso de técnicas multicriterio consiste en seleccionar las variables sobre una revisión literaria y producir un modelo ponderado en un ambiente de SIG (Peralta, 2010).

El uso de SIG tiene la ventaja de permitir una constante actualización de la base de datos especial, a medida que se genera la información se incorporan nuevos elementos territoriales o información cuantitativa relevante para el estudio.

3.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO (AMC)

El análisis multicriterio (AMC) es definido como un conjunto de técnicas que orientan el proceso de toma de decisiones, con la finalidad de comparar alternativas a partir de varios puntos de vista, criterios y objetos en conflicto (Voog, 1990 en Franco, 2011).

La integración entre los sistemas de información geográfica y el análisis multicriterio contribuye a simplificar la lectura e interpretación de la información de carácter espacial, permitiendo la elaboración de bases de datos respecto a los atributos que componen el territorio (De Groot *et al*, 2002 en Esse *et al*, 2014).

El interés de los especialistas del territorio ha ido en aumento respecto a las técnicas de análisis, pues se han instaurado en la gestión pública de recursos naturales, la generación de políticas y normativas de regulación ambiental (Esse *et al*, 2014). Además, es una herramienta especial para localización de actividades, manejo de recursos naturales, control de riesgos y amenazas, contaminación ambiental y ordenamiento del territorio. (Franco, 2011).

Dado que las diversas aplicaciones concuerdan con lo pretendido por el estudio y evaluación de riesgo de incendios forestales en el área de estudio, se utilizó esta herramienta para responder el primer y segundo objetivo específico, identificando las zonas de amenaza y vulnerabilidad frente a incendios forestales.

El método utilizado en el estudio es el de comparación de Pairwise o Pares de Saaty, el cual implica la comparación uno a uno entre cada indicador. Estos juicios permiten

asignar pesos relativos a los indicadores y también permite el análisis de la consistencia entre las respuestas, generando un análisis más confiable y exacto (Franco, 2011).

Se conforma una matriz cuadrada con los factores a comparar en sus filas y columnas, luego se establece el peso de cada factor como medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores (Ramírez, 2004).

Tabla 11: Escala de comparación entre pares de Saaty 1980.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremadamente	muy fuerte mente	fuerte mente	moderadamente	igual de importante	moderadamente	fuerte mente	muy fuerte mente	Extremadamente
menos importante					más importante			

Fuente: Ubilla-Bravo et al, 2013.

La escala fundamental para representar la intensidad de los juicios es graficada en la **Tabla 12** identificando la escala numérica con su respectiva escala verbal y la explicación:

Tabla 12: Intensidad de los juicios para la matriz.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que en otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible

Fuente: Moreno, 2002.

Al momento de jerarquizar los factores o subvariables que definen la amenaza y vulnerabilidad, la información es espacializada a través de Sistemas de Información Geográfica SIG, para así definir las áreas de Riesgo en las 8 comunas y en específico la interfaz urbano-forestal.

3.5. METODOLOGÍA EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

Unos de los elementos centrales de la investigación es generar un escenario de riesgo de incendios forestales de las comunas que componen el Área Metropolitana de Valparaíso y las comunas adyacentes, con un énfasis en las áreas de interfaz urbano-forestal. Así el producto de la Memoria viene a ser el mapa de riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal y su análisis.

La metodología propuesta para evaluar el riesgo contempla variables de amenaza y vulnerabilidad ante incendios forestales, entendiendo que el riesgo se gesta desde la mezcla de dinámicas socio-territoriales y son múltiples los factores que influyen en la materialización del desastre. Es así como se evaluaron subvariables físicas y antrópicas para la determinación de las zonas de amenaza y vulnerabilidad.

Para la elaboración del conjunto de cartas, tanto para las variables de amenaza y vulnerabilidad, se utilizaron reclasificaciones y escalas utilizadas en otros trabajos e investigaciones que ocupan metodologías multicriterio. Para aquellos factores que no han sido desarrollados en investigaciones se utilizó un criterio de experto para la determinación de su reclasificación.

La evaluación entre pares se gestó bajo una perspectiva geográfica que fuera determinante en la identificación de las zonas de amenaza y vulnerabilidad, para ello se realizó un análisis de consistencia, donde los valores no deben superar el 0,1 y acercándose al ideal de 0,05 (Saaty 1977 en Eastman, 2006), dependiendo de la correcta aplicación del método de filtros que se les aplica a los pesos obtenidos para cada factor, que tienen el fin evitar una comparación ilógica entre los pares.

Cabe mencionar que la propuesta metodológica para el estudio y evaluación de riesgo de incendios forestales es abordada desde la Geografía y con énfasis particular en la interfaz urbano-forestal. Sin embargo, a continuación, se presentan las limitantes metodológicas sorteadas durante la investigación.

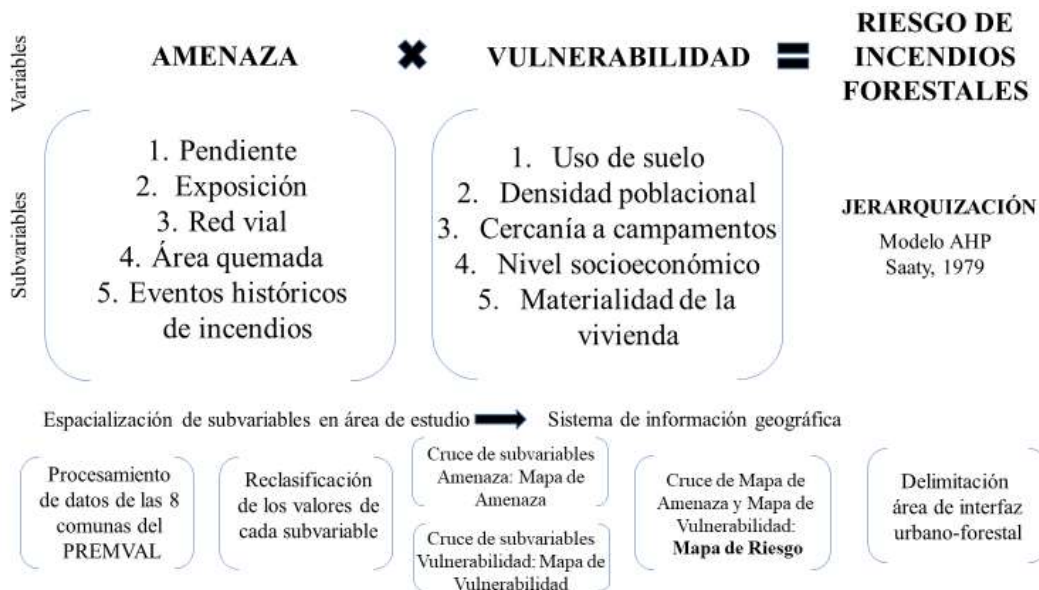
En primer lugar, se encuentra que las fuentes de información consultadas con referencias a incendios forestales y temas relacionados tuviesen concordancia con un área geográfica similar al área de estudio, para así determinar las subvariables a evaluar durante el desarrollo de la investigación, sean coherentes a las características del territorio.

Segundo, el desarrollo de metodologías y variables a evaluar contempla una gran cantidad de investigación para la variable de amenaza como componente físico-natural del riesgo, no así la vulnerabilidad en general, y en lo particular frente al riesgo de incendios forestales, motivo que algunas de las reclasificaciones de los subvalores de vulnerabilidad fueron realizadas bajo el criterio del experto.

En tercer lugar, ni durante la formulación de la metodología, ni en la evaluación y análisis de los resultados se hicieron trabajo en terreno para hacer una conexión entre la información recopilada y levantada frente al territorio.

En cuarto lugar, la información espacial se trabaja a diferentes escalas y al procesar la información se puede perder ciertos valores específicos.

Figura 8: Esquema metodológico



Fuente: *Elaboración propia.*

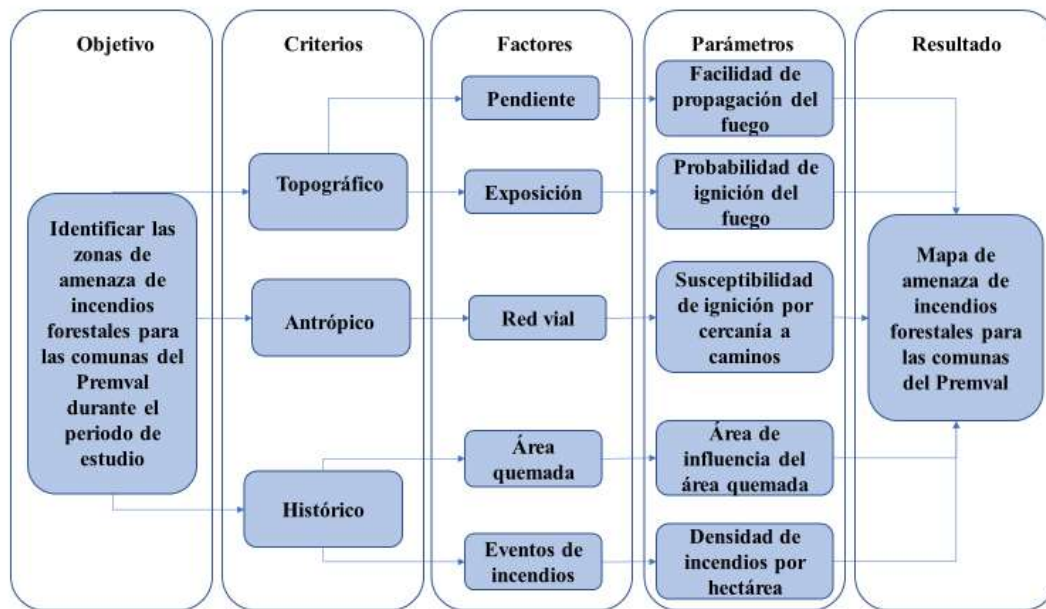
3.6. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE AMENAZA

Las amenazas representan escenarios medioambientales donde existe peligro y el ser humano no puede controlar. Una evaluación de la amenaza contempla la calificación y categorización de factores o subvariables que influyen en mayor o menor medida en la probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal (Umaña, 2017).

Para la identificación y caracterización de los factores a evaluar para determinar las zonas de amenazas de incendios forestales en el área de estudio, se realizó una revisión bibliográfica enfocada en la descripción de estos factores físicos-naturales que condicionan y desencadenan los incendios forestales. En la **Figura 9** se observa el resumen de la evaluación de la variable de amenaza y sus componentes, los criterios que de los que se desprenden los factores o subvariables.

Bajo un criterio topográfico se desglosa en la subvariable de pendiente y exposición solar, un criterio antrópico que contempla la red vial que conecta el área de estudio. También un criterio histórico, coincidiendo en la experiencia del territorio con los incendios forestales, así se evalúa el factor de área quemada y eventos de incendios.

Figura 9: Resumen variable de amenaza y método empleado



Fuente: *Elaboración propia.*

3.6.1. Pendiente

En los estudios de incendios forestales a menudo consideran la pendiente como variable en los modelos como factor de riesgo (González-Calvo *et al.*, 2007). Debido que a medida que aumenta la pendiente, también aumenta la facilidad de propagación del fuego (Todd 1970 en Abarca Quiroz, 2005).

La pendiente corresponde al factor topográfico más influyente en el comportamiento del fuego, ejerciendo influencia en las formas de transmisión de la energía, dado que en las zonas altas pendientes la convección y la radiación son más eficientes. Además, tiene una gran influencia al favorecer la continuidad horizontal y vertical de los combustibles, sus efectos son comparables con los producidos por los vientos, la pendiente hace que la propagación sea 20 veces mayor (CEIS, 2015).

El mayor efecto de la pendiente se produce cuando ésta es abrupta y el fuego asciende por ella. La columna de convección se acerca y es factible con un contacto directo entre llamas y el material combustible, acelerando el secado del material y su precalentamiento por medio de la radiación y convección. A su vez cuando el fuego avanza pendiente abajo, su velocidad disminuye, sin embargo, existe la posibilidad de rodamiento de materiales en combustión pudiendo generar nuevos focos (Ramos Rodríguez, 2010).

Mediante un Modelo Digital de Elevación (MDE) del sensor remoto ALOS con curvas de nivel cada 12,5 metros, se obtuvo los valores de Pendiente y Exposición Solar para toda el área de estudio. Estos valores fueron trabajados en porcentaje (%) para ambos.

En la **Tabla 13** se encuentran los rangos de valores que son considerados para la reclasificación de la pendiente en porcentaje, las pendientes bajas que contemplan las

planicies y hasta un 30% de elevación son consideradas bajas, luego entre 30% y 60% media y sobre 60% considerada alta, debido al nivel de insolación que recibe el suelo y la facilidad de propagación de las corrientes de aire, como lo ilustrado en **Anexo 2**.

Tabla 13: Facilidad de propagación de incendios forestales.

Facilidad de propagación Incendios Forestales	
Pendientes (%)	Rangos
0-30	Baja
30-60	Media
más de 60	Alta

Fuente: *Ubilla-Bravo et al, 2013 en base a Abarca Quiroz, 2005*

3.6.2. Exposición

La exposición o posición de laderas de las montañas respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares, tiene un efecto importante sobre la temperatura y humedad relativa. Las laderas de solana tienen mayor temperatura y la vegetación asociada tiene menor contenido de agua, por lo tanto, más combustible. Por otra parte, las laderas de umbría tienen menos temperatura y su vegetación más humedad (CEIS, 2015).

La configuración o relieve condiciona el clima, especialmente por la formación de microclimas, y tiene gran influencia en los regímenes de viento que van a incidir en la dirección y velocidad de propagación del fuego (CEIS, 2015).

Las laderas con exposición norte poseen material combustible y aire con una alta temperatura, debido a la recepción directa de los rayos del sol en relación con otras exposiciones. En consecuencia, de una disminución de la humedad relativa y menor cantidad de agua en el suelo el combustible tiene una menor tasa de crecimiento. Por otro lado, las laderas que tienen una orientación indirecta del sol presentan material combustible de forma más abundante con un contenido de humedad más alto, sin embargo, en periodos de sequía esta biomasa puede producir incendios con un comportamiento de gran magnitud (Ramos Rodríguez, 2010).

La exposición solar se debe entender la relación entre la orientación de las vertientes, el contenido de humedad de las vertientes y el nivel de insolación, entonces las zonas con mayor probabilidad de ignición coinciden con las exposiciones de solana y plano, luego con media probabilidad semi-solana y semi-umbría y finalmente con baja la umbría. (Abarca & Quiroz, 2005).

Según lo trabajado en Abarca & Quiroz (2005) y Ubilla-Bravo *et al* (2013) se consideró que una exposición de solana y plano presentan una alta probabilidad de ignición, semi-solana y semi-umbría una media y umbría baja. En la **Tabla 14** se puede apreciar los rangos y valores de la exposición trabajados en grados (°).

Tabla 14: Probabilidad de ignición de incendios forestales por exposición solar.

Probabilidad de ignición Incendios Forestales	
Exposición (°)	Rangos
Plano (<0°)	Alta
Solana (270° a 45°)	Alta
Semi-solana (225° a 270°)	Media
Semi-umbria (45° a 90°)	Media
Umbría (90° a 225°)	Baja

Fuente: *Ubilla-Bravo et al, 2013 en base a Abarca Quiroz, 2005.*

3.6.3. Red vial

Los caminos contribuyen a facilitar el proceso de movilidad de la población entre las zonas urbanas y periurbanas y también favorece el crecimiento de áreas residenciales en las zonas forestales, tanto para uso creativo, como una segunda residencia, como para la vivienda habitual permitiendo el contacto entre áreas urbanas y forestales dotando de nuevos escenarios de riesgo y vulnerabilidad en zonas de interfaz urbano-forestal (del Hoyo, Martín & Vega, 2008).

Para Martínez, Chuvieco & Martín (2004), la actividad humana es un factor primordial en la ignición de incendios forestales, denominando “riesgo humano de ignición” a la probabilidad de ocurrencia de incendio como consecuencia de la presencia y actividad, directa o indirecta del ser humano. Así se llegó a la conclusión en su estudio que la presencia y densidad de carreteras y vías de ferrocarril muestran relación significativa con los incendios.

Los caminos son contemplados como un factor de amenaza bajo la premisa de que su cercanía y conexión dentro de zonas forestales mediante caminos pavimentados, no pavimentados, huellas y senderos los cuales permiten la presencia y flujo antrópico por estas zonas. Entendiendo que el ser humano es el principal causante de la ignición del fuego y su paso tiene una consecuencia espacial en relación con zonas menos intervenidas y con difícil acceso. Por ende, los caminos más transitados y de fácil acceso generan un área de influencia mayor para la amenaza en comparación de las zonas más aisladas con acceso restringido.

En estudios sobre incendios la distancia a vialidades se vincula estrechamente con actividades agrícolas, turismo y actividad forestal (Vilchis-Francés *et al.*, 2015). En el área de estudio se desarrollan múltiples actividades agrícolas y ganaderas en la interfaz urbano-forestal, destacando la actividad vitivinícola en el valle de Casablanca, la Reserva Nacional Forestal Lago Peñuelas en Valparaíso y el Jardín Botánico en Viña del mar, entre otros.

En la **Tabla 15** se aprecia los criterios de reclasificación de los principales caminos del AMV, donde se diferencia el tipo de carpeta en autopista, camino pavimentado 1-2 o + vías, sendero o huella. Los rangos de amenaza quedaron definidos por el área de

influencia de cada tipo de carpeta según lo trabajado por Ubilla-Bravo *et al* (2013) en el estudio de riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales en los principales asentamientos humanos de la Región Metropolitana.

Tabla 15: Probabilidad de ignición incendios forestales según cercanía a caminos.

Probabilidad de Ignición Incendios Forestales			
Tipo de carpeta según cercanía			Rangos
Autopista	Camino pavimentado 1-2 o + vías	Sendero o Huella	
<100 metros	<40 metros	<40 metros	Alta
> 100 metros y 150 metros	>40 metros y < 80 metros	>40 metros y < 80 metros	Media
>150 metros	>80 metros	>80 metros	Baja

Fuente: Ubilla-Bravo *et al* (2013).

3.6.4. Área quemada

Generalmente se utilizan índices meteorológicos como alternativa a la medición directa de las condiciones hídricas de la vegetación. En el caso del presente estudio se consideran las áreas ya consumidas por el fuego durante el periodo de estudio, donde el suelo desnudo altera notablemente la información proporcionada por las cubiertas vegetales (Martin & Chuvieco, 2001).

En Chile la superficie forestal quemada en la zona centro-sur ha aumentado un 70% durante la mega sequía, extendiendo la temporada de incendios durante todo el año y también han aumentado los eventos de incendios de gran magnitud (sobre las 200 hectáreas) (CR², 2015).

En los estudios de incendios forestales, generalmente para abordar el área quemada se hace a través de la clasificación de una imagen satélite (Landsat-ETM+, Aster o similares), mediante el empleo del cociente normalizado del área quemada (NBR), es un procedimiento sencillo y ha mostrado ser la medida de mayor fiabilidad en la determinación de la superficie recorrida por el fuego y realizando comparaciones con imágenes satelitales pre y post-incendio. (Navarro Cerrillo *et al.*, 2015).

En cuanto al uso de MODIS Burnedarea, el algoritmo que usa aprovecha los cambios espectrales, temporales y estructurales de la vegetación, detectando la fecha aproximada de la quema en 500 metros, mediante la localización de los cambios rápidos en los datos diarios de series temporales de reflectancia de superficie. (MODIS, s/f).

En la **Tabla 16** se puede apreciar la reclasificación para el área quemada y su área de influencia, se definió que el rango de Alta amenaza corresponde a la situación que afecta a una misma área quemada en diferentes años relacionando así la reiteración del fenómeno con la intencionalidad (Araque Jiménez *et al.*, 1999). Los valores Medios de

amenaza quedaron condicionados por un área de influencia de 100 metros y los Bajos a más de 100 metros.

Tabla 16: Reclasificación área quemada.

Reclasificación Área Quemada	
Categorías	Rangos
Área quemada	Alta
a 500 metros	Media
> de 500 metros	Baja

Fuente: *Elaboración propia.*

3.6.5. Eventos históricos de incendios

Los incendios forestales pueden ser representados espacialmente con puntos que requieren un par de coordenadas para su localización y estudiarse a través del análisis de los patrones espacial de puntos. La densidad que es una propiedad espacial de primer orden que mide la distribución de puntos usando la cantidad de puntos por unidad de superficie (Muñoz-Robles & Santana-Arias, 2018). Generalmente se puede calificar la ocurrencia de incendios forestales por la cantidad de incendios que se producen en una zona determinada y en un periodo de tiempo definido, permitiendo la caracterización de la magnitud de la amenaza en un área específica (Pérez, 1997).

En cuanto a la frecuencia de incendios, existen diversas formas de evaluar, entre ellas el análisis espacial, visualizando la dispersión de estos en un área de estudio. También el análisis cronológico, estudiando el comportamiento a través del tiempo y por último la densidad de incendios, determinando la cantidad de eventos por unidad de superficie y por unidad de tiempo (Poulain Zapata, 2005). El análisis de la frecuencia resulta relevante ya que los incendios repetidos que se producen con escaso tiempo intermedio producen un mayor daño y presentan dificultades en la extinción (Landsberg, 1997 en Poulain Zapata, 2005).

Para efecto del presente estudio la información sobre focos de incendio se trabajó como densidad y así expresar espacialmente su influencia en el área de estudio. Se utilizó como la estimación de la densidad de Kernel como método estadístico no paramétrico para estimar las densidades de probabilidad (Koutsias, Balatsos & Kalabokidis, 2014).

Como se propone en el estudio de la Riva Fernández & Cabell (2005), se utilizó el método Kernel para la estimación de la densidad, mediante la transformación de datos puntuales en una superficie continua ráster expresadas por valores de N° de incendios por hectárea, expresando la información puntual no como una localización exacta, sino como una expresión de un cierto grado de incertidumbre.

Para comprender y determinar las zonas de amenazas de incendios forestales, es imprescindible el análisis temporal y espacial de los eventos ocurridos. Es por ello se

presenta la **Tabla 17** donde se muestra los valores reclasificados de la densidad de Kernel previamente interpolada.

Tabla 17: Reclasificación densidad kernel.

Reclasificación densidad de incendios forestales	
Densidad Kernel incendio*km2	Rangos
3 o más	Alta
1 a 3	Media
0 a 1	Baja

Fuente: *Elaboración propia.*

Luego de reclasificar todos los factores o subvariables según las condiciones específicas para cada uno en Rangos de Alta, Media y Baja amenaza se procede a realizar los juicios de valores mediante la comparación de pares de Saaty. Ya con los valores AHP para las subvariables mediante la herramienta “Calculadora Ráster” se multiplican los valores según la siguiente fórmula:

Ecuación para generar la carta de amenaza de incendios forestales

$$P = (F_1 \times w) \times (F_2 \times w) \times (F_3 \times w) \times (F_4 \times w) \times (F_5 \times w)$$

Donde:

P = Valores finales que representan el grado de amenaza

F = Cada uno de los cinco factores, expresado en puntajes de 1 y 3 según rangos

w = Ponderación o peso originado de la matriz de Saaty, expresados en valores de 0 a 1

Finalmente, con el ráster final se realizó la última reclasificación con el método “Natural Breaks” de Arcgis el cual muestra los valores finales en la carta de amenaza.

3.7. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es multifactorial y corresponde al producto de la interacción de factores físicos, sociales, económicos y ambientales (UN-ISDR, 2004). Los factores físicos o de exposición, tienen una connotación material y se relacionan con la ubicación, densidad de habitantes y el entorno construido.

En tanto los sociales guardan relación con el grado de bienestar de las personas, como individuo y en sociedad, para lo económico los factores serán relacionados con la pobreza y la situación económica de cada persona, estableciendo la capacidad de afrontar un

desastre. Por último, los ambientales y su estrecha relación con el grado de agotamiento de los recursos naturales y el estado de degradación, exponiendo la vulnerabilidad de la población. (Lagos, Hidalgo & Arenas, 2010).

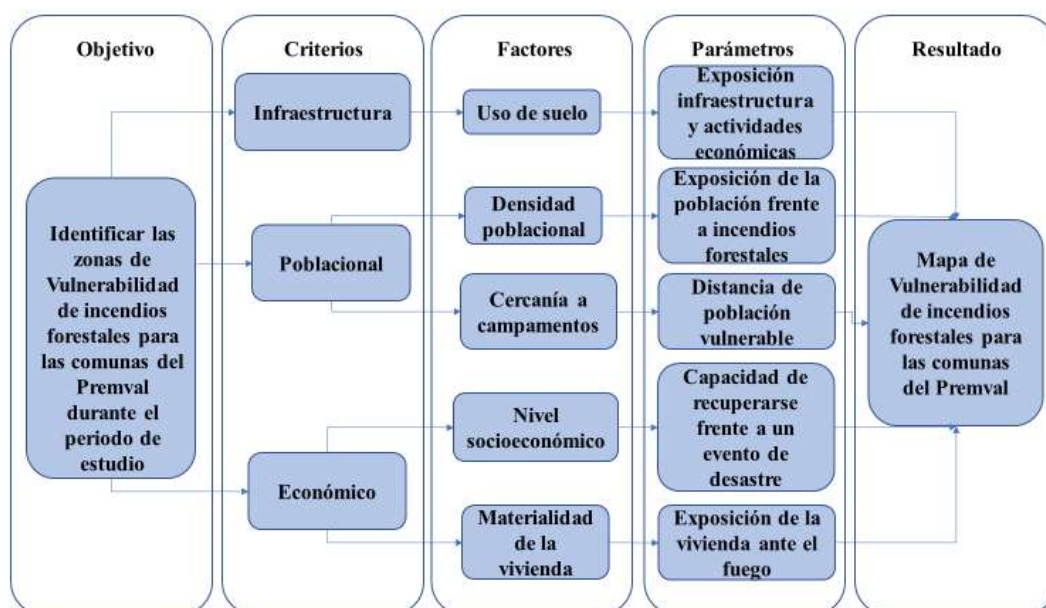
Algunas experiencias sobre el estudio de la vulnerabilidad frente a eventos de incendios forestales contemplan variables de tipo social en cuanto a la valoración de daños a las viviendas y la salud de las personas, además de encuestas de percepción en áreas de interfaz urbano-forestal, como elemento complementario al análisis de un modelo de vulnerabilidad (Castillo, Quintanilla & Julio, 2009).

Para planificar un territorio bajo una óptica riesgo-sustentable, se deben conocer los peligros naturales del lugar y las condiciones de vulnerabilidad de los asentamientos humanos existentes o potenciales. (Lagos, Hidalgo & Arenas, 2010).

El componente humano es difícil de modelar, principalmente a la dificultad de cuantificar y espacializar determinadas particularidades del comportamiento humano. Sin embargo, se pueden realizar aproximaciones a través del análisis de ciertas variables o indicadores que permitan representar factores de tipo socioeconómico que pueden influenciar en la ocurrencia de incendios y hacer más vulnerables algunos territorios frente a otros. Dentro de estos elementos se encuentran el cambio en el uso del suelo, cambios demográficos, actividades recreativas, urbanización entre otros (del Hoyo, del Pilar Martín & Vega, 2008).

Para determinar los factores que compondrán la vulnerabilidad en el estudio y evaluación de riesgo de incendios forestales, se realizó una revisión bibliográfica de elementos como uso de suelo, densidad poblacional, cercanía a campamentos, nivel socioeconómico y materialidad de la vivienda como se aprecia en la **Figura 10**.

Figura 10: Resumen variable de vulnerabilidad y método empleado



Fuente: *Elaboración propia.*

3.7.1. Uso de suelo

Dentro de los estudios llevados a cabo por CONAF a cerca del grado de afectación y severidad de los incendios forestales en Chile, se considera importante abordar el factor del uso de suelo y lo hacen mediante Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile¹⁵ de CONAF, que incluyen cifras de bosques nativos, de acuerdo con la definición legal de bosque (Ley 20.283).

La ocurrencia de un incendio y su propagación no solo dependen de aspectos climatológicos, y de las fuentes de ignición, sino también de la distribución del paisaje, la concentración de material combustible y su inflamabilidad. Por lo que los cambios de uso de suelo modifican a la vez el tipo y la estructura de la vegetación o potencial combustible, alterando el régimen de incendios (González *et al.*, 2020).

Para efectos del estudio, el uso de suelo es obtenido mediante el producto MCD12Q1 de MODIS obtenido desde *Google Earth Engine*, el cual contiene tipos de cobertura terrestre en una escala temporal anual y una resolución de 500 metros. Se cuenta con esta información entre los años 2001-2016 y se utilizó la clasificación de la Capa de uso del suelo FAO-LCCS2 con los valores y descripción presentes en la **Tabla 18**.

Tabla 18: Clasificación de uso de suelo FAO-LCCS2 MODIS.

Valor	Descripción
1	Árido: al menos del área 60% es árido sin vegetación (arena, roca, suelo) o nieve / hielo permanente con menos de 10% de vegetación.
3	Cuerpos de agua: al menos el 60% del área está cubierta por cuerpos de agua permanentes.
9	Tierras urbanas y urbanizadas: al menos el 30% del área está formada por superficies impermeables, que incluyen materiales de construcción, asfalto y vehículos.
10	Bosques densos: cobertura arbórea > 60% (dosel > 2m).
20	Bosques abiertos: cubierta de árboles 10-60% (dosel > 2m).
30	Herbáceas naturales: dominadas por plantas herbáceas anuales (<2m). Al menos 10% de cobertura.
36	Tierras de cultivo herbáceas: dominadas por plantas anuales herbáceas (<2 m). Al menos 60% de cobertura. Fracción cultivada > 60%.
40	Arbustos: cobertura arbustiva > 60% (1-2m).

Fuente: *Google Earth Engine.*

Luego de identificar los distintos usos de suelo dentro del área de estudio (**Ver Figura 18**) se determinaron las distintas categorías para la reclasificación de la capa de Uso de suelo, donde en un alto rango se consideró las categorías donde existe presencia humana, ya sea habitación, circulación y otro, además de las actividades productivas como lo es la

¹⁵ En su actualización de los años 2013 y 2017.

agricultura. En cuanto a bosques densos, abiertos y arbustos se le asignó el rango de Media vulnerabilidad y el resto de las categorías Baja.

Tabla 19: Reclasificación uso de suelo

Reclasificación Uso de suelo	
Categorías	Rangos
Tierras de cultivo herbácea- Tierras urbanas y urbanizadas	Alta
Bosques densos- Bosques abiertos- Arbustos	Media
Árido-Cuerpos de Agua-Herbáceas naturales	Baja

Fuente: *Elaboración propia.*

3.7.2. Densidad de la población

Los desastres relacionados con incendios suceden por las características de la población, debido al crecimiento demográfico, también por elementos propios de la habitabilidad de los asentamientos (I. Municipalidad de Valparaíso, 2018). En este sentido los desastres, de cualquier tipo, han sido un producto del crecimiento poblacional, de las tendencias en la ocupación del territorio (García, 2005 en I. Municipalidad de Valparaíso, 2018).

Desde hace tiempo investigadores de diversas disciplinas¹⁶ estudian la densidad de la población urbana y su distribución geográfica, tomando interés por la idea de “ciudades sustentables” como objetivo de la planificación urbana. La densidad es el indicador por excelencia de la intensidad de ocupación del suelo, debido a la sencillez de su construcción y a la disponibilidad de datos de las variables que intervienen (Escolano, 2002).

Calcular la densidad de la población implica evaluar de manera cuantitativa el patrimonio humano expuesto a la amenaza, se utilizó el método de los filtros de Kernel, el cual consiste en localizar de forma detallada a la población a una escala de “manzanas” codificadas por el INE 2017 para luego generar mediante un fórmula simple, la densidad poblacional por hectárea (Sarricolea, 2004).

Una de las limitaciones con las que cuenta el cálculo de la densidad es que los resultados dependen del tamaño y forma de las unidades geográficas, es decir responderán a los límites urbanos y/o administrativos de forma arbitraria hasta cierto punto donde las unidades más pequeñas tienen densidades más elevadas (Escolano, 2002).

La base de datos censal contiene manzanas “sin información”, es decir, manzanas sin representación en la base de datos del censo, debido, entre otras razones, a la ausencia de población o viviendas, presencia de áreas verdes, sitios eriazos, áreas industriales, entre

¹⁶ Geógrafos, urbanistas, sociólogos, economistas y ecólogos.

otras (INE, 2018). Es por ello que estas manzanas y las manzanas que se encuentren “indeterminadas” en la base de datos debido al secreto estadístico¹⁷

Para efectos de esta metodología se utilizó un píxel de 155 así la información representada no se pierde en relación al tamaño de las manzanas donde viene contenida la información.

Figura 11: Fórmula densidad poblacional por manzana

$$DPM = \frac{\text{Población total por manzana}}{\text{Superficie en hectáreas por manzana}}$$

Fuente: INE, 2017.

A partir de esta relación, se consideran en la fórmula, como habitantes a la cantidad de personas efectivamente censadas en el territorio (INE. 2017). Además, para los valores de reclasificación de la densidad se consideraron los propuestos dentro del Censo 2017 (*Ver Tabla 20*).

Tabla 20: Reclasificación de la densidad poblacional.

Densidad poblacional por manzanas (persona censada por hectárea)	Rangos
301 y más	Alta
101 a 300	Media
0 a 100	Baja

Fuente: *Elaboración propia a partir de INE, 2017.*

3.7.3. Nivel socioeconómico

Esta dimensión de la vulnerabilidad parte desde la base de que los efectos de los desastres no son homogéneos, las pérdidas no tienen una distribución al azar, más bien responden a la presencia de condiciones de desigualdad social y económica (Campos-Vargas, Toscana-Apacio & Campos-Alanís, 2015).

Para entender este factor de vulnerabilidad desde un punto de vista económico, se debe relacionar directamente con la pobreza, entre mayor sea la pobreza de las poblaciones mayor es el riesgo de desastre, debido a la carencia de dinero y su mal uso de los recursos económicos por parte de la población. En contextos de desigualdad social y económica y amplios sectores con nivel altos de pobreza, los efectos de los fenómenos naturales se magnifican (Campos-Vargas, Toscana-Apacio & Campos-Alanís, 2015).

La diferencia en los ingresos para cada grupo socioeconómico puede ser entendida como un factor determinante en la configuración de vulnerabilidades (Vásquez & Salgado,

¹⁷ La entrega de la base de datos de la información censal, recopilada y procesada debe realizarse de tal forma que los denominados "datos estadísticos", tengan la cualidad esencial de ser innominados e indeterminados, para que a partir de ellos no sea posible identificar la fuente de la información y procurar resguardar debidamente el secreto estadístico contemplado en la ley.

2009). En este sentido el comportamiento de las personas en situación de pobreza ante eventos de desastre es diferente en relación con personas de mayores ingresos, su aversión al riesgo es mayor en términos económicos pues carecen de ahorros o bienes, sin embargo, arriesgan más en términos espaciales (Pantoja, 2002 en Fay, Ghesquiere & Solo, 2003).

Como antecedente, en un contexto de evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo por Bohórquez (2013). Evidencia que las situaciones de vulnerabilidad se generan en un escenario donde interactúan las condiciones socioeconómicas y elementos no estructurales como la localización, educación y la cultura.

Para efectos del presente estudio el factor y/o subvariable de vulnerabilidad económica será evaluado mediante el Nivel socioeconómico de la población con los datos otorgados por el Censo 2012¹⁸ a una escala de manzanas, estos segmentos ayudan a diferenciar el nivel de vida de las personas por tramos cuantificables, utilizando como base el ingreso familiar, sus bienes, nivel educacional mediante la encuesta CASEN del Ministerio de Desarrollo Social y Familia. En la **Tabla 21** se muestran los tramos de NSE reclasificados en función de la vulnerabilidad económica frente a incendios forestales, siendo los segmentos D y E los más vulnerables frente a la materialización del desastre.

Tabla 21: Reclasificación nivel socioeconómico.

Reclasificación NSE	
Nivel socioeconómico	Rangos
D-E	Alta
C2-C3	Media
AB - C1	Baja

Fuente: *Elaboración propia.*

3.7.4. Materialidad de la vivienda

La vulnerabilidad socioeconómica se manifiesta en parte en los bienes que las personas poseen y su exposición a situaciones de riesgo, en este sentido las viviendas pueden verse afectadas de diversas formas por efectos posteriores a los incendios, como la erosión, escorrentía por precipitación, exposición al humo, colapso de servicios básicos y la pérdida de total de una vivienda por el alcance directo del fuego (Caballero, 2011).

Los efectos de los desastres pueden variar según una mayor capacidad de acceso a bienes y servicios para disponer de forma individual o colectiva de infraestructuras apropiadas para prevenir y protegerse (Vásquez & Salgado, 2009).

Las viviendas y otras estructuras están expuestas frente a la intensidad y comportamiento del fuego de los incendios forestales, debido a que afecta a éstas desde el exterior, la

¹⁸ Datos referenciales por dudas en la veracidad del CENSO 2012.

presencia de ascuas puede activar la combustión en biomasa muerta acumulada en los techos o alrededor de las viviendas (Caballero, 2011).

En áreas de interfaz urbano-forestal no siempre se dispone de un suministro de agua que, de abasto para combatir un incendio, además los servicios de extinción aplican técnicas e insumos muy diferentes a los incendios estructurales, esto hace muy difícil la defensa de cada una de las estructuras amenazadas, es por ello que los planes de autoprotección cobran relevancia en estas áreas donde existe una distribución dispersa de las viviendas (Caballero 2001).

Para efectos de la evaluación de vulnerabilidad, el factor de materialidad de la vivienda fue evaluado según las consideraciones del CENSO del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile donde las viviendas se categorizan según el Índice de Materialidad (IM) el cual se divide en: **Aceptable, Recuperable e Irrecuperable (Ver Tabla 22).**

Tabla 22: Definición de categorías del índice de materialidad.

Definición de categorías según material predominante en:		
Dimensión	Indicador	Categorías
Muros	De acero u hormigón armado; Albañilería de ladrillo, bloques de cemento o piedra; Tabique forrado por ambas caras (madera u otro)	Aceptable
	Adobe; Tabique sin forro interior (madera u otro); Barro, quincha, pirca u otro artesanal tradicional	Recuperable
	Material de desechos y/o reciclaje (cartón, lata, sacos, plásticos) y Otros materiales	Irrecuperable
Techo	Tejas; Tejuela, Losa de hormigón con cielo interior; zinc o pizarreño con cielo interior; zinc, pizarreño, teja, tejuela o madera sin cielo interior;	Aceptable
	Fonolita; Paja, coirón, totora o caña.	Recuperable
	Material de desechos y/o reciclaje (plásticos, latas, etc.)	Irrecuperable
Piso	Radier revestido (parquet, cerámica, tabla, linóleo, flexit, baldosa, alfombra, etc.); tabla o parquet sobre soleras o vigas	Aceptable
	Radier no revestido, madera, plásticos o pastelones directamente sobre tierra	Recuperable
	Piso de tierra	Irrecuperable

Fuente: *Elaboración propia a partir de INE, 2017.*

Con las categorías Aceptable, Recuperable e Irrecuperable del Índice de Materialidad del CENSO se procedió a reclasificar las categorías media, alta y muy alta considerando que

tota vivienda es propensa a daños, sin embargo, los valores para cada rango se mantendrán en 1, 2 y 3 en función del análisis multicriterio.

Tabla 23: Reclasificación del índice de materialidad.

Índice de materialidad		Rangos
Aceptable	Materialidad en muros, piso y techo aceptable	Media
Recuperable	Muro recuperable, y un indicador aceptable, sea piso o techo	Alta
	Más de un indicador recuperable y ningún indicador irrecuperable	Alta
Irrecuperable	Al menos un indicador irrecuperable (muro, piso o techo)	Muy Alta

Fuente: *Elaboración propia a partir de INE 2017.*

3.7.5. Cercanía a campamentos

Los campamentos constituyen asentamientos poblacionales informales en donde se instalan los sectores más empobrecidos de las ciudades latinoamericanas. Las familias que viven en campamentos lo hacen en espacios de alto riesgo, al exponerse frente amenazas naturales y/o antrópicas, además por presentar vulnerabilidad en sus distintos componentes económicos, físicos, sociales y ambientales.

Los fenómenos climáticos agudizan la precariedad de las infraestructuras y conexiones autoconstruidas como los campamentos (Salazar, Martín & De Armas-Pedraza, 2017).

Dentro de las problemáticas que caracterizan a los campamentos en el área de estudio se encuentra el asentamiento de estos en lugares próximos a quebradas, donde hay mala accesibilidad y conectividad, careciendo de vías de acceso y/o transporte para las actividades de prevención y control en las quebradas, como la limpieza y remoción de material vegetal combustible (Alcántara-Díaz, 2019)

En referencia a la vulnerabilidad, los pobladores de campamentos perciben su condición al evidenciar su desconexión de las redes de apoyo y emergencia, viéndose imposibilitados de tomar acciones rápidas al momento de prevenir eventos de desastre, en el caso de los campamentos del área de estudio, los continuos focos de incendios forestales en las cercanías de los campamentos (Salazar, Martín & De Armas-Pedraza, 2017).

Tabla 24: Reclasificación cercanía a campamentos

Cercanía a campamentos	
Distancia en metros	Rangos
0 a 500	Alta
500 a 1.000	Media
1.000 y más	Baja

Fuente: *Elaboración propia.*

Luego de reclasificar todos los factores o subvariables según las condiciones específicas para cada uno en rangos de alta, media y baja vulnerabilidad se procede a realizar los juicios de valores mediante la comparación de pares de Saaty. Ya con los valores AHP para las subvariables mediante la herramienta “Calculadora ráster” se multiplican los valores según la siguiente fórmula:

Ecuación para generar la carta de vulnerabilidad de incendios forestales

$$P = (F_1 \times w) \times (F_2 \times w) \times (F_3 \times w) \times (F_4 \times w) \times (F_5 \times w)$$

Donde:

P = Valores finales que representan el grado de vulnerabilidad

F = Cada uno de los cinco factores, expresado en puntajes de 1 y 3 según umbrales

w = Ponderación o peso originado de la matriz de Saaty, expresados en valores de 0 a 1.

Finalmente, con el ráster final se realizó la última reclasificación con el método “Natural Breaks” de Arcgis el cual muestra los valores finales en la carta de vulnerabilidad.

3.8. ZONAS DE RIESGO EN INTERFAZ URBANO-FORESTAL

El mapeo de zonas de interfaz urbano-forestal se desarrolló en los Estados Unidos por la necesidad urgente de mejorar la evaluación de riesgos, un marco legal forestal avanzado y una alta disponibilidad de datos espaciales facilitaron la producción de mapas cartográficos a gran escala. Dentro de las técnicas implementadas para mapear las zonas de interfaz se encuentra la evaluación de la densidad urbana y la densidad de vegetación por km² (Modugno, Balzter & Borrelli, 2016).

En Chile no existe marco legal que defina un área de interfaz urbano-forestal para la gestión práctica del riesgo de incendios forestales y planificación del territorio. La interpretación y uso de las definiciones de Interfaz urbano-forestal se relacionan directamente con las particularidades del territorio, por lo tanto, la metodología de mapeo varía según el área de estudio, escala adoptada y disponibilidad de datos (Platt, 2011 en Modugno, Balzter & Borrelli, 2016).

En el país, las zonas que tienen mayor riesgo de incendios forestales son donde conviven los ecosistemas vegetales y las poblaciones humanas, Así la interfaz urbano-forestal abarca un 5% del territorio nacional, sin embargo, concentra un 80% de la población y alrededor de un 60% de los incendios que ocurren en el país (González *et al*, 2020).

La composición Urbano-rural de AMV ha mutado con el paso de los años observando entre 1960 y 1982 un descenso de la participación rural en el crecimiento demográfico con causas en los procesos de expansión urbana que abarca territorios rurales con sus orígenes en las conurbaciones, sumado a la demanda por suelos residenciales.

Existen antecedentes de eventos de desastre a partir de incendios forestales en zona de interfaz urbano-forestal para el área de estudio, en el año 1969 la población Gómez Carreño en Viña del mar fue arrasada por el fuego con más de 100 viviendas afectadas y una decena de víctimas fatales (Castillo, 2011).

Por otro lado, en la **Tabla 25** se disponen los marcos legales y delimitaciones de zonas de interfaz urbano-forestales de algunos países europeos que comparten un clima mediterráneo templado con Chile y el área de estudio. Las distancias de amortiguación para los diferentes países varían entre los 50 y 200 metros para las áreas urbanas y 100 a 400 metros alrededor de las cubiertas vegetales.

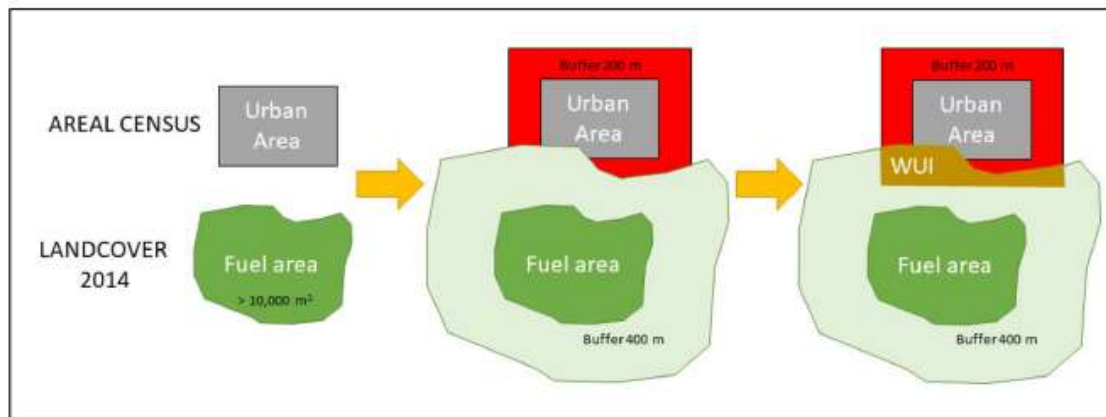
Tabla 25: Marcos legales con referencia a la definición espacial de las WUI

Países	WUI Distancias adoptadas	Ley de referencia
Francia	Asentamiento urbano de 100 m, 200 m alrededor de zonas de vegetación	Ley Forestal Francesa 9 / julio / 2002
Italia	Áreas urbanas de 50–200 m; 200 m – 400 m alrededor de áreas de vegetación, dependen de la región local.	Ley Marco sobre incendios forestales 2000/353 y planos regionales
Portugal	100 m de zonas urbanas; 200 m alrededor de áreas de vegetación, zona de prioridad de intervención.	Ley forestal nacional contra incendios forestales 30 de junio de 156/2004.
España	50–100 m alrededor de áreas urbanas; 100 m – 400 m alrededor de áreas de vegetación, dependen de la región local.	Ley de Montes 43/2003 y planos regionales.

Fuente: *Modugno, Balzter & Borrelli, 2016.*

La metodología de mapeo cambia según la región en estudio, la escala adoptada y la disponibilidad de datos (Platt, 2011). En la **Figura 12** se presenta de forma gráfica el proceso de identificación de la zona de interfaz urbano-forestal. Por un lado, el área urbana definido por el límite urbano más un área de influencia de 200 metros y por otro las áreas forestales más un área de influencia de 400 metros se superponen y el área de intersección define la zona de interfaz o WUI.

Figura 12: Representación gráfica del análisis SIG para generar el mapa WUI.



Fuente: Sarricolea et al., 2019 en base a Modugno, Balzter & Borrelli, 2016.

El procedimiento geoespacial que se realizó fue el siguiente:

En primer lugar, se realizó la selección de 12 polígonos con los límites urbanos propuestos para el CENSO 2017, abarcando un total de 10 ciudades y 2 pueblos, con un área total de 335.12 Kilómetros cuadrados. Representando el área urbana del área de estudio.

En segundo lugar, de la cobertura Land Cover Type 1: Annual International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) classification, se realizó la selección de los valores correspondientes a materiales combustibles (*Ver Anexo 3*) con un área total de 877 Kilómetros cuadrados. Representando al área combustible del área de estudio.

En tercer lugar, se realizó el procedimiento graficado en la **Figura 12**, donde al área urbana se le aplicó un buffer de 200 metros, al área combustible se le aplicó un buffer de 400 metros y luego de unir cada área de influencia con el polígono correspondiente, se realizó una intersección la cual representa a las zonas de interfaz urbano-forestal del área de estudio.

3.8.1. Comunidades preparadas

CONAF el año 2016 creó el proyecto “Comunidad preparada frente a los incendios forestales”, este proyecto tiene como objetivo la concientización a la comunidad sobre el riesgo de vivir en zona rural y/o de interfaz urbano-forestal, además de promover la responsabilidad individual y comunitaria en la prevención de incendios forestales. Este proyecto se materializó en dos documentos; “Manual de prevención de Incendios Forestales” y “Metodología elaboración de planes comunitarios”.

El primero muestra la manera de manejar el entorno y la vegetación alrededor de la vivienda para disminuir los potenciales impactos de los incendios forestales mediante y así disminuir la exposición de la población. A través de listas de chequeo se evalúan los elementos de seguridad que permitirían tener una “vivienda fortalecida” y las zonas aledañas a ella. Luego la organización y capacitación de la comunidad se materializa en un Consejo Comunitario de Prevención de Incendios Forestales que lo formarían distintos representantes de la comunidad sumado con personal de CONAF.

El segundo busca establecer una metodología a escala nacional para la implementación y elaboración de un Plan comunitario para la prevención de incendios forestales, promoviendo formas de organización asociativas que vincule a la comunidad y ésta sea capaz de investigar sus propios problemas, necesidades y recursos existentes, formular proyectos y actividades, además de la ejecución de estos proyectos entre comunidades e instituciones.

Este proyecto se desarrolla en varias regiones del país con la respectiva asesoría y seguimiento de la institución forestal y sin duda representa un insumo en materia de prevención y mitigación de incendios forestales, sin embargo, ninguna comunidad en la región de Valparaíso se encuentra desarrollando el proyecto. Por otro lado, es un claro ejemplo de transferencia del riesgo, donde la comunidad asume un rol protagónico en la disminución del riesgo en confrontación a un ordenamiento territorial que no contempla el riesgo como materia fundamental en su estructura.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la identificación de las zonas de amenazas y vulnerabilidad de incendios forestal para el Área Metropolitana de Valparaíso con la presentación de sus factores y/ subvariables en forma de Capas y la reclasificación de éstos en forma de Mapas. Además, se presentan las descripciones de las nuevas consideraciones territoriales resultantes de la nueva clasificación.

4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZA DE INCENDIOS FORESTALES

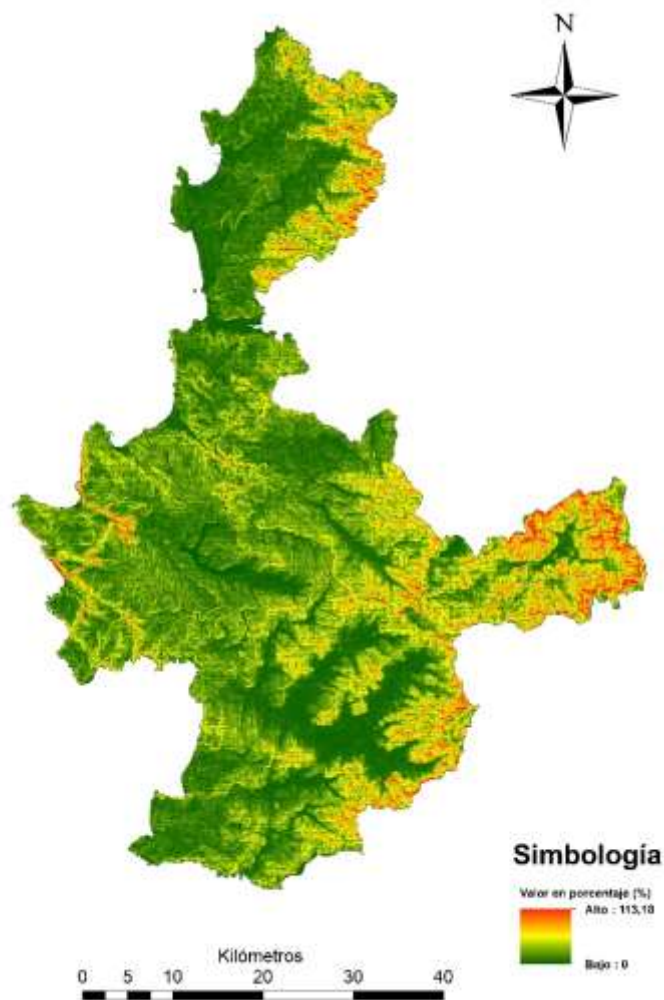
4.1.1. Subvariable pendiente

La susceptibilidad de propagación de incendios forestales se relaciona con la existencia de cordones montañosos con una continuidad de pendientes en cerros alrededor del área de estudio, de esta forma el sector de Lo Orozco y Colliguay en Quilpué, el sector noreste de Casablanca y hacia el norte el sector de Colmo y Pucalán, son los lugares donde más se da esta condición de continuidad de pendientes, además del sector de los cerros de Valparaíso donde se han desencadenado las mayores tragedias por eventos de incendios forestales desde hace mucho tiempo.

Existen zonas donde las altas pendientes conviven con el medio construido tanto al interior como cercano a los límites urbanos debido a los procesos de urbanización de la zona, que, al tratarse de un área metropolitana, la ciudad se proyecta en conurbaciones y desde la bahía a los cerros y manifestando que el crecimiento de la ciudad responde a una ocupación intensiva y extensiva del territorio.

Un elemento para considerar en las zonas de quebradas alrededor de las ciudades del área de estudio es la presencia de microbasurales y su condición de foco generador de incendios, debido a su presencia en diferentes y sectores de la comuna de Valparaíso, así lo considera el estudio técnico de la mesa de expertos del "Plan Maestro para la Gestión del Riesgo de Incendios de Valparaíso" (2018). Además de concluir que la presencia de microbasurales, más que ser un foco de inicio del suceso, representa un combustible de propagación del amago del incendio.

Figura 13: Pendiente (%) para el área de estudio



Fuente: *Elaboración propia.*

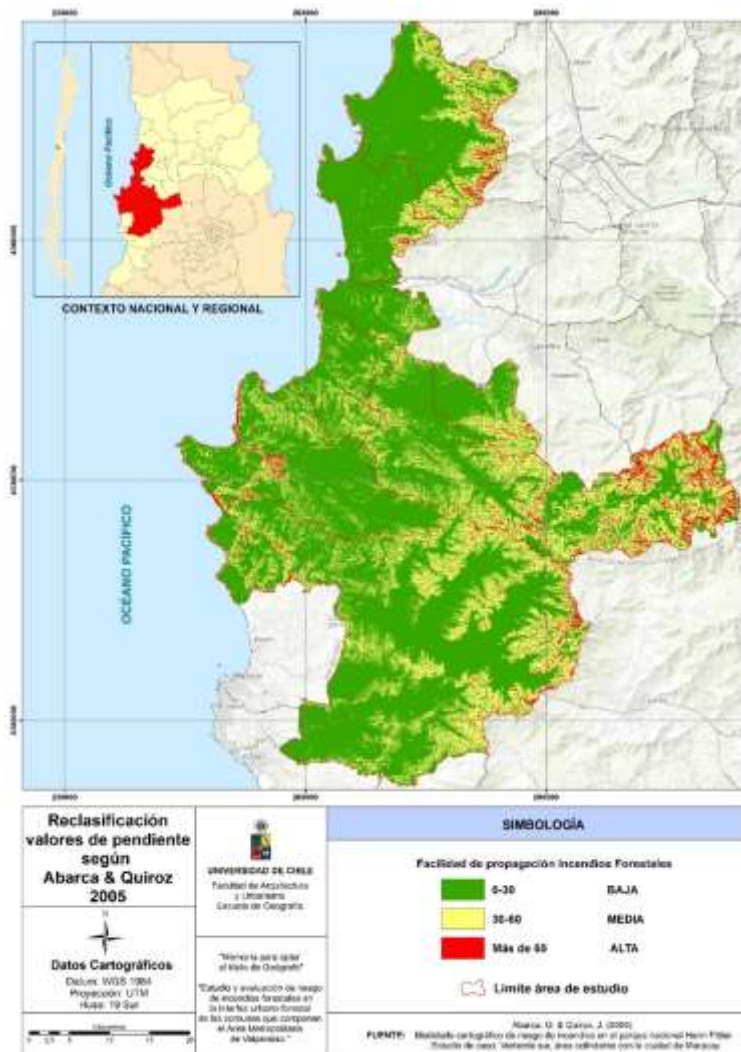
En el **Mapa 5** se puede ver que la mayor parte del territorio corresponde a valores bajos de amenaza de incendios forestales de norte a sur por la costa y los valles interiores de Casablanca, Quilpué y Villa Alemana. Concentrando los valores altos de amenaza hacia

el este del área de estudio, coincidiendo con la Cordillera de Costa, también en la accidentada geografía de los cerros de Viña del Mar y Valparaíso y sectores de cerros como el Mauco en Concón.

Cabe destacar la zona limítrofe entre las comunas de Quilpué y Villa Alemana con rangos de media y alta amenaza en las vías de acceso a las comunas por el camino de Lo Orozco F-50, además de la cuesta de Colliguay F-760 abarcando localidades rurales como el sector de Las Chacrillas, Martín Galán, Los Peumos, Las Canales, Colliguay y El Molino.

Sectores que cuentan con variadas ofertas de camping, cabañas y ranchos en temporadas de verano, cuenta con rutas y actividades recreativas ligadas al turismo rural, por lo que registra mayor circulación de turistas y veraneantes en temporadas estivales, además de la presencia de segundas viviendas.

Mapa 5: Reclasificación valores de pendiente.

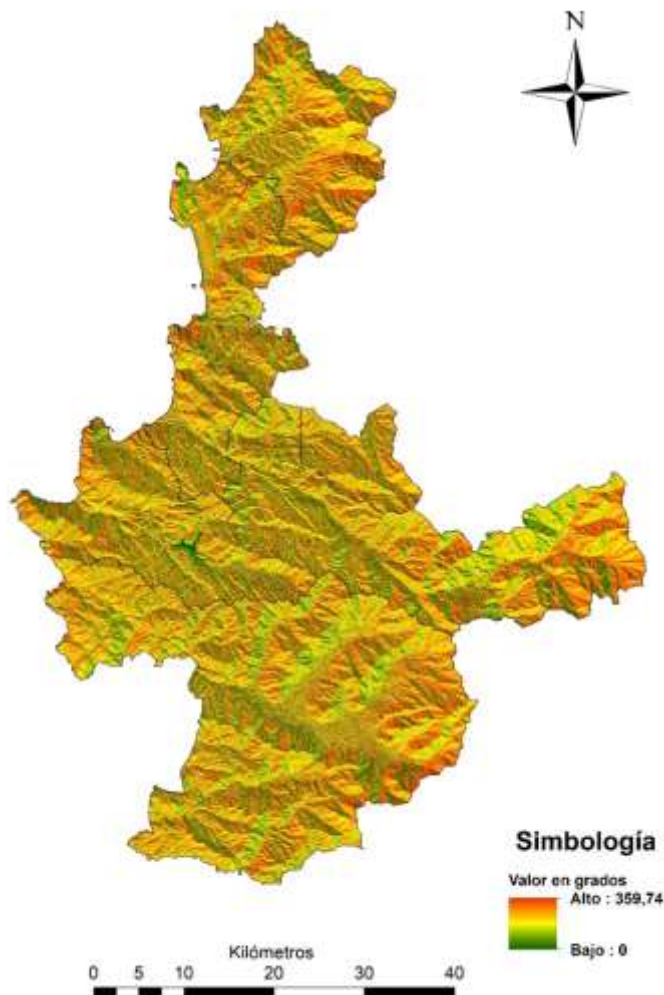


Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.2. Subvariable exposición solar

La relación entre incendios forestales y exposición solar se centra en la variación de solana y umbría y con ello el tipo de vegetación, la extensión de su cobertura, su densidad y la presencia de humedad en ellas. Es posible determinar, como lo muestra la **Figura 14**, la exposición de ladera más representativa corresponde a las laderas de solana. Éstas tienen la característica de presentar vegetación del tipo xerófito, con un contenido bajo de humedad relativa debido a las horas diarias de sol y radiación que reciben, lo que conlleva a un secado más rápido del material combustible como pastizales, matorrales arbustivos y suculentas.

Figura 14: Exposición solar área de estudio



Fuente: *Elaboración propia a partir de MDE.*

En la **Tabla 26** se muestra la proporción de los eventos de incendios forestales para cada rango de facilidad de propagación de incendio forestal según la reclasificación de la

exposición solar, así el rango de Alta facilidad concentra la mayor proporción de incendios con un 44,73%, seguido de una Media facilidad con el 43,23% y finalmente los sectores de Baja facilidad de propagación concentran solo el 11,98% de los eventos de incendios.

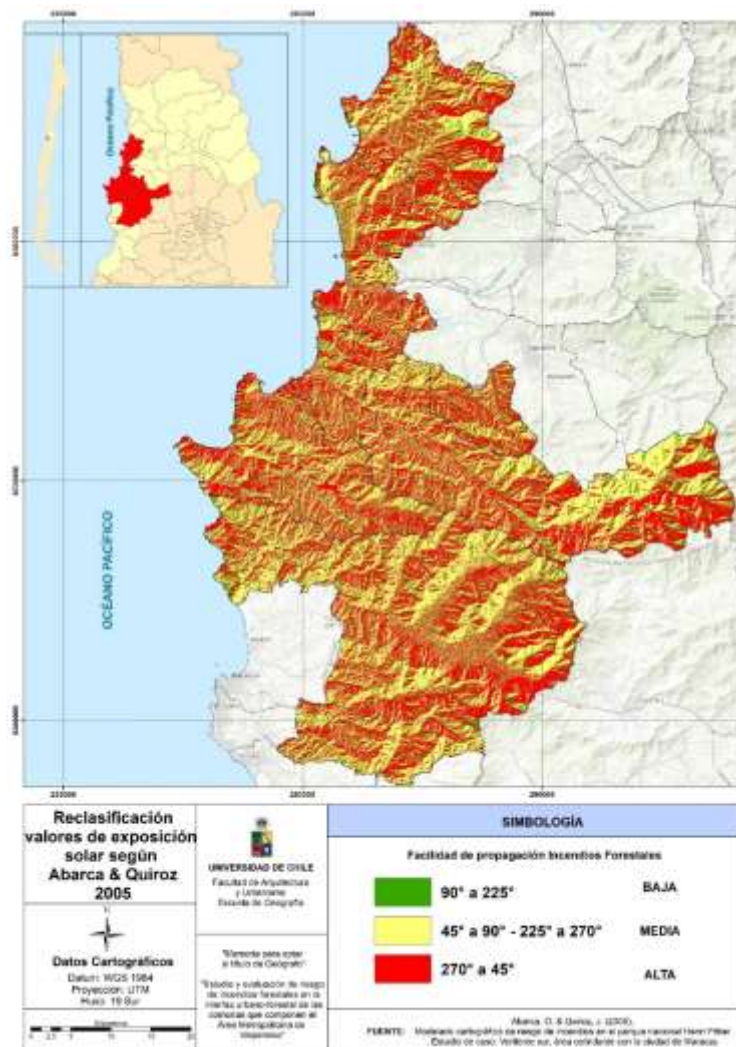
Es importante mencionar que la reclasificación de la exposición solar (*Ver Mapa 6*) se caracteriza por la predominancia de zonas de media facilidad de propagación, luego las zonas de alta facilidad y finalmente las zonas de baja facilidad de propagación. En este sentido se puede relacionar que la ignición de los eventos de incendios forestales para el periodo de 2000-2017 se desarrolló principalmente en zonas con exposición solar de solana (270° a 45°) y plano (0°), lo que confluye con zonas de alta facilidad de propagación de los incendios.

Tabla 26: Proporción de eventos de incendios según rango de reclasificación de amenaza para exposición solar.

Porcentaje de N° de incendios para cada rango	
Rangos	%
Alta	44,73
Media	43,29
Baja	11,98

Fuente: *Elaboración propia.*

Mapa 6: Reclasificación exposición solar



Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.3. Subvariable red vial

En el área de estudio la red vial presenta tres grandes subsistemas, red interregional, red interurbana y red céntrica de las comunas de Valparaíso y Viña del mar.

- **Red interregional:** Están los accesos provenientes del sur, utilizada principalmente por viajeros desde Santiago, ésta se constituye por tres vías, ruta 68 CH por Avenida Santos Ossa, la variante Agua Santa del Mar (F-66) y el camino La Playa, el cual permite ingresar desde la ruta 68 CH por Quilpué y Villa Alemana.

Desde el oriente el único acceso es el Camino Troncal (ruta 62 CH), el que conecta los sectores céntricos de Quilpué y Villa Alemana hasta Viña del Mar. Por el norte posee una única vía de acceso, la ruta F-30-E, conectando el sector de Quintero y

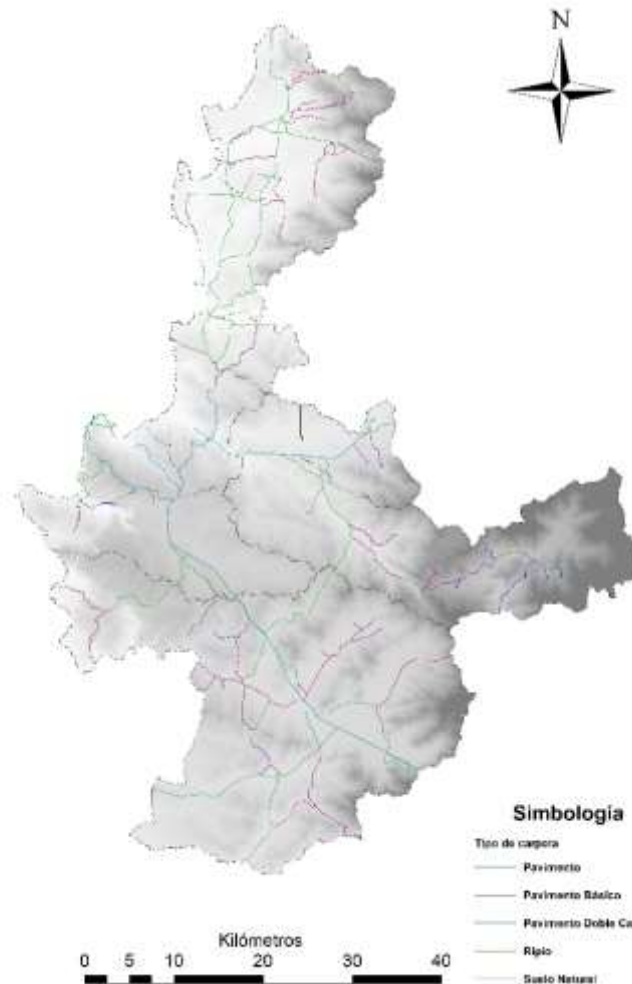
Puchuncaví con Concón. Finalmente, por el nororiente se cuenta con el acceso por la ruta 60 CH Valparaíso – Los Andes.

Este subsistema no presenta problemas al momento de satisfacer la demanda en un día normal, con los usuarios y residentes habituales, situación que se modifica en días de mayor actividad turística. Se destaca la vía variante de Las Palmas, la cual une los sectores de Rodelillo y El Salto, lo que mejora los servicios de la red.

- **Red Interurbana:** Corresponde a los corredores Viña Centro-Valparaíso y Villa Alemana-Viña del Mar y Concón-Viña del Mar interior. En estos el flujo predominante es el de paso. Estos corredores con algunas variantes son los que presentan el mayor número de servicio de locomoción colectiva, puesto que en su recorrido abarca varios centros habitacionales y poblaciones de la comuna de Viña del Mar que se localiza en los cerros. También son los más congestionados en horarios punta como las mañanas y las tardes en los sectores de Quilpué-Villa Alemana, Reñaca y Concón entendiéndose que son ciudades dormitorio.
- **Red Céntrica:** Esta red cuenta con capacidad global limitada y prácticamente acotada en su crecimiento. En cuanto a Valparaíso no existen problemas serios de capacidad, sino más bien de interferencias, lo que requiere ordenamiento de estas y mejoramiento de las intersecciones.

En la **Figura 15** se distingue la red vial utilizada para posterior reclasificación, la cual se presenta con la distinción de diferentes tipos de carpeta como: Pavimento, pavimento básico, pavimento doble calzada, ripio y suelo natural. Para efectos de la investigación se identificaron y agruparon las distintas carpetas en Autopista, camino pavimentado de 1 o más vías, sendero o huella para generar las áreas de influencia correspondientes al tipo de carpeta según lo planteado por Ubilla-Bravo *et al* (2013).

Figura 15: Red vial del área de estudio.



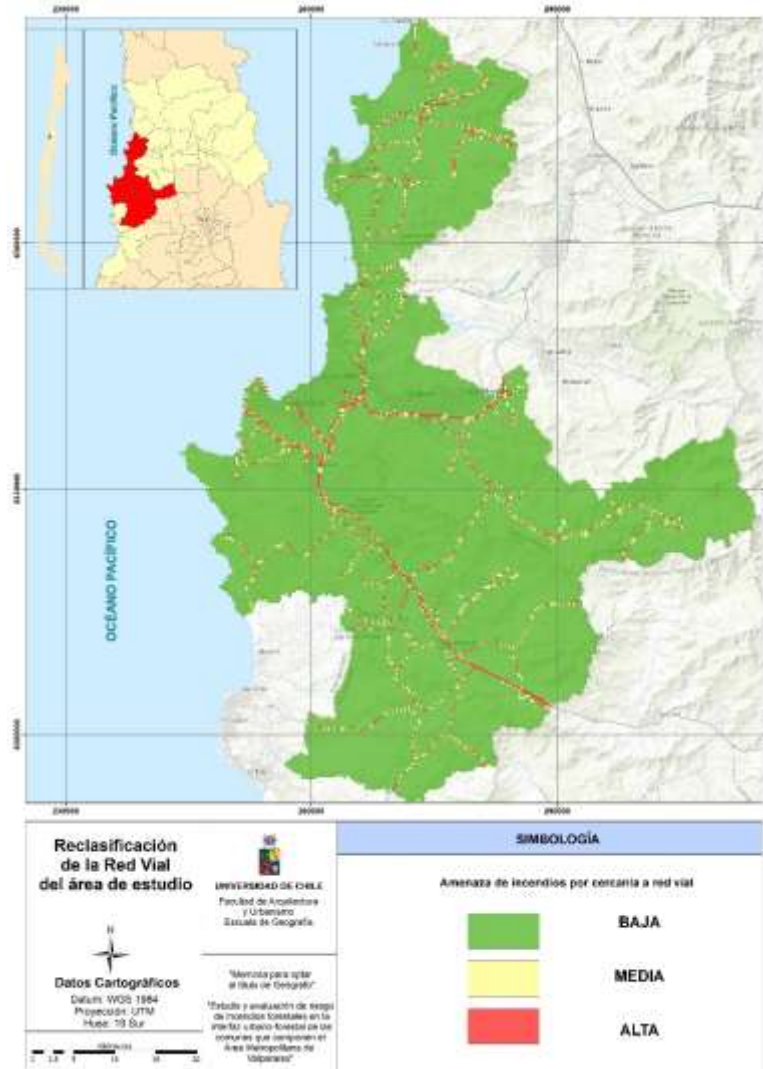
Fuente: *Elaboración propia.*

Como resultado de la reclasificación de los caminos según la **Tabla 15** se visualiza las principales áreas de una alta amenaza de incendios forestales, en donde se intersecan las principales vías de acceso al área de estudio. Sin duda la ruta 68 CH y sus accesos y/o salidas aglomeran pixeles de alta amenaza y esta ruta pasa por la reserva forestal del Lago Peñuelas, los viveros de CONAF que se ubican a un costado de la reserva.

En el **Mapa 7** se identifican los valores reclasificados de las áreas de influencia generados alrededor de red vial principal del área de estudio, se ve la predominancia de zonas de baja amenaza en los sectores que no poseen vías de acceso y dentro de los principales ejes viales se intercalan los valores medios y altos de amenaza de incendios por cercanía, así la ruta 68 CH, el camino Internacional ruta 64 CH son los principales ejes que atraviesan el área de estudio y las zonas de interfaz, además de los troncales urbanos que si bien la mayor parte de ellos se encuentran en zonas urbanas, atraviesan sectores forestales entre una ciudad, como el caso del sector de Paso Hondo, Limonares y Miraflores Alto entre la

conurbación Quilpué-Villa Alemana y Viña del mar-Valparaíso. Donde han ocurrido eventos de incendios que se reiteran en distintas temporadas y sobre todo la cercanía con viviendas en los sectores aledaños, como las poblaciones de Canal Beagle, El Olivar, Villa Dulce, Limonares y Miraflores Alto.

Mapa 7: Reclasificación de la red vial del área de estudio.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.4. Subvariable densidad de incendios forestales

El análisis de esta subvariable se derivó de la transformación de los puntos de incendios forestales catastrados para el periodo de estudio en un ráster de superficie continua donde se expresa la densidad de kernel, así las concentraciones de incendios mostrarán las áreas donde recurrentemente se inician los eventos, ya sea por sus características físicas, cercanía a red vial y/o la suma de varios factores.

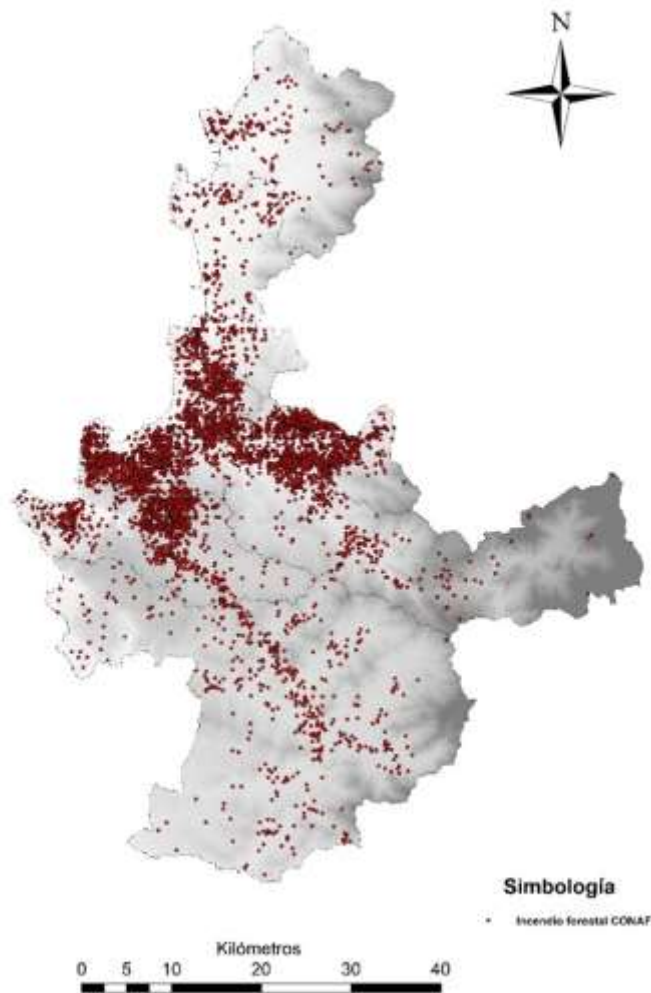
Los eventos de incendios forestales registrados por CONAF fueron mapeados como muestra la **Figura 16** son cerca de 9.000 y como lo indica la **Tabla 27** la comuna que concentra el mayor número de eventos registrados es Valparaíso con un 34,87%, luego sigue la comuna adyacente de Viña del mar con un 19,50%, Quilpué con un 17,1%, Villa Alemana con un 15,4% y el resto de las comunas con porcentajes bajo el 10%.

Tabla 27: Proporción de N° de incendios para cada comuna.

Proporción de N° de incendios para cada comuna	
Comunas	%
Viña del Mar	19,50
Valparaíso	34,87
Villa Alemana	15,40
Quilpué	17,10
Concón	3,22
Quintero	1,95
Puchuncaví	2,01
Casablanca	5,96

Fuente: *Elaboración propia.*

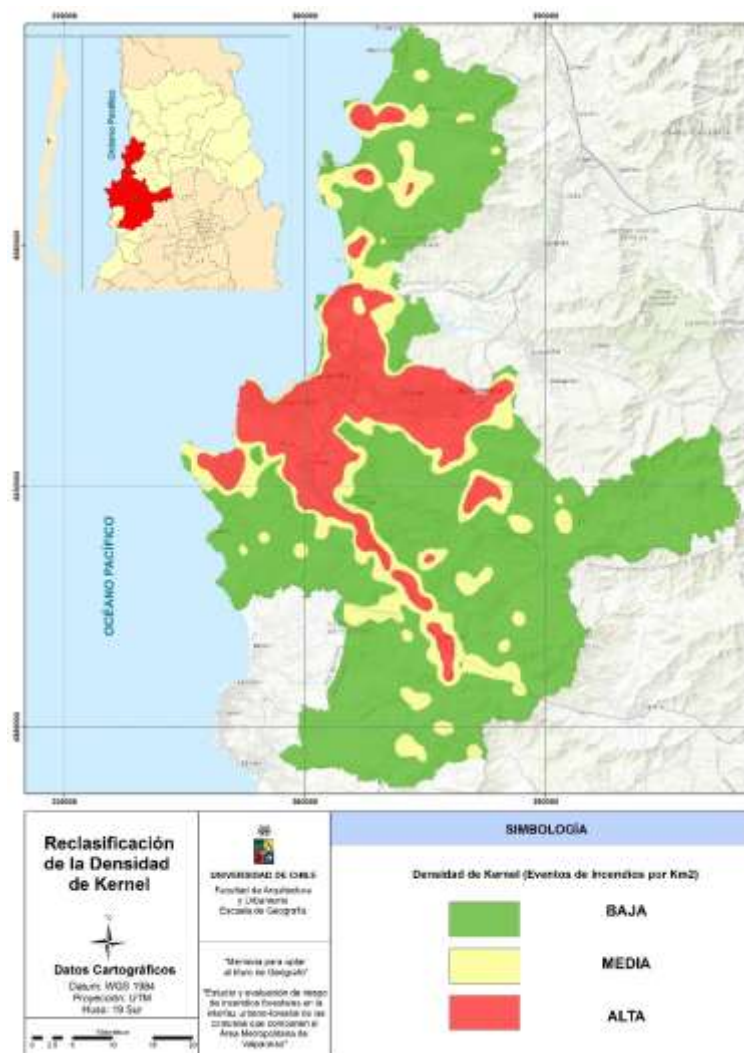
Figura 16: Puntos de incendios forestales 2000-2017 CONAF.



Fuente: *Elaboración propia a partir de base de datos CONAF.*

Se destaca en el **Mapa 8** que la mayor densidad de puntos de incendios se concentra en el Área Metropolitana Valparaíso, también comunas del interior como Quilpué y Villa Alemana. Además, las concentraciones medias se desarrollan en torno a los ejes viales, como ejemplo la ruta 68 CH y sus distintas vías de acceso y salida, el camino Lo Orozco y hacia el norte del área de estudio es el camino Internacional (ruta 64 CH) y sus salidas donde se realizan las intersecciones.

Mapa 8: Reclasificación densidad de kernel.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.5. Subvariable área quemada

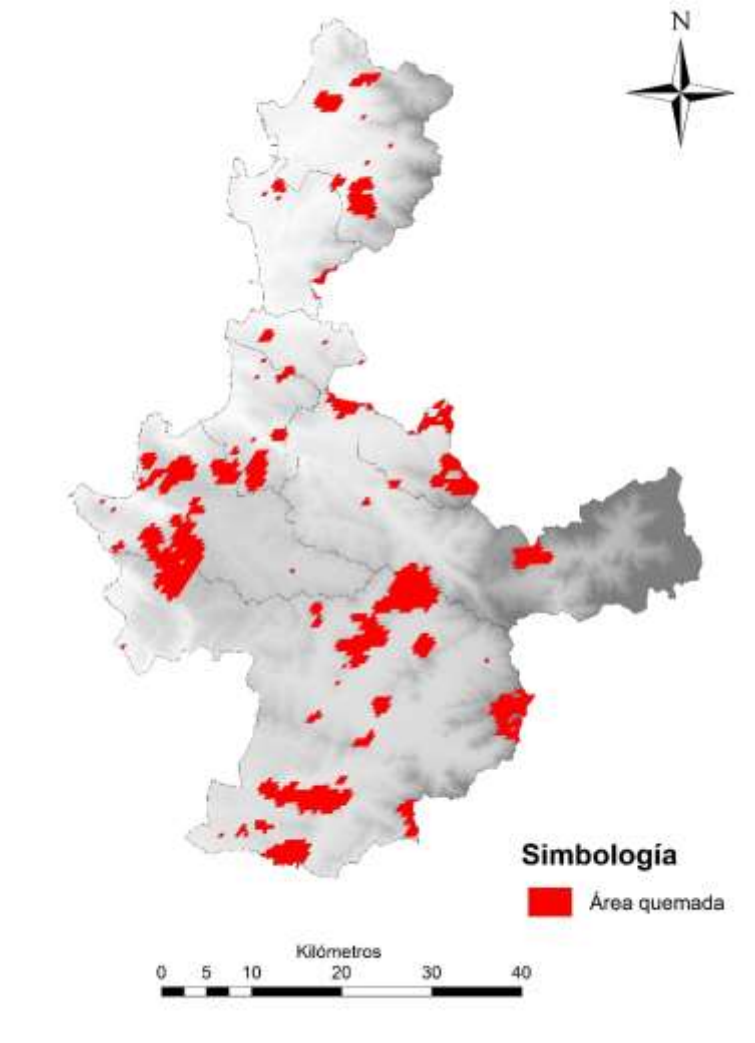
La distribución espacial de áreas afectadas por el fuego en el área de estudio se caracteriza por la marcada concentración y recurrencia en un mismo lugar. Si bien el análisis contempla un periodo temporal de 17 años, se pueden identificar ciertas zonas que a pesar del extenso periodo temporal generan un comportamiento regular afectando la vegetación del sector, cambiando la química de los suelos y amenazando constantemente a la población vulnerable aledaña.

Se pueden identificar cinco grandes núcleos de amenaza por área quemada (*Ver Figura 17*), los cuales no se abordan solamente por su gran extensión, también por su ubicación en zonas cercanas a infraestructura, cultivos agrícolas y áreas de vegetación nativa. Estos núcleos son: (1) Sector sur de Valparaíso, (2) Sector sur de Viña del mar, (3) Sector entre Laguna Verde y Placilla, (4) Sector Lo Orozco-Lo Vásquez, (5) Lagunillas.

- El sector sur de Valparaíso es un núcleo de área quemada histórico por los noticiosos y recurrentes eventos de desastre relacionados con incendios forestales, esta zona se caracteriza por la presencia de plantaciones forestales, el puerto seco o almacenamiento de contenedores de carga y el relleno sanitario El Molle entre otros. El límite norte se puede fijar por la ruta 60 CH Camino La Pólvora, el Cerro Colorado y Quebrada Verde hacia el oeste, F-178 Camino Real hacia el este separando del segundo núcleo de área quemada y hacia el sur el camino F-730 y el Estero el Sauce.
- El sector sur de Viña del Mar contempla área quemada en sectores como Cerro Rodelillo, infraestructura cercana como el Aeródromo Rodelillo, la Universidad Viña del Mar, sector José Santo Ossa que se une con la ruta 68 CH y zonas de alto valor ecológico como el Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto. Limita hacia el oeste en el Camino Real F-178 del cerro San Roque, el sector de La Cucharas hacia el este y hacia el sur el Embalse Las Cenizas.
- El sector entre Laguna Verde y Placilla abarca el área quemada continua, acumulada entre 2000-2017, más extensa del área de estudio conteniendo una gran cobertura forestal e infraestructura como como el Campus Curauma de La Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y el Tranque de la Luz en Curauma. El límite norte es el camino F-730 y el estero el Sauce, hacia el oeste el sector de Laguna Verde, hacia el oeste el sector de Curauma y Placilla y el camino F-800 Quintay-Casablanca y la localidad de San Juan hacia el sur.
- El sector de las localidades de Lo Orozco y Lo Vásquez se concentra el área quemada en la intersección de la ruta 68 CH y el camino Lo Orozco F-50 donde se encuentra el Santuario Purísima de Lo Vásquez, el sector del camino viejo de Casablanca al lado norte de la ruta 68 CH y la localidad rural de La Mercedes, además esta área contempla varios predios agrícolas y viñas del sector.
- El sector de Lagunillas en la comuna de Casablanca el área quemada se emplaza alrededor del camino F-90 ramal de la Autopista Litoral Central que conecta Casablanca con Algarrobo, también el cruce con el camino F-930 y el sector de Los Maitenes con división de parcelas. En el año 2012 ocurrieron una serie de incendios que consumieron gran parte de esta zona.

Otras concentraciones de área quemada de menor extensión que son importantes de considerar son el sector de Pucalán al oeste de Puchuncaví por el camino F-20, también en los cerros del Sector de Peñablanca en la comuna de Villa Alemana cercano a la ruta 60 CH, además del sector de los cerros de Belloto Norte en el sector Norte de la comuna de Quilpué.

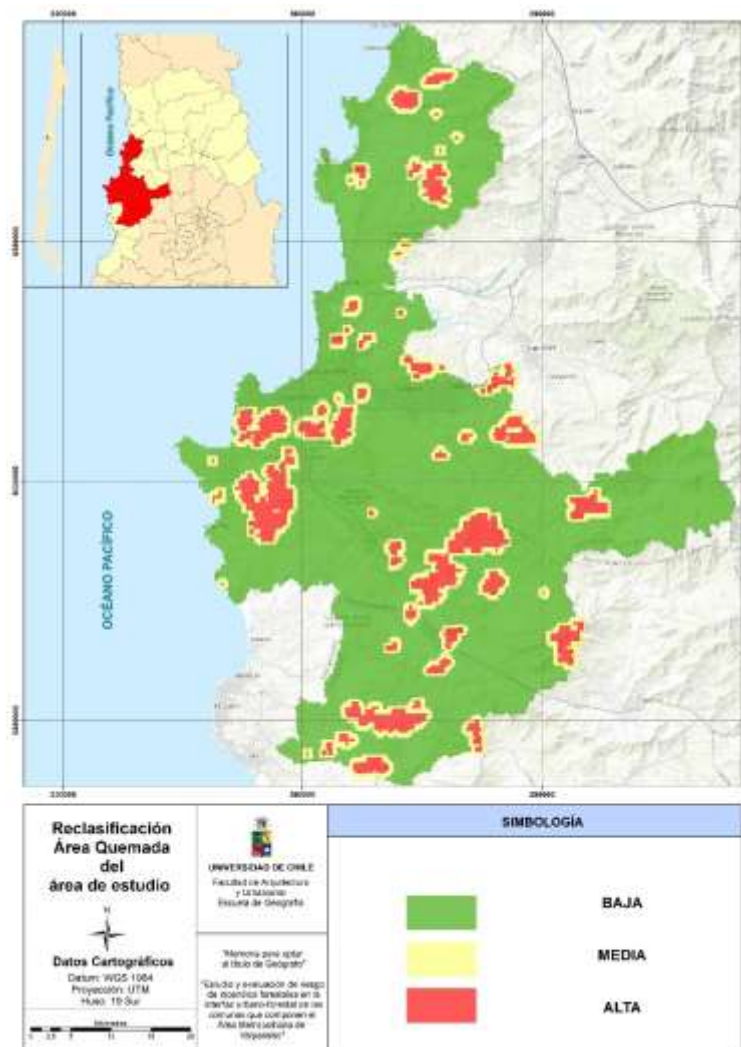
Figura 17: Área quemada periodo 2000-2017



Fuente: *Elaboración propia.*

A continuación, en el **Mapa 9** se presenta la reclasificación para la subvariable de área quemada, como muestra la **Tabla 16**, para la zonas de alta amenaza se mantuvo la misma área quemada, luego se aplicó un buffer de 500 metros generando zonas de media amenaza alrededor del rango anterior y finalmente las zonas que se encuentran más allá del área de influencia se consideraron como zonas de baja amenaza.

Mapa 9: Reclasificación área quemada.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.6. Juicios de valor variable amenaza

La comparación entre pares para la variable de amenaza se expresa en la **Tabla 28**, en ella se puede apreciar que la subvariable de área quemada tiene el mayor peso frente a las otras subvariables. Luego la ocurrencia histórica, representada por los puntos de incendios forestales de CONAF, y los valores de pendiente comparten el segundo puesto, luego la exposición solar y finalmente la cercanía a caminos.

La asignación de los valores en el juicio valor responde a la incidencia territorial de cada subvariable en el área de estudio entre los años 2000-2017, además responde a la predominancia y reiteración de estos conceptos en la bibliografía sobre incendios y metodologías consultadas durante el trabajo de gabinete.

Tabla 28: Juicios de valor subvariables de amenaza

FACTORES	Juicios de valor				
	Cercanía a caminos	Exposición solar	Pendiente	Área quemada	Ocurrencia histórica
Cercanía a caminos	1	1/3	1/5	1/7	1/5
Exposición solar	3	1	1/3	1/5	1/3
Pendiente	5	3	1	1/3	1
Área quemada	7	5	3	1	3
Ocurrencia histórica	5	3	1	1/3	1

Fuente: *Elaboración propia.*

A partir de los resultados obtenidos para cada factor de amenaza, es posible establecer los siguientes valores ponderados (*Tabla 29*) y el grado de Consistencia de la matriz para la variable de amenaza es del 0,6. Es decir está dentro de los rangos aceptables para la comparación de pares.

Tabla 29: Ponderación valores de amenaza.

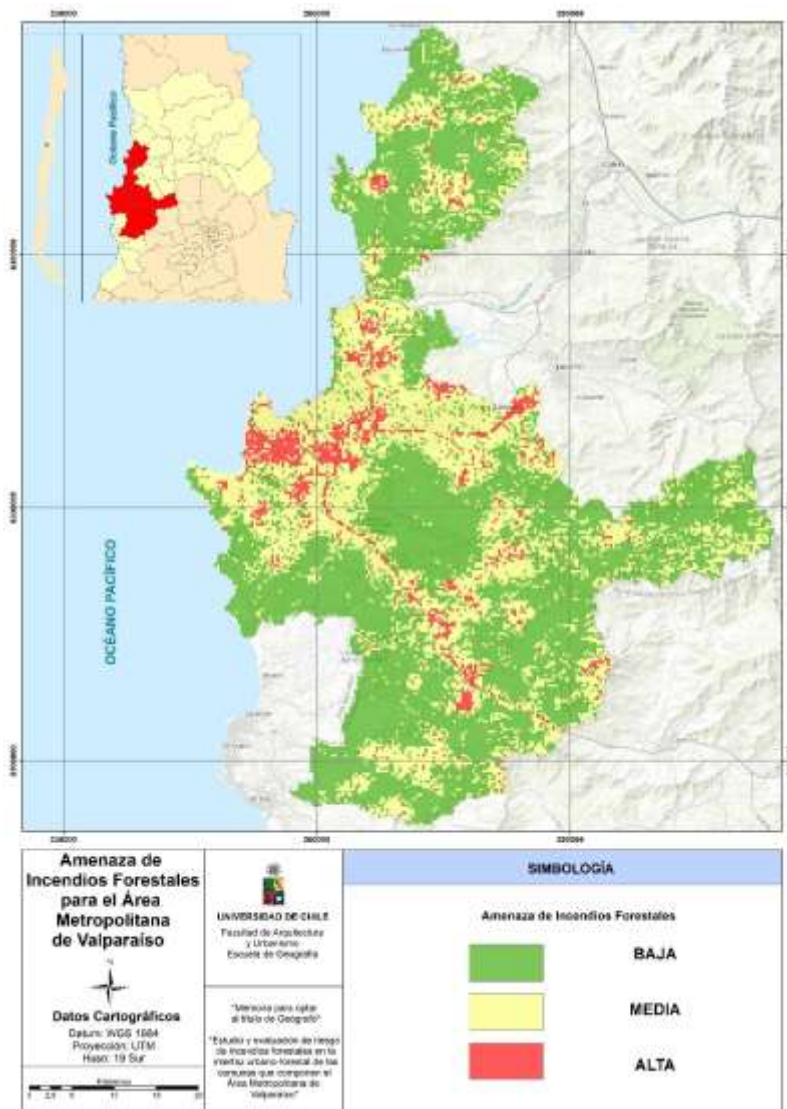
Subvariables o factores	AHP
Cercanía a caminos	0,044
Exposición solar	0,089
Pendiente	0,202
Área quemada	0,464
Ocurrencia histórica	0,202

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.7. Zonas de amenazas para el Área Metropolitana de Valparaíso y comunas adyacentes

La evaluación de la amenaza de incendios forestales se materializó en el mapeo de la zonificación de las categorías de alta, media y baja amenaza dentro de las ocho comunas. Si bien la ponderación de los valores de amenaza (*Ver Tabla 29*) indica el predominio de factores como el área quemada, la ocurrencia histórica y la pendiente, en cuanto a extensión y relevancia dentro de la evaluación de incendios, la subvariable de cercanía a caminos va a determinar la presencia de pixeles de alta amenaza dentro de la interfaz urbano-forestal y las zonas rurales que permiten visualizar la dinámica en esta área de riesgo.

Mapa 10: Amenaza de incendios forestales en el Área Metropolitana de Valparaíso.



Fuente: *Elaboración propia.*

Como resultado del **Mapa 10** de riesgo de incendios forestales, se observa que las zonas de alta amenaza de incendios forestales abarcan 149,7 kilómetros cuadrados representando un 6% del área de estudio. Estas zonas se encuentran en las ocho comunas estudiadas, sin embargo, se concentran en el área sur de las zonas urbanas de Valparaíso y Viña del mar, alrededor de la ruta 68 CH hasta la zona de camino viejo y cercanías del núcleo urbano de Casablanca.

El área total para las zonas de baja amenaza de incendios forestales es de 1465,2 kilómetros cuadrados, representando un 58,9% del total del área de estudio, aunque predominan las pendientes planas, la influencia del borde costero y áreas sin caminos o carreteras, hace que prevalezcan zonas de baja amenaza incluso en áreas donde el material combustible se concentra, además de presentar exposición solar de alta amenaza, como,

por ejemplo, el área forestal que se encuentra entre medio de la Ruta 68 CH y la F 50 que no posee rutas de acceso y colinda con la Reserva Nacional Lago Peñuelas.

El área total para las zonas de media amenaza de incendios forestales es de 872 kilómetros cuadrados y representando 34,9% del área de estudio, estas zonas se ubican como área de influencia de las zonas de alta amenaza.

Con relación a la red vial del área de estudio y el **Mapa 10**, se puede observar que son cuatro los caminos o vías que se asocian con áreas de alta amenaza de incendios forestales, estos son la ruta 68 CH desde la comuna de Viña del mar y Valparaíso pasando por la comuna de Casablanca, el troncal interurbano ruta 60 CH que conecta a Quilpué y Villa Alemana a Viña del mar.

También se encuentra el camino Lo Orozco F 50, conectando Quilpué y Villa Alemana con Casablanca mediante el acceso a la ruta 68 Ch y por último hacia el norte del área de estudio la ruta 64 CH, camino internacional tramo Viña del mar.

Para el caso del área quemada la superficie que se muestra en el **Mapa 9**, en el **Mapa 10** se relaciona con zonas de media amenaza de incendios, y algunas zonas, específicamente los cerros al sur de Valparaíso y Viña del Mar concentran las zonas de alta amenaza donde la vegetación afectada se asocia al piso vegetacional de Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocaya alba* y *Peumus boldus*.

Otros focos de alta amenaza de incendios forestales se encuentran en el sector de Los Maitenes entre Quintero y Puchuncaví, zona cercana de las localidades de Los Tomes, La Salinas y La Greda, en esta zona la ignición de incendios es asociada a pastizales. También al noreste de la comuna de Villa Alemana en el sector de Peñablanca, el foco de alta amenaza se relaciona con el acceso a la ruta 60 CH y el camino hacia Limache y cerros.

Las posibilidades de combate de incendios son muy bajas por las altas pendientes, zonas de quebrada donde los vehículos de emergencia no pueden acceder y la disponibilidad de agua para el combate se reduce a la cercanía a embalses o agua de riego y no de las tomas de agua propias de las áreas urbanas. En este contexto la identificación de estas zonas de amenaza sugiere priorizar el despliegue de recursos y la atención de los lugares donde convergen las condiciones óptimas para la ignición del fuego por accionar del ser humano.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE VULNERABILIDAD DE INCEDIOS FORESTALES.

4.2.1. Subvariable uso de suelo

En la Memoria Explicativa del PREMVAL (MINVU, 2013) se contemplan ciertas consideraciones sobre el uso del suelo en cuanto a la planificación, visualizando la distribución de la ocupación actual para la compatibilización de usos actuales y potenciales. A continuación, se identifican los distintos usos de diferente naturaleza y funciones, distinguiendo cinco subsistemas:

- **Lo urbano:** Corresponde a las áreas urbanas existentes, planificadas y reguladas por un instrumento de planificación de nivel comunal.
- **Lo productivo:** Corresponde al sector portuario y de actividades productivas, de infraestructura y las áreas destinadas a su expansión.
- **Lo costero:** Corresponde a las áreas destinadas a acoger inversiones inmobiliarias, tipo “resort”, o viviendas ocasionales de alta densidad emplazadas en el borde costero.
- **Lo turístico:** Corresponde al borde costero ubicado al norte de Ventanas, permitiendo el asentamiento de poblaciones flotantes estacionales, configurando el paisaje de un balneario litoral.
- **Lo agro-residencial:** Son los terrenos destinados a usos de suelos para la habitación que acogen el crecimiento en barrios, de baja densidad en Viña del Mar y el gran Valparaíso y que se ubica en los sectores interiores de la comuna.

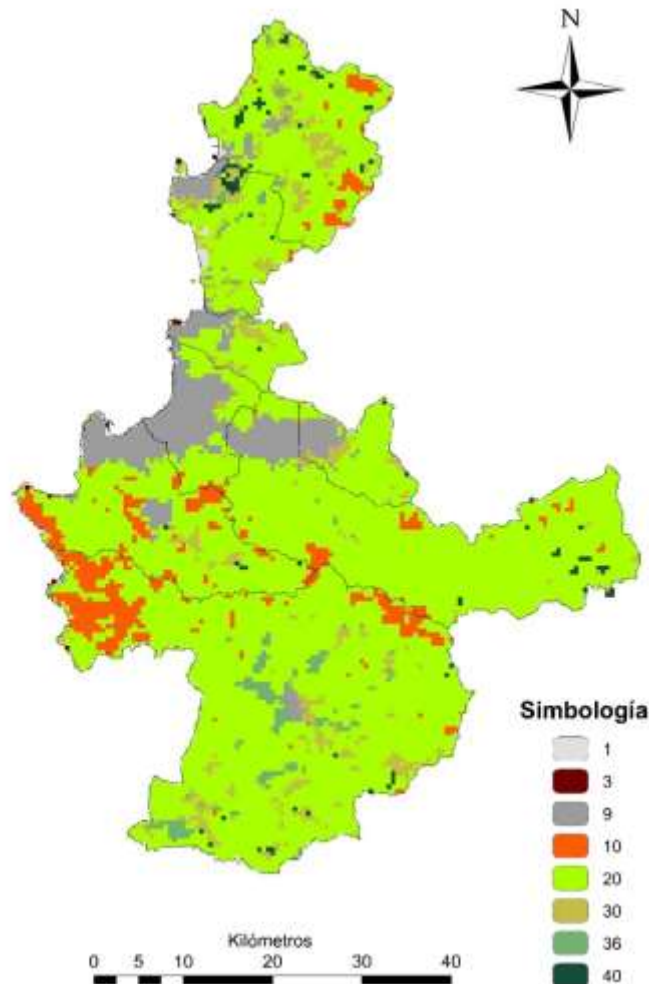
En el *Anexo 4* se puede apreciar la distribución que contempla esos subsistemas dentro del área de estudio, entendiendo hacia donde se orienta las actividades antrópicas que guardan relación y una constante interacción con áreas forestales o más silvestres.

Por otro lado una apreciación más objetiva del área de estudio es la entregada por el sensor remoto y bajo la clasificación presentada en la *Tabla 18* se puede apreciar su espacialización en la *Figura 18*.

Dentro los elementos que predominan en esta clasificación resaltan la categoría de bosques abiertos con una cubierta de árboles de 10% a 60%, Por otro lado, la concentración del núcleo urbano en el cordón Puerto-Interior, el sector de placilla y hacia el norte el sector de Quintero y Ventanas.

También llama la atención la concentración de bosques densos, con cobertura de árboles sobre el 60%, hacia el suroeste entre las comunas de Valparaíso y Casablanca.

Figura 18: Uso del suelo FAO-LCCS2.



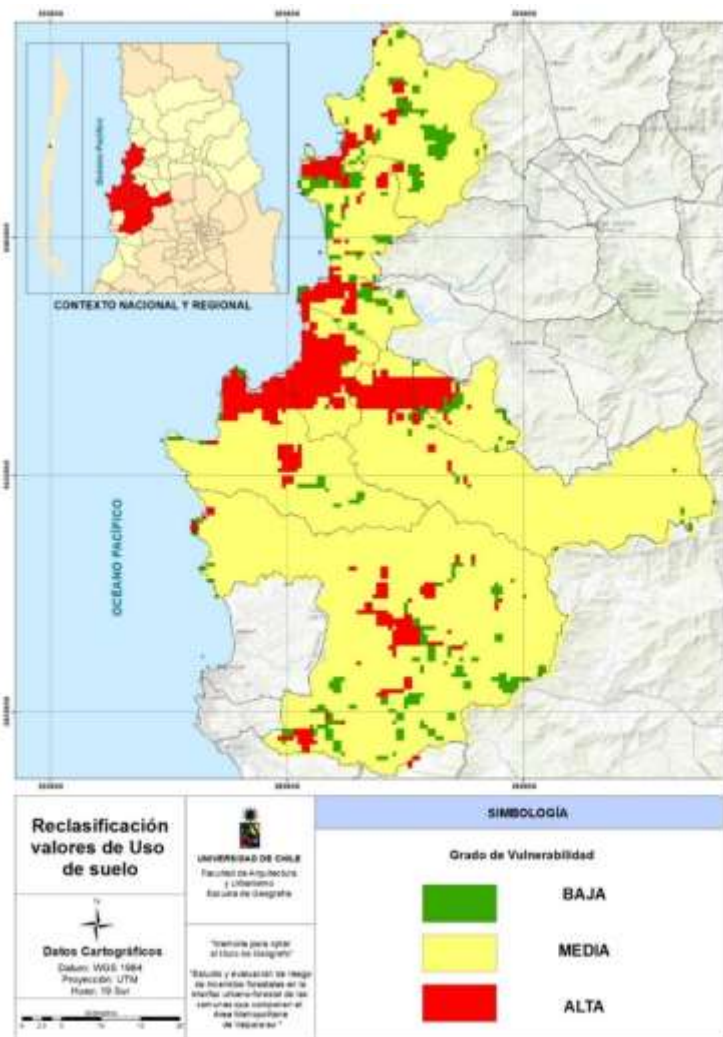
Fuente: *Elaboración propia.*

Resulta interesante la reclasificación del uso de suelo, pues permite identificar otras centralidades urbanas a parte del AMV, como el borde costero satélite Quintero Puchuncaví, al sur de la AMV el ser de Placilla y Curauma y el área urbana de Casablanca y Quintay hacia la costa. Además de la dispersión de pixeles de alta vulnerabilidad en el sector de Lo Orozco, Quilpué.

En el *Mapa 11* se observa el predominio de zonas de media vulnerabilidad según uso de suelo debido a que la mayor parte del territorio del área de estudio lo componen bosques densos, abiertos y arbustos. Los cuerpos de agua de gran envergadura son pocos fuera del lago peñuelas y los tranques en las zonas de cultivo en Casablanca y Quilpué y zonas donde dominan los matorrales prevalecen en las comunas de Puchuncaví, Quintero y Casablanca, destacando que en esta última comuna se desarrolla actividad productiva y turística relacionada con los viñedos y la producción de vino conocido por el rubro la subregión vitícola Valle de Casablanca no solo ve amenazada su actividad productiva

principal, también en torno a la ciudad de Casablanca que se encuentra rodeada por material combustible.

Mapa 11: Reclasificación valores de uso de suelo



Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.2. Subvariable densidad poblacional

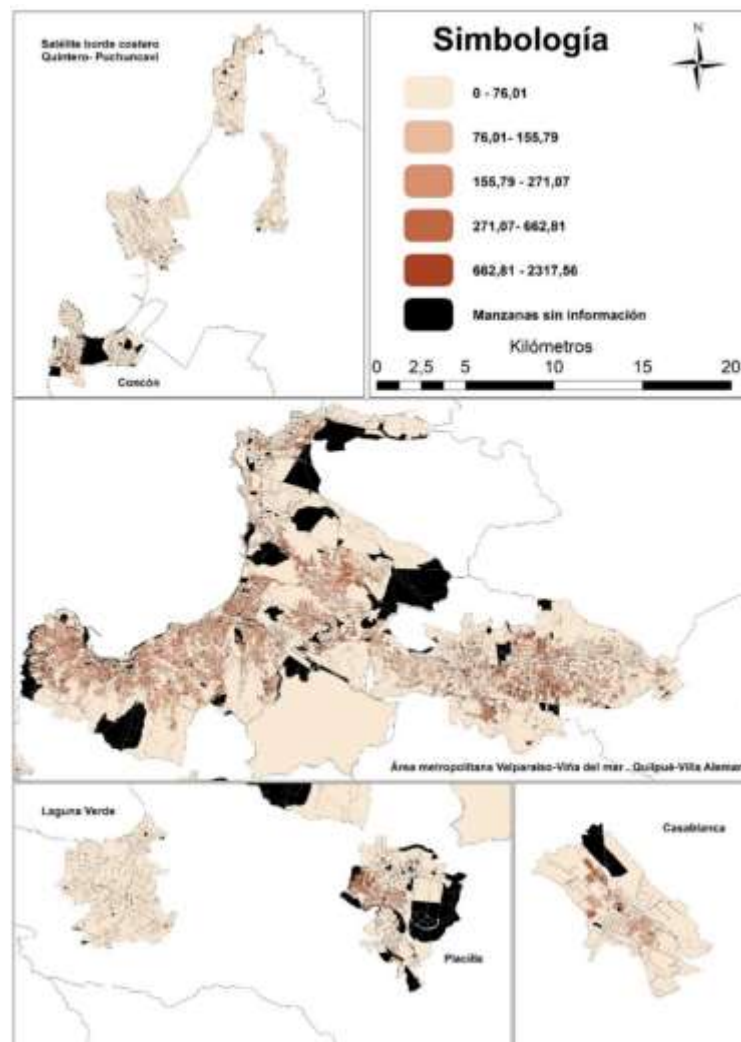
Un elemento crucial para comprender la dinámica de la densidad poblacional en el AMV es centrarse en el proceso de despoblamiento de la comuna de Valparaíso, donde Poduje *et al* (2018) indica que, según un análisis demográfico en 15 años la ciudad sólo aumentó su población en 20.673 habitantes con una tasa anual de crecimiento de 0,48%. Lo que a escala nacional representa menos de la mitad del promedio nacional y la más baja del AMV.

En este sentido la comuna de Villa Alemana es líder en cuanto al crecimiento relativo, con una tasa anual de 1,9%, sin embargo, el crecimiento absoluto lo lidera Viña del mar

sumando 47.317 habitantes en el mismo periodo de tiempo, lo cual tiene su manifestación en la migración de servicios y comercio hacia esta comuna.

Un polo de crecimiento poblacional y por ende de la densidad es en el sector de Curauma y Placilla, cerca del eje Santos Ossa y la ruta 68 CH, zona de interfaz, localizan al 81% de los nuevos habitantes de Valparaíso.

Figura 19: Densidad poblacional en el área de estudio, representados en los principales centros poblados.

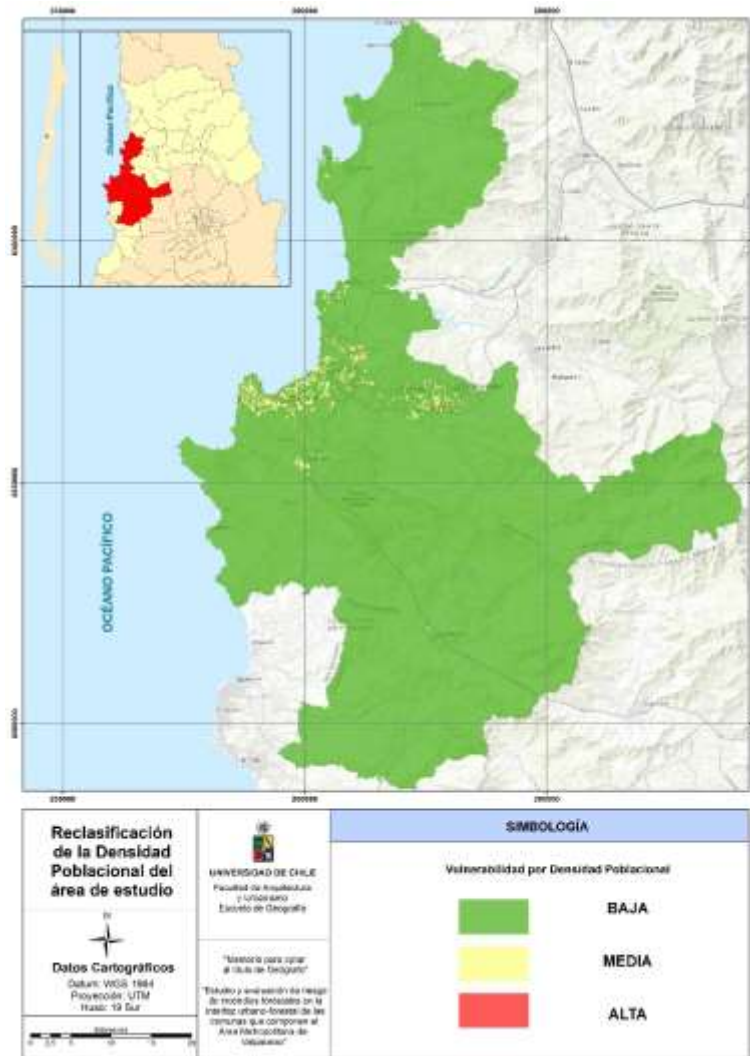


Fuente: *Elaboración propia a partir de datos Censales INE, 2017.*

La reclasificación de los valores de densidad poblacional se aprecia en el **Mapa 12**, prevaleciendo la baja vulnerabilidad en la mayoría del territorio. Los valores medios se ubican principalmente en el Área Metropolitana de Valparaíso y el sector de Curauma-Placilla y en cuanto a los valores altos de vulnerabilidad por densidad poblacional son pocos pixeles repartidos en las ocho comunas, sin embargo, las que se encuentran cercanas a las zonas periféricas de las ciudades de Quilpué y Villa Alemana en áreas

residenciales altamente pobladas que corresponden a sector de comunidades que habitan bloques o edificios de baja altura, específicamente en el camino Marga-Marga que conecta la ruta 68 CH con el centro de Villa Alemana a la altura de la ruta 60 CH. Otra zona con de alta densidad es el sector de Reñaca Alto a un costado de la ruta 64 CH o camino Internacional cercanos a quebradas no habitadas y con presencia de material combustible.

Mapa 12: Reclasificación valores densidad de la población.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.3. Subvariable cercanía a campamentos

Entre el año 2007-2017 los campamentos aumentaron en un 189% en la Región de Valparaíso (Solís, 2018). En relación con la presencia y ubicación de campamentos en el AMV se puede encontrar características que propician a estos y explican su expansión.

Según López (2013) son: (1) la topografía y altas pendientes, (2) naturaleza boscosa inserta en la ciudad y (3) factor de localización a salud y educación.

En primer lugar, la accidentada geografía del área de estudio hace que planificar el territorio se torne una tarea difícil, por lo tanto, no se construye en zonas con altas pendientes, dejando terrenos sin uso en abandono propensos a la apropiación y tomas de terreno. Estos sitios corresponden a fondos de quebradas cercanos a los barrios consolidados donde se ubican campamentos como Peumo, Granadilla 4, Caminando Hacia Mi Casa y Eben Ezer en Miraflores Alto.

En segundo lugar, se hace referencia a los límites difusos, inciertos y susceptibles a la apropiación de suelos y la mezcla de la naturaleza con la ciudad, lo cual se define como zona de interfaz urbano-forestal. Los trabajos preventivos de cortafuegos por parte de CONAF en sectores de la interfaz funcionan como vías y accesos directos a las áreas para la formación de campamentos y por lo general son conexiones a la calle más alta del cerro, lo que significa acceso a locomoción cercana. En este sentido se encuentran campamentos como Mesana, El Vergel y Nuevo Amanecer en Valparaíso.

En tercer lugar, en un contexto del Estudio de Accesibilidad Territorial de Campamentos de la Fundación TECHO, la medición de la vulnerabilidad territorial de un campamento en relación con la distancia de éste a un equipamiento básico de salud o educación. Donde en el Gran Valparaíso los campamentos se encuentran en promedio a 773 metros de un establecimiento educación y a 2.924 de un establecimiento de salud pública.

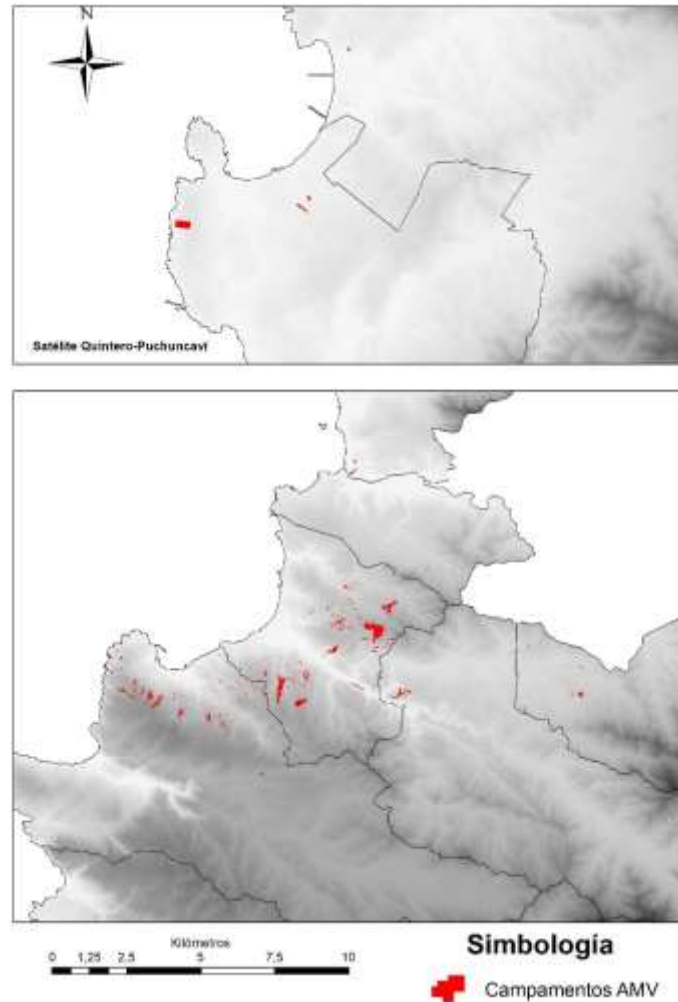
Para comparar estas cifras el subsidio de localización para viviendas sociales fija las distancias mínimas con 1.000 metros de un establecimiento educacional y 2.500 metros de un establecimiento de salud. En este sentido las cifras para los campamentos en el área de estudio se pueden concluir que un 54% de ellos posee una baja vulnerabilidad territorial en cuanto al acceso a la educación y solo un 14,8% una alta vulnerabilidad. Y para acceso a salud 51% de ellos baja y un 12, 7% alta vulnerabilidad.

Los elementos descritos en los párrafos anteriores muestran la dinámica de los campamentos en el área de estudio, explicando porqué Valparaíso es la región con mayor número de campamentos y sobre todo concentrar la mayor cantidad de macro-campamentos¹⁹ destacando Reñaca Alto con 551 familias, Monte Sinaí con 236, Parcela 11 con 465 y Manuel Bustos con cerca de 1000 familias organizadas en 18 comités de vivienda.

La **Figura 20** muestra el espacio que ocupan los campamentos del área de estudio, con 156 polígonos identificados por el Catastro Nacional de Campamentos. A partir de la información es preciso mencionar que todas las comunas presentan campamentos, en el caso de Quilpué solo dos grandes campamentos Los Marineros y Pompeya Sur, en Puchuncaví solo el campamento EL Bosque, en Casablanca el campamento La Playita.

¹⁹ Campamentos con más de 100 familias.

Figura 20: Campamentos en Área Metropolitana de Valparaíso y las comunas adyacentes.

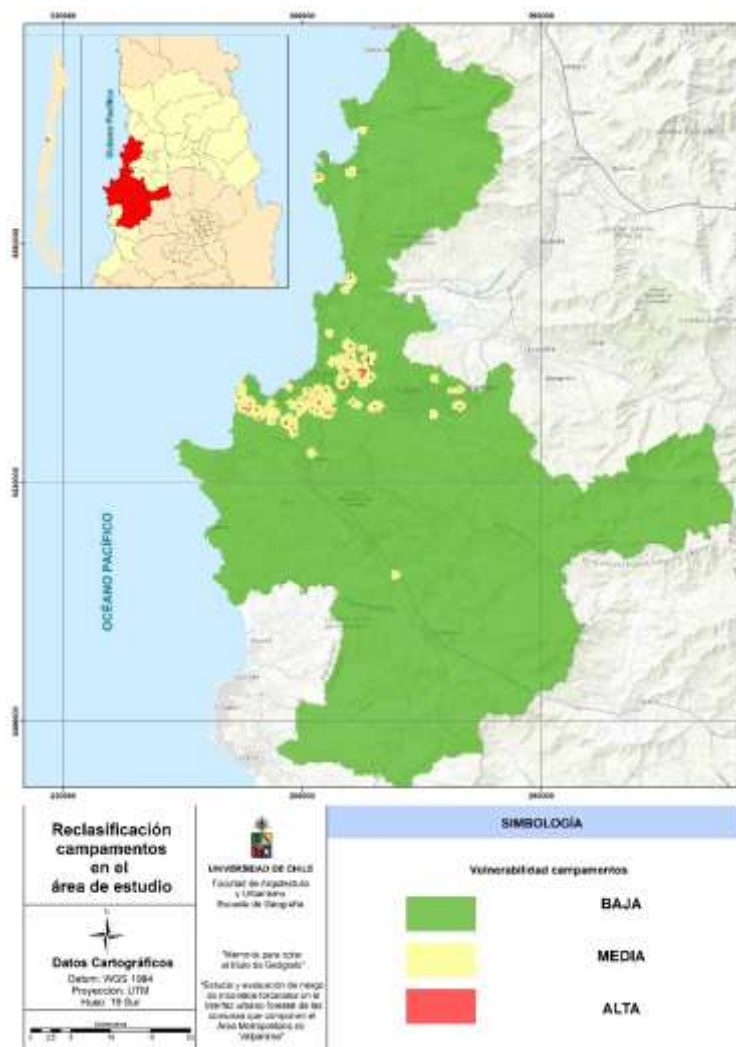


Fuente: *Elaboración propia.*

El **Mapa 13** ilustra las áreas de influencia creadas para mostrar el rango medio de vulnerabilidad frente a incendios forestales, los campamentos representan la Alta vulnerabilidad y generan una continuidad en los cerros de Valparaíso y Viña del mar. Distinto es el caso de campamentos en la comuna de Quintero y Puchuncaví los cuales muestran una cercanía a la costa y a las dunas de Ritoque, como el campamento Nuevo Sol.

El caso de la comuna de Concón solo presenta un campamento, Las Palmeras, y se encuentre próximo a la desembocadura del Río Aconcagua, Humedal y Parque Ecológico La Isla y la Empresa Nacional del Petróleo, sin embargo, no representan mayor vulnerabilidad frente a incendios forestales por las características físicas y urbanas del entorno donde se encuentra.

Mapa 13: Reclasificación de campamentos en el área de estudio.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.4. Subvariable grupos socioeconómicos

La distribución de los grupos socioeconómicos (*Ver Figura 21*) en el área de estudio se caracteriza, en primer lugar, por la ubicación periférica de las manzanas con GSE C3, D y E alrededor del AMV. En segundo lugar, las manzanas con predominio ABC1 en las ciudades dormitorio como Villa Alemana y Quilpué son pocas y dispersas, pero siempre cerca de los centros urbanos y avenidas principales como Av. Freire, Av. Los Carrera y Av. Valparaíso²⁰. Sin embargo, la principal concentración de manzanas ABC1 se ubica en la comuna de Viña del mar y Concón.

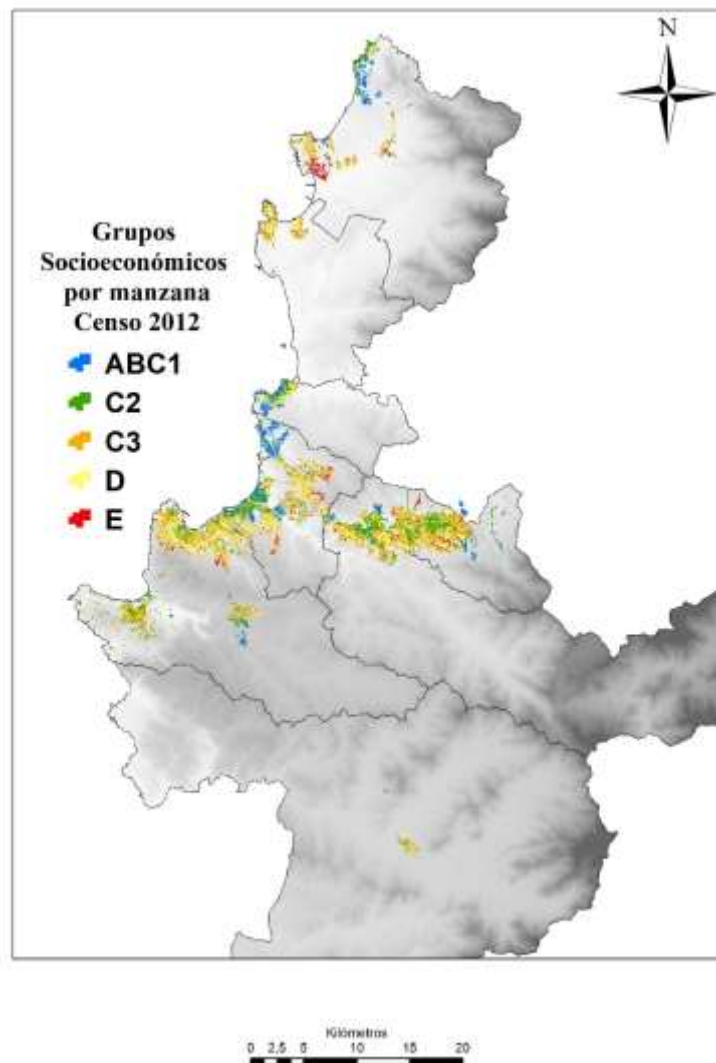
En Viña del mar estas manzanas se ubican entre la Av. Sporting y la plaza Miraflores, el sector de Traslaviña con la subida de Agua Santa y más cerca del borde costero en el

²⁰ Principal troncal urbano que une a las comunas de Villa Alemana, Quilpué y en Viña del Mar pasa a llamarse Av. 1 Norte.

sector de Reñaca. Para la comuna de Concón estas manzanas se ubican en el sector costero por la Av. Borgoño y grandes condominios en el sector alto de Concón por la Av. Concón-Reñaca.

En tercer lugar, se visualiza el predominio del GSE y C3 en todas las comunas del AMV presentando la mayor continuidad entre las manzanas del mismo grupo socioeconómico.

Figura 21: Grupos socioeconómicos del Área Metropolitana de Valparaíso.

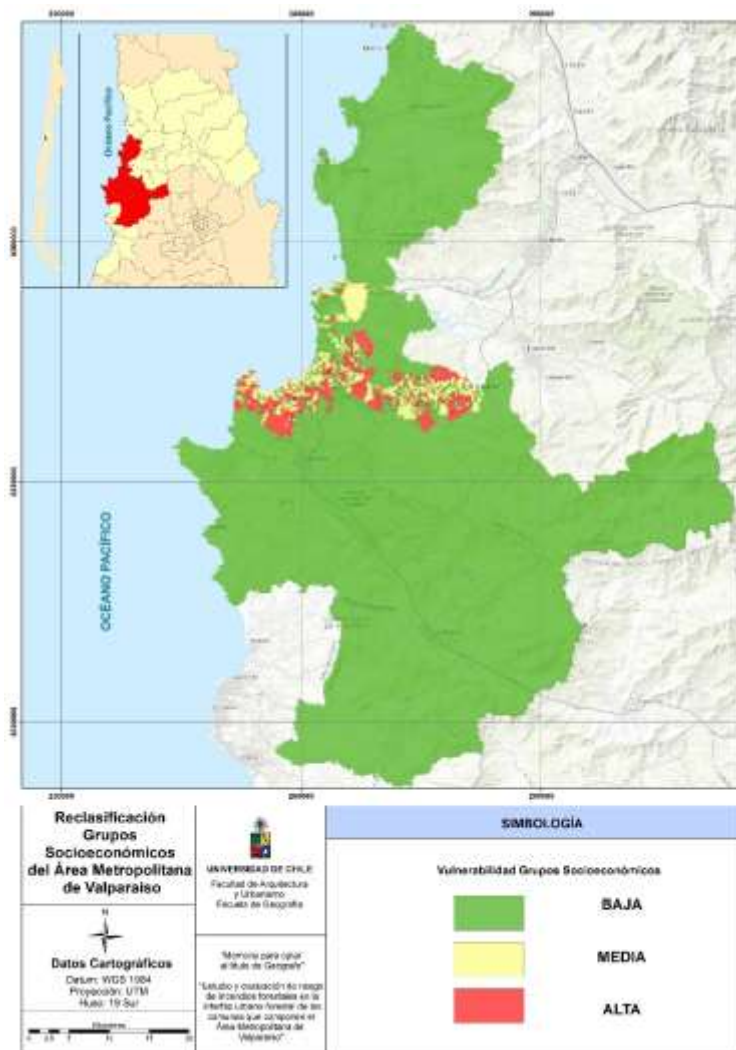


Fuente: *Elaboración propia a partir del INE, 2012.*

En cuanto a la reclasificación de la subvariable de grupos socioeconómicos en el **Mapa 14** se ilustran las nuevas categorías propuestas, destacando que los GSE más vulnerables colindan con las áreas forestales y son manzanas de gran tamaño, por ejemplo, el sector cercano al Jardín Botánico o Miraflores en Viña del mar. Sin embargo, el tamaño de las

manzanas no se relaciona directamente con la cantidad de viviendas en ella, más bien con el grupo socioeconómico predominante.

Mapa 14: Reclasificación grupos socioeconómicos.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.5. Subvariable materialidad de la vivienda

La materialidad de la vivienda se trabajó con los datos proporcionados por el CENSO 2017 en una escala de manzana, la información se procesó con el fin de que los valores del índice de materialidad, ilustrado en la **Tabla 22**, mostraran los materiales con cuales fueron construidas las viviendas como las paredes, techos y piso. Así posteriormente se reclasificaron en las categorías propuestas en la **Tabla 23** para evaluar la resistencia de la vivienda frente a eventos de incendios como indicador de la vulnerabilidad desde una dimensión económica y el riesgo de perder un bien raíz y los bienes muebles que se encuentran al interior de la vivienda.

Caracterizando los resultados de los valores de la reclasificación del índice de materialidad, se puede decir que la mayoría de las manzanas predomina la categoría Aceptable y no represan mayor vulnerabilidad en la pérdida total de las viviendas frente a eventos de incendios por la condición de resistencia de los materiales de construcción.

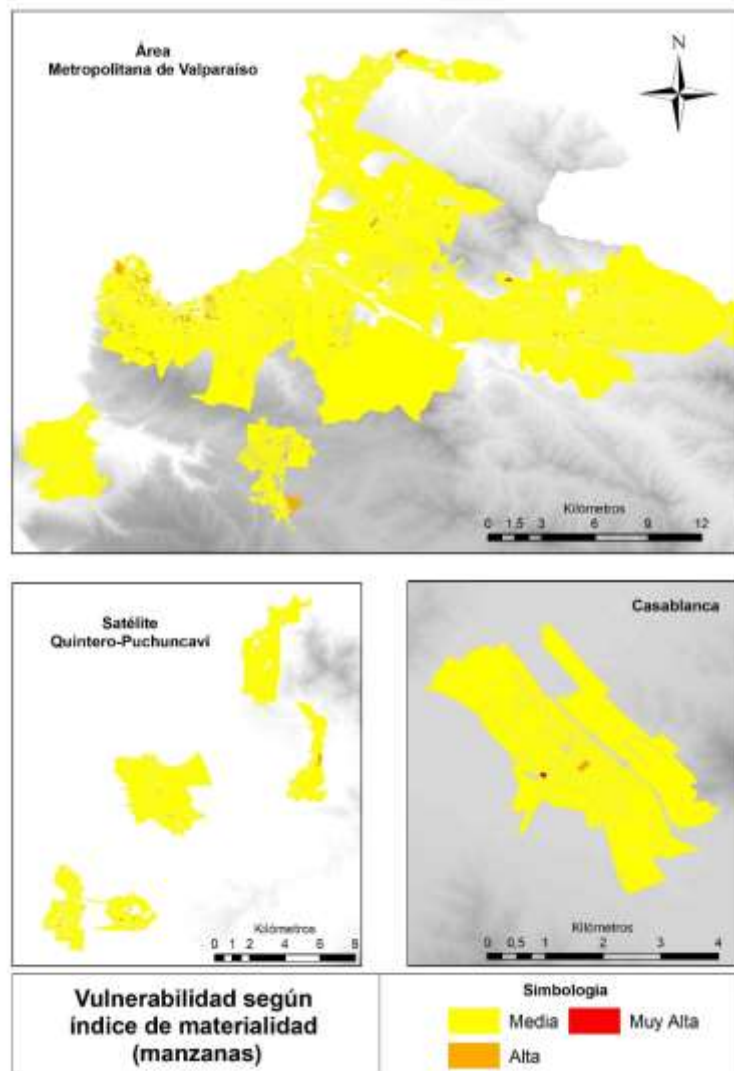
Las manzanas donde predominan las viviendas con un índice de materialidad Recuperable, por lo tanto, de Media vulnerabilidad, son un total de 325 y predominan en las comunas de Valparaíso, Viña del mar, Quilpué y Villa Alemana, las cuales se encuentran más concentradas en las primeras dos comunas mencionadas y en las últimas dos se encuentran dispersas. Además, hay que mencionar que en Casablanca solo una manzana se reclasificó como Recuperable y en el Satélite Quintero-Puchuncaví solamente 18.

Si bien la metodología propuesta permite identificar las manzanas más vulnerables frente a eventos de incendios forestales, por la naturaleza de los datos evaluados luego reclasificados y la realidad de las viviendas del área metropolitana de Valparaíso y las comunas adyacentes sólo 30 manzanas fueron identificadas como un rango alto de vulnerabilidad y no se logran dimensionar a la escala de trabajo, pero los valores si son considerados en la construcción del **Mapa 16** con las demás subvariables trabajadas.

De estas 30 manzanas 12 corresponden a Valparaíso en el sector del Cerro Cordillera, Cerro La Cruz, Los Placeres y una en el sector de Quebrada Verde. Luego Viña del Mar cuenta con 13 manzanas con una vulnerabilidad Alta concentrados en el sector de Chorrillos y Reñaca Alto, además de algunas por Glorias Navales y el Olivar. El resto son 2 manzanas en Quilpué en el Retiro y el Sauce, 2 manzanas en el Quintero y una en Casablanca.

La **Figura 22** muestra los resultados descritos y se visualiza que en las zonas periféricas del Área Metropolitana de Valparaíso las manzanas tienen un rango de Baja vulnerabilidad debido a la condición de Aceptable en su índice de materialidad.

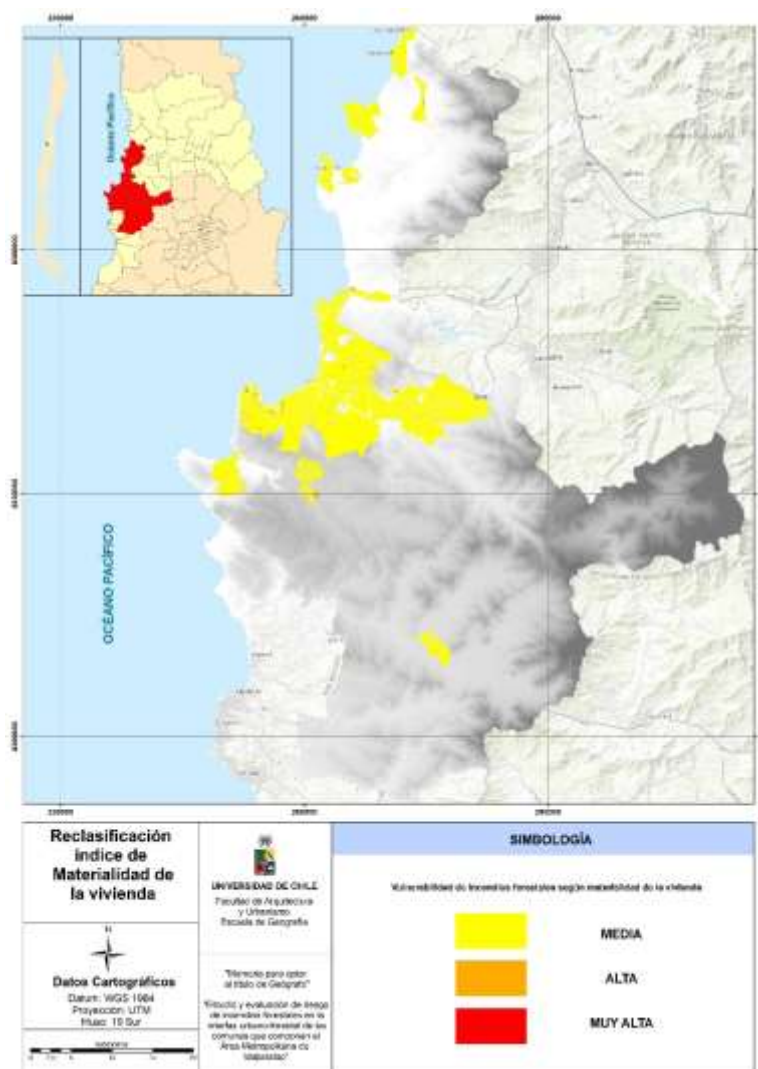
Figura 22: Manzanas con índice de materialidad reclasificado.



Fuente: *Elaboración propia.*

La reclasificación del índice de materialidad generó el **Mapa 14** donde predomina la baja vulnerabilidad producto de la reclasificación del índice de materialidad, a pesar de ello se divisan manzanas con media y alta vulnerabilidad en la zona urbana del Área Metropolitana de Valparaíso, el sector de Placilla, dentro del Satélite Quintero Puchuncaví y el centro urbano de Casablanca.

Mapa 15: Reclasificación índice de materialidad.



Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.6. Juicios de valor variable vulnerabilidad

La comparación entre pares para la variable de vulnerabilidad se expresa en la **Tabla 30**, donde se aprecia que las subvariables que tienen el mayor peso son la densidad de la población y la cercanía a campamentos. Posterior en segundo lugar, el nivel socio económico de la población seguido de la materialidad de la vivienda y finalmente la subvariable que menor valoración se le asignó fue el uso de suelo.

La asignación de los valores en el juicio de valor responde a la relación directa de las subvariables de vulnerabilidad con la vida humana, así el densidad de la población y la cercanía a población vulnerable como la que habita en campamentos se llevan el mayor peso en la comparación entre pares, luego el NSE relacionado con la capacidad de recuperación post-desastre y finalmente temas relacionados con la materialidad de vivienda, disipación de bienes y servicios en el territorio como lo es el uso de suelo.

Tabla 30: Juicios de valor subvariable vulnerabilidad

FACTORES	Juicios de valor				
	Uso de suelo	Densidad de la población	Materialidad de la vivienda	Cercanía a campamentos	Nivel socioeconómico
Uso de suelo	1	1/5	1/3	1/5	1/3
Densidad de la población	5	1	5	1	3
Materialidad de la vivienda	3	1/5	1	1/5	1/3
Cercanía a campamentos	5	1	5	1	3
Nivel socioeconómico	3	1/3	3	1/3	1

Fuente: *Elaboración propia.*

A partir de los resultados obtenidos para cada factor, es posible establecer los siguientes valores ponderados (

Tabla 31) el grado de consistencia de la matriz para la variable de vulnerabilidad es del 0,6. Es decir está dentro de los rangos aceptables para la comparación de pares.

Tabla 31: Ponderación valores de vulnerabilidad.

Subvariables o factores	AHP
Uso de suelo	0,054
Densidad de la población	0,353
Materialidad de la vivienda	0,087
Cercanía a campamentos	0,353
Nivel socioeconómico	0,152

Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.7. Zonas de vulnerabilidad para el Área Metropolitana de Valparaíso y comunas adyacentes.

En esta investigación se zonificó la vulnerabilidad de incendios forestales contemplando subvariables que involucran directamente a la población, como la densidad de población por manzana, los grupos socioeconómicos y la cercanía a campamentos. Y de forma indirecta el uso de suelo y la materialidad de la vivienda.

En el **Mapa 16** se muestran las diferentes zonas de vulnerabilidad de incendios forestales, reconociendo de inmediato que las zonas de alta vulnerabilidad se concentran en torno al Área Metropolitana de Valparaíso. Esto es debido a que la información disponible de la población se concentra dentro de los límites urbanos, pero gracias a la información sobre campamentos de las ocho comunas, se pudo extender el factor humano fuera del límite urbano y dentro de la interfaz.

Como resultados se divisa que 2202,65 kilómetros cuadrados corresponden a zonas de baja vulnerabilidad representando un 88,28% del área de estudio, 180,08 kilómetros cuadrados son zonas de media vulnerabilidad con un 7,82 % y 96,26 kilómetros cuadrados son zonas de alta vulnerabilidad de incendios forestales con un 3,9%.

Estas últimas zonas se concentran en el Área Metropolitana, específicamente en las comunas de Valparaíso y Viña del mar, debido a la cantidad de población que albergan, por ende, gran volumen de viviendas, además de que son las comunas con más campamentos de la región y el país.

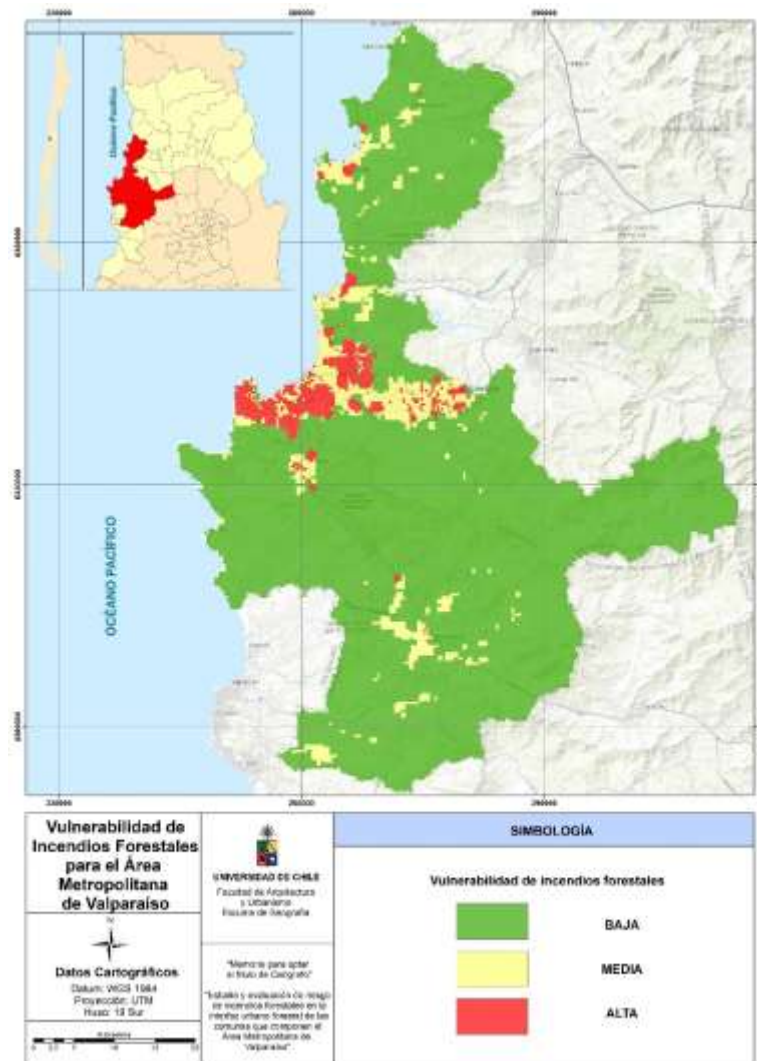
El uso de suelo determinó la forma que adaptaron las zonas de media y alta vulnerabilidad, debido a que su reclasificación abarcó los asentamientos urbanos, zonas industriales y de valor productivo, pese a que en la comparación entre pares es la subvariable con menos valor.

Por otro lado, se identificaron zonas de alta vulnerabilidad en el sector de Placilla en Valparaíso, en contraste con Curauma, que, si bien ambos lugares son aledaños a coberturas vegetales combustibles y zonas de amenaza, Placilla concentra población de los grupos socioeconómicos C3 y D, en cambio Curauma ABC1 y C2.

En cuanto a las manzanas donde la materialidad de la vivienda es precaria presentando al menos un indicador irrecuperable en sus materiales de construcción, por ende, una muy alta vulnerabilidad frente a incendios, se puede decir que de treinta y cuatro manzanas donde predominan este tipo de viviendas en el área de estudio, treinta se encuentran en zonas de alta vulnerabilidad frente a incendios forestales y el resto en zonas de media vulnerabilidad.

De estas treinta, trece pertenecen a la comuna de Viña del mar, otras trece a la comuna de Valparaíso, dos en Quintero, una en Quilpué y una en Casablanca.

Mapa 16: Vulnerabilidad de incendios forestales en el Área Metropolitana de Valparaíso.



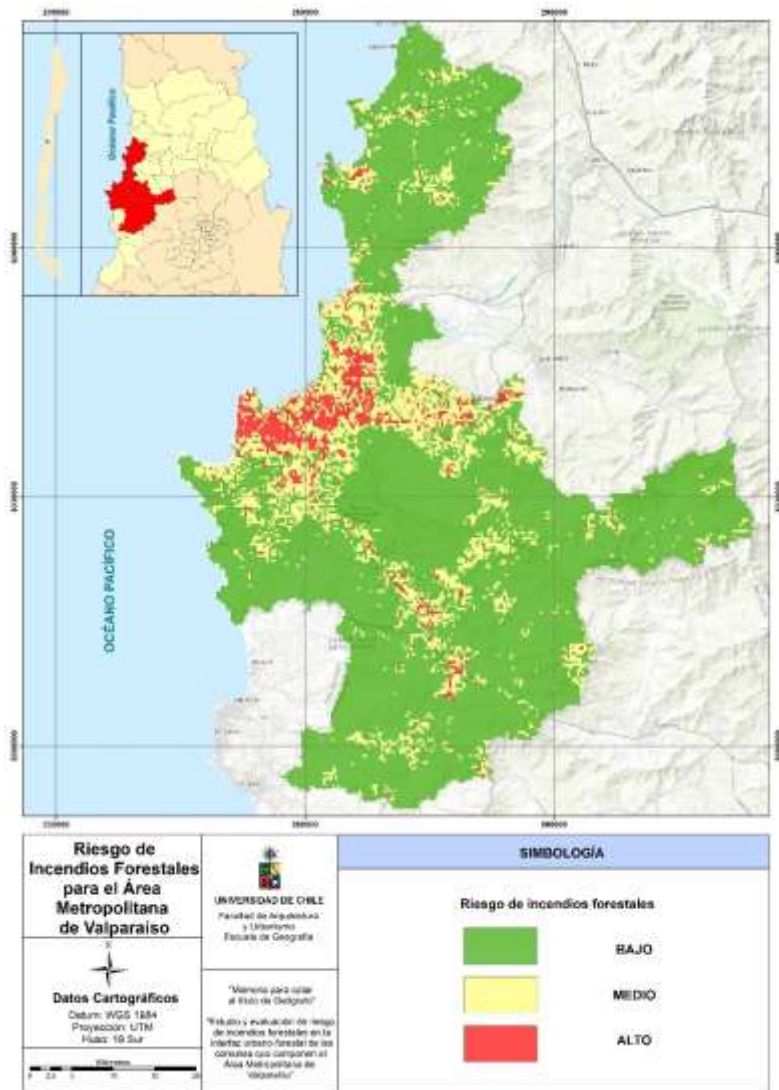
Fuente: *Elaboración propia.*

4.3. ZONAS DE RIESGO PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE VALPARAÍSO Y COMUNAS ADYACENTES

El *Mapa 17* representa el cruce entre los mapas de amenaza y vulnerabilidad para la totalidad del área de estudio, con representación de las diez subvariables consideradas para zonificar el riesgo

El análisis de la distribución del riesgo de incendios forestales en el área de estudio genera una base para la toma de medidas adecuadas en materias de prevención con el fin de disminuir las externalidades negativas que se desencadenan al materializarse el desastre.

Mapa 17: Riesgo de incendios forestales en el Área Metropolitana de Valparaíso.



Fuente: *Elaboración propia.*

Las zonas con bajo riesgo se extienden por 1904,88 kilómetros cuadrados, representando un 76,35% del área de estudio, abarcando las zonas próximas a la costa hacia el norte y sur del Área Metropolitana de Valparaíso y el centro del área de estudio, debido a su condición con muy poca intervención humana, sin grandes caminos y pocos habitantes se mantiene con bajo riesgo, pese al contenido vegetal, altas pendientes y exposiciones propicias para la ignición y propagación de incendios.

Advirtiendo las prácticas para evitar el inicio y propagación del fuego, principalmente las que coinciden con actividades agrícolas y forestales. Las zonas de riesgo medio actúan como área de influencia de las zonas de alto riesgo, separando a la categoría más baja de la más alta.

En cuanto a las zonas de alto riesgo, se concentran en el Área Metropolitana de Valparaíso debido a la confluencia de las subvariables de amenaza y vulnerabilidad que indicaban rangos altos, con un área de 109,77 kilómetros cuadrados, 4,4% del área de estudio.

Si bien los números indican que solo el 4,4% del área de estudio representa un riesgo de incendio forestal, la ubicación de estas zonas va a determinar que el desencadenamiento de un evento de desastre relacionado con el fuego pueda generar daño directo, ya sea a población que habita en campamentos, en viviendas precarias o perteneciente a grupos socioeconómicos más vulnerables.

En la comuna de Valparaíso los cerros afectados por eventos de incendios forestales han disminuido su población debido a la relocalización de damnificados con viviendas de emergencia en otras comunas aledañas y por otro lado la búsqueda de opciones más seguras para personas con un nivel adquisitivo mayor. (Poduje *et al.*, 2018).

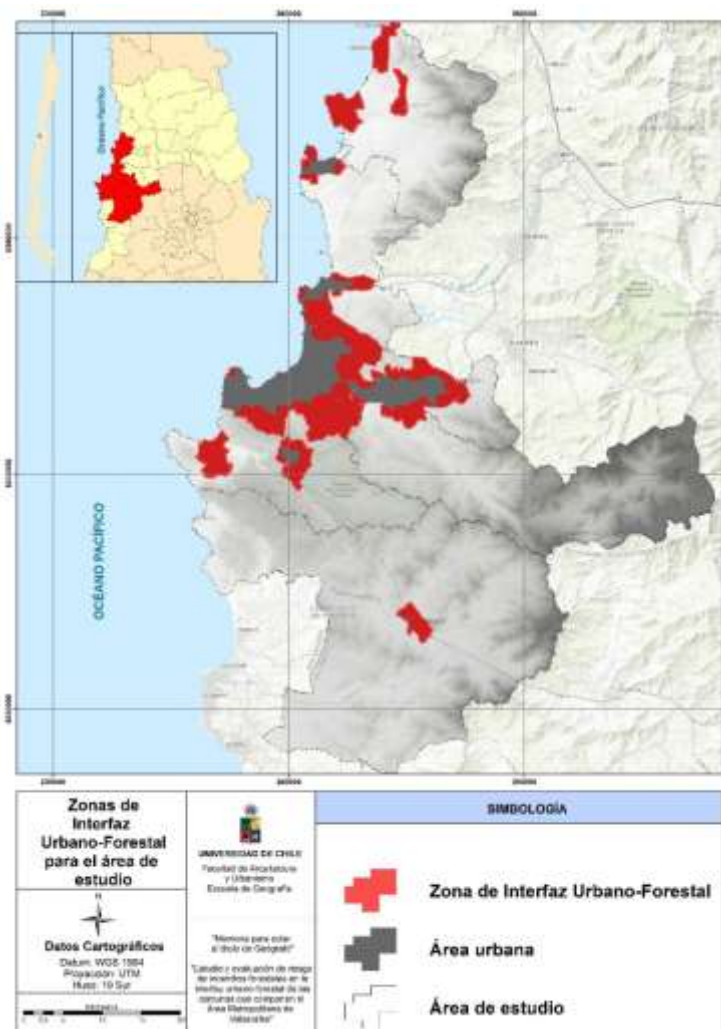
4.4. ZONA DE INTERFAZ URBANO-FORESTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área total de las zonas de interfaz urbano-forestal es de 232,57 Kilómetros cuadrados, representando un 9,3% del área de estudio. En este sentido las zonas de bajo riesgo abarcan 92,92 Kilómetros cuadrados representando un 39,95% de la interfaz y se concentran al norte del área de estudio entre Quintero y Puchuncaví, el sector de Laguna Verde en Valparaíso, también en la comuna de Casablanca y los sectores menos intervenidos de Viña del mar.

Las zonas de medio riesgo de incendios en la interfaz abarcan 100,1 kilómetros cuadrados con un 43% y las zonas de alto riesgo 39,55 kilómetros cuadrados con un 17,05%.

El **Mapa 18** es el resultado de la intersección de la área urbana y la cobertura vegetal combustible más las áreas de amortiguación para cada uno, producto de lo ilustrado en la **Figura 12**. En color rojo la interfaz urbano-forestal que fue intersecada con el mapa de riesgo para general finalmente el **Mapa 19**.

Mapa 18: Interfaz urbano-forestal para el área de estudio.



Fuente: *Elaboración propia.*

En la interfaz predominan pendientes reclasificadas como baja amenaza, es decir entre 0 a 30 % y media amenaza también en menor medida, debido a que la reclasificación de valores de alta amenaza se ubica hacia la cordillera de la costa, al este del área de estudio sin comprometer a la interfaz.

En el caso de la exposición solar gran parte de la interfaz coincide con valores de alta amenaza, es decir exposición plana y solana explicando la relación con la alta presencia de material seco en el periodo estival.

En cuanto con la red vial que coincide con las zonas de alto riesgo en la interfaz se encuentran las siguientes: Cruce ruta 68 a la altura de Placilla con el camino de la pólvora Valparaíso. La ruta 60 cruce vía La Palmas y cruce ruta 68, además de la ruta 64 cruce vía Las Palmas y cruce ruta 60. Así se evidencia la influencia de los caminos en el desarrollo de incendios forestales en el área de estudio.

Las zonas urbanizadas en las inmediaciones de áreas forestales no solo son receptoras de los efectos del fuego y del humo, sino que frecuentemente son ellas mismas fuente de nuevos focos de incendio. Alcázar (1998) en (Caballero, 2001).

En este sentido, en la interfaz existen mil quinientas cinco manzanas ubicadas en zonas de alto riesgo, de un total de seise mil trecientas sesenta y cinco manzanas. En la **Tabla 32** se puede apreciar que el grupo socioeconómico más expuesto es el grupo D con cuatrocientas ochenta y siete manzanas, seguido del C3 con cuatrocientas sesenta y cuatro y el E con doscientas cincuenta y uno, es decir los tres grupos más vulnerables económicamente son los más expuestos a riesgos de incendios en la interfaz urbano-forestal del área de estudio.

Tabla 32: Grupos socioeconómicos en zonas de alto riesgo en la interfaz urbano-forestal.

GSE en zonas de alto riesgo en la interfaz	
GSE	Manzanas
ABC1	104
C2	199
C3	464
D	487
E	251
Total	1.505

Fuente: *Elaboración propia.*

Los resultados muestran que existen cuarenta y tres campamentos ubicados en las zonas de interfaz, todos ellos en zonas de alto y medio riesgo de incendios forestales en todas las comunas a excepción Puchuncaví (*Ver*

Tabla 33). Cabe destacar la presencia de los campamentos más grandes de la región, como el campamento Manuel Bustos, Reñaca Alto, Parcela 11 y Felipe Camiroaga, todos ellos en la comuna de Viña del Mar.

Tabla 33: Número de campamentos en zona de interfaz urbano-forestal por comuna.

Campamentos en interfaz por comuna	
Viña del Mar	18
Valparaíso	15
Villa Alemana	3
Quilpué	2
Concón	1
Quintero	3
Puchuncaví	0
Casablanca	1
TOTAL	43

Fuente: *Elaboración propia.*

La población que habita la interfaz urbano-forestal se encuentra mayoritariamente en zonas de medio riesgo de incendios al igual que la mayoría de las viviendas. En el caso de las zonas de alto riesgo existen 54.813 viviendas y 143.489 personas, es decir el 27,9% de la población que reside dentro de la interfaz lo hace en una zona de alto riesgo de incendios forestales y allí se encuentran el 24% de las viviendas.

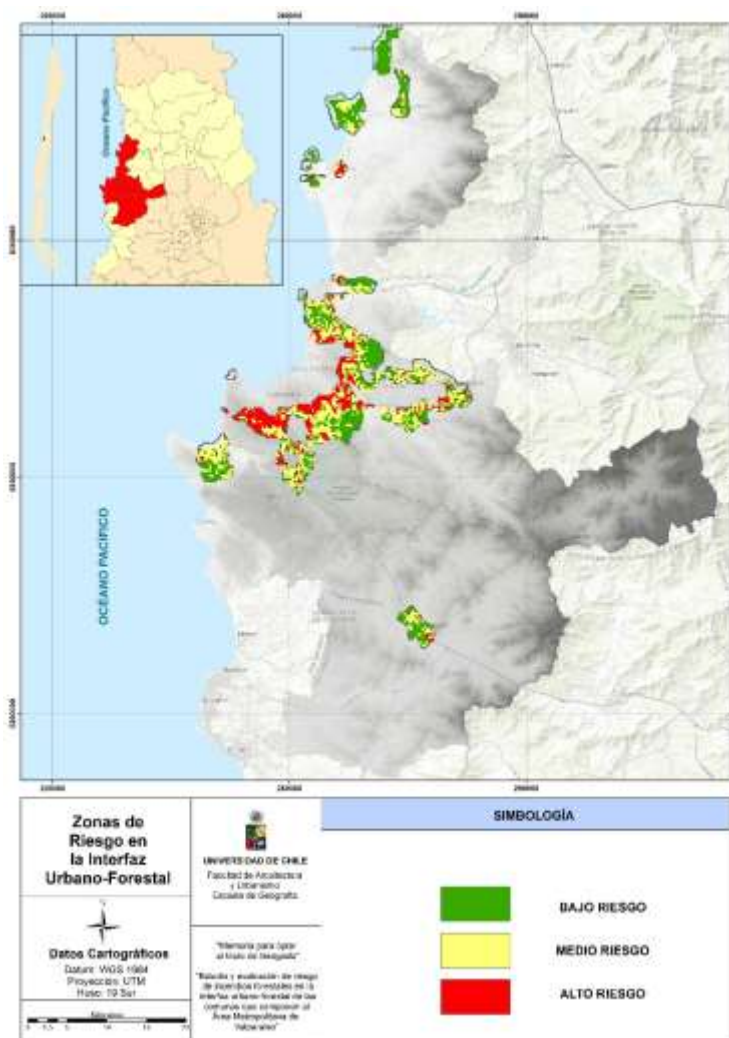
Tabla 34: Exposición de población y viviendas en zona de interfaz urbano-forestal.

Exposición en la interfaz urbano- forestal		
Riesgo	Nº Personas	Nº Viviendas
Bajo	127.724	67.803
Medio	242.901	105.493
Alto	143.489	54.813
Total	514.114	228.109

Fuente: *Elaboración propia.*

Hay que mencionar que solo tres manzanas con muy alta vulnerabilidad por materialidad de la vivienda se encuentran en zonas de alto riesgo en la interfaz, las tres se encuentran situadas en la comuna de Viña del mar, dos en Chorrillos y una en Reñaca Alto.

Mapa 19: Zonas de riesgo de incendio forestal en la interfaz urbano-forestal.



Fuente: *Elaboración propia.*

Las zonas de interfaz urbano-forestal no están consideradas dentro de los instrumentos de planificación territorial ni dentro de ordenanzas especiales de las comunas del Área Metropolitana de Valparaíso. Además, existe una falta de regulación en torno a su uso. Por lo tanto, se evidencia que las zonas de interfaz urbano-forestal en la comuna de Valparaíso no cuentan con un crecimiento planificado por lo que carecen de ordenamiento y funcionalidad, generando condiciones favorables para el inicio y/o propagación de incendios forestales.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1.DISCUSIÓN

Los regímenes de fuego tienen similar comportamiento en regiones mediterráneas y sabanas subtropicales como la de África y Sudamérica (Altamirano et al, 2013) llevando así a comparar puntos de calor, superficies quemadas y el comportamiento del fuego en cantidad e intensidad de los eventos en zonas geográficas distantes, pero con vegetación esclerófila en común, como lo realizado por (Chuvieco et al, 2012) comparando la zona central de Chile con España y Portugal.

Además, en los paisajes mediterráneos de Chile Central, Sur Oeste de Estados Unidos, Sur de Australia, España, Portugal, Francia y Grecia la bibliografía especializada registra antecedentes sobre daños en viviendas por el avance y desarrollo de incendios de interfaz (Garfias *et al*, 2012). Consideración que guarda relación directa con el objetivo general de esta investigación de delimitación, reconocimiento y análisis de zonas de riesgo de incendios forestales con énfasis en la interfaz urbano-forestal.

En términos generales la Región de Valparaíso ha sido un área de interés para desarrollar estudios en torno a los incendios forestales, generando una variada literatura al respecto que aborda diferentes escalas temporales y espaciales (regional, provincial y comunal) con temáticas tales como: los efectos del fuego sobre el paisaje vegetal nativo costero mediterráneo²¹, vulnerabilidad y daño potencial por incendios en áreas de interfaz²², restauración ecológica como estrategia de ordenamiento territorial a partir de factores de riesgo, entre otros.

Esta investigación evaluó el caso de ocho comunas de la región, que junto con de formar parte de un mismo instrumento de planificación territorial, comparten un espacio físico continuo donde históricamente se han desarrollado eventos de desastre relacionados con incendios forestales.

En cuanto a la metodología, el riesgo se abordó por medio de las variables de amenaza y vulnerabilidad, las cuales fueron analizadas a partir de una evaluación multicriterio basada en diferentes experiencias y literatura. Posteriormente el resultado de las ponderaciones se integró para determinar el riesgo, dando énfasis en la interfaz urbano-forestal, área que por su definición se ha comprendido como zona de riesgo (Sirca *et al*, 2017; Caballero, 2011; Castillo, 2013; Chuvieco *et al*, 2010).

En el caso particular de la amenaza, con el estudio realizado por Ubilla-Bravo *et al*, 2013. Donde consideran subvariables por separado para la ignición y la propagación de incendios, evaluando al igual que en esta memoria exposición solar, cercanía a caminos y pendiente. Por otro lado, consideraron importante cercanía a centros poblados, actividades agrícolas y la cubierta vegetal en un contexto de riesgo potencial en los principales asentamientos humanos de la región Metropolitana.

²¹ Castillo, M., Garfias, R., Julio, G., & González, L. (2012). Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile. *Interciencia*, 37(11), 796-804.

²² Castillo, M., Julio, G. & Quintanilla, V. (2009). Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. Chile central. *Territorium*, (18), 247-254.

En Martínez, Chuvieco & Martín (2004). Se identifican variables significativas para la predicción del riesgo de ignición por causas humanas en España, así se determinó que las vías de comunicación (presencia y densidad carreteras y senderos) muestran gran relación con los incendios, por este motivo se incluyó esta subvariable para la estimación de la amenaza demostrando su incidencia en el reconocimiento de estas zonas.

La exploración hacia factores que contemplen la vulnerabilidad dentro de los estudios de riesgo ha llevado a probar distintos métodos y variables debido a la complejidad de las interrelaciones entre el paisaje natural y social que se desarrolla en el territorio. Como experiencia de cartografía sobre vulnerabilidad, en Estados Unidos se contemplan factores como la superficie forestal, la densidad de la población y la densidad de viviendas (Badia, Tulla & Vera, 2010).

A modo de ejemplo, en la propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad en temáticas de incendios forestales (Aragoneses & Rábade, 2004) interpretan la vulnerabilidad de la población a partir de indicadores como la ocupación, la colindancia y dispersión para determinar la presencia y dinámicas de habitación dentro del sistema forestal y así priorizar la protección civil. En el caso de esta memoria las subvariables que contemplan la vulnerabilidad de la población apuntan hacia la concentración en una escala de manzanas, los grupos socioeconómicos y la ubicación de población ya vulnerable como los habitantes de campamentos.

La implementación de metodologías que aborden la vulnerabilidad ha procurado valorizar económicamente los daños y perjuicios ocasionados por el paso del fuego, identificando el cambio neto en el valor de los recursos y valor de uso como el paisajístico, turismo, ocio y recreación entre otros (Rodríguez, Silva & Soto, s/f). Así la identificación de los principales usos de suelos afectados y la materialidad de la vivienda permitieron integrar esta arista de la vulnerabilidad en la definición de las áreas de riesgo.

En cuanto a la definición de áreas de interfaz urbano-forestal se adoptó lo planteado por Mogduno *et al*, (2016) donde se propone como análisis geoespacial de la interfaz urbano-forestal, la fusión de dos capas una de áreas silvestres con combustibles forestales y otra de zonas urbanas. Garantizando en el análisis la inclusión de áreas residenciales y unidades industriales, comerciales entre otros.

Existen otras propuestas que varían en los valores de las áreas de amortiguación en diferentes países europeos, como lo muestra la **Tabla 25**. Sin embargo, Sarricolea *et al* (2019) muestra la implementación del modelo de Mogduno (**Ver Figura 12**) en el estudio de incendios forestales, área quemada y exposición de la población en la interfaz urbano-forestal en la zona central de Chile.

En cuanto a los resultados de la investigación se puede confirmar que en la zona de interfaz se reúnen elementos que potencian el riesgo de incendios forestales, en primer lugar, por la presencia de población vulnerable, aumentando su exposición y, en segundo lugar, por el continuo desarrollo de eventos de incendio cada temporada cercana al AMV.

En el trabajo realizado por Castillo, Julio & Quintanilla (2009). Determinaron las zonas de interfaz en la provincia de Valparaíso presentan elevados niveles de riesgo debido a la alta intencionalidad de un segmento de la población residente en estas áreas y condiciones climáticas y topográficas que favorecen el avance descontrolado del fuego.

A modo general, Chile debe aprender de casos internacionales, por ejemplo, Colombia en el ámbito territorial posee una institucionalidad para la gestión del riesgo que se sustenta en procesos, estrategias, proyectos específicos de corto, mediano y largo plazo realizados por los actores en el territorio, junto con departamentos, municipios y regiones respectivos y aportando en los procesos de conocimiento del riesgo, su reducción y el manejo del desastre. Este desarrollo institucional se lleva a cabo mediante una estructura organizativa, instrumentos de planificación, sistemas de información y mecanismos de financiamiento (Calderón Ramírez & Frey, 2017).

5.2. CONCLUSIONES

La dinámica de incendios forestales en el área de estudio durante 2000-2017, se caracteriza por la gran cantidad de eventos cada temporada, con algunos de gran magnitud y extensión en el área quemada perjudicando principalmente a las comunas de Valparaíso y Viña del mar.

En la evaluación de la amenaza la densidad de eventos de incendios jugó un rol protagónico, viéndose toda el AMV involucrada, además de las principales autopistas que indicaron que su presencia en zonas periurbanas y rurales generan condiciones de amenaza como el camino internacional y la ruta 68 CH. También la distribución del área quemada mostró que Valparaíso y Casablanca son las comunas con más kilómetros cuadrados consumidos por el fuego.

En cuanto a la vulnerabilidad, se buscó agrupar elementos que en su conjunto mostraran y cuantificaran a la población, actividades y bienes materiales expuestos a incendios. En este sentido la incorporación de los campamentos involucra a población ya vulnerable que no es contemplada por la planificación y muchas veces olvidada, además de incorporar la vulnerabilidad desde punto de vista económico, identificando cuanta población puede resistir y sobreponerse ante el desastre.

Por otra parte, el área urbana consolidada de igual forma se ve afectada por los incendios, puesto que en el Área Metropolitana se entremezcla con la zona de interfaz. Un ejemplo de esto es el camino troncal que conecta la comuna de Quilpué y Viña del Mar, pues por ambos lados de la vía existen concentraciones de material combustible a pesar de encontrarse en un área urbana.

Dentro del análisis se identificó que el 13,9 % de la población del área de estudio se encuentra habitando una zona de alto riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal, además de 54.813 viviendas expuestas.

En cuanto a los resultados de esta investigación, las zonas de riesgo identificadas pueden aportar en la toma de decisiones, por ejemplo, en la definición de las comunidades

beneficiadas con el proyecto “Comunidades Preparadas” de CONAF, pues la región pese a los constantes eventos de incendio en cada temporada no cuenta con la implementación de este proyecto.

La determinación de áreas de riesgo, junto a la propuesta de medidas de prevención y mitigación, viene a suponer una serie de medidas conjuntas y prospectivas, las cuales traerían consigo una disminución del riesgo a partir de la gestión local, enfocándose en la fase de respuesta ante la materialización del desastre.

Tener estado de conciencia sobre la extensión de estas zonas es vital para generar estrategias de gestión de riesgos de incendios forestales, priorizando tiempo y recursos por parte de las autoridades locales. Es ahí donde el desarrollo de investigación y metodologías que permiten mapear el riesgo de incendios es imprescindible para la reducción del riesgo de desastre.

Finalmente, entender al ordenamiento territorial como una función pública para la acción administrativa y la planificación permite posicionar la gestión del riesgo de desastres como uno de los procesos fundamentales para avanzar en el desarrollo del territorio, rompiendo con la dualidad urbana y rural.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

- Abarca, O. & Quiroz, J. (2005). Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay. *Agronomía tropical*, 55(1), 35-62.
- Aguirre, B. (2004) Los desastres en Latinoamérica: vulnerabilidad y resiliencia. *Revista mexicana de sociología*, 66(3), 485-510.
- Alcántara Díaz, T. (2019). La gestión integral del riesgo de incendios en las zonas de interfaz urbano-forestal: el caso del megaincendio de Valparaíso| 2014.
- Anchaluisa, S., y Suárez, E. (2013). Efectos del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5(2), 14-23.
- Araque Jiménez, E., Sánchez Martínez, J. D., Moya García, E., & Pulido Mérida, R. (1999). Los incendios forestales en Andalucía y Extremadura durante el tránsito de los siglos XIX al XX. Universidad Internacional de Andalucía.
- Aragonese, C. & Rábade, J. M. (2004). Propuesta metodológica para el Análisis de la Vulnerabilidad y de la Gravedad Potencial de los Incendios Forestales en el marco de la Protección Civil. In II Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales. Córdoba (pp. 19-22).
- Aponte, P., & Freddy, A. (2005). El papel del geógrafo en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA). *Terra Nueva Etapa*, 21(30), 13-28.
- Arenas, F., Lagos, M., Hidalgo, R. (2010). Los riesgos naturales en la planificación territorial. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro de Políticas Públicas UC.
- Badia, A., Tulla, A. F., & Vera, A. (2010). Los incendios en zonas de interfase urbano-forestal. La integración de nuevos elementos en el diseño de la prevención. *Scripta Nova*, 14(60).
- Bermúdez, C. (1997) en Pedernera, P., & Castillo, M. (2003). Vigencia del Índice de Riesgo de Incendios Forestales. XIII Jornadas del Comité de Despachadores.
- Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental hazards*, 7(1),

20-31.

- Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P. & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural hazards*, 67(2), 193-211.
- Briones, F., (2005). La Complejidad del Riesgo: breve análisis transversal. *Revista de la Universidad Cristóbal Colón*, (20), 9-19.
- Bohórquez, J. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2013(81), 79-93.
- Caballero, D. (2001). Particularidades del incendio forestal en el interfaz urbano. Caso de estudio en la Comunidad de Madrid. II Jornadas de Prevención de Incendios Forestales. ETSI Montes. Madrid.
- Caballero, D. (2004). Gestión de los riesgos de incendios en la interfase forestal-urbana: Proyecto WARM. En IIº Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección contra los incendios Forestales (pp. 1-16).
- Calderón Ramírez, D., & Frey, K. (2017). El ordenamiento territorial para la gestión del riesgo de desastres en Colombia. *Territorios*, (36), 239-264.
- Campos-Vargas, M., Toscana-Aparicio, A., & Campos Alanís J. (2015). “Riesgo socionaturales: vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial”. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 24 (2): 53-69. DOI: 10.15446/rcdg.v24n2.50207.
- Cardona, O. D. (1996). Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados. Fernández, María Augusta (comp.), Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres, Bogotá, La Red.
- Carvajal, M. & Alaniz, A. (2019). Incendios forestales en Chile central en el siglo XXI: impacto en los remanentes de vegetación nativa según categorización de amenaza y recuperación de cobertura. *Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Editorial Universidad de Los Lagos: 487-504.
- Castillo, M., Garfías, R., Julio, G., Correa, L. (s/f). Incendios Forestales en Chile. Análisis general de riesgos. 639-650.
- Castillo, M. (2007). Los Sistemas de Información Geográfica en el Sector Forestal. En: *Biodiversidad. Manejo y Conservación de Recursos Forestales*, Editorial Universitaria, ISBN 978-956-11-1969-7, Chile, Santiago, 147-167.

- Castillo, M., Quintanilla, V. & Julio, G. (2009). Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, Provincia de Valparaíso. Chile central. *Territorium*, (18), 257-254.
- Castillo, M., (2013). *Integración de variables y criterios territoriales como apoyo a la protección contra incendios forestales. Área piloto: Valparaíso-Chile Central* (Tesis para optar al grado de Doctor). Universidad de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Castillo, M., Julio-Alvear, G., & Salinas, R. G. (2015). Current Wildfire Risk Status and Forecast in Chile: Progress and Future Challenges. In *Wildfire Hazards, Risks and Disasters* (pp. 59-75).
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. CR2. (2015). *La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro* [Informe técnico]. Santiago de Chile.
- Consorcio para el Servicio de Prevención, Extinción de Incendios, Protección Civil y Salvamento de Guadalajara. CEIS. (2015). *Incendios de vegetación. Manual de incendios, Parte 6*. México, Guadalajara.
- Chardon, A. (2002). *Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales. El ejemplo andino de Manizales, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Chardon, A. (2008) Amenaza, Vulnerabilidad y Sociedades Urbanas. Una visión desde la dimensión institucional. *Gestión y Ambiente*, 11(2), 123-136.
- Chuvieco, E., Martín, M. P., Martínez, J. & Salas, F. J. (1998). Geografía e incendios forestales. *Serie Geográfica*, 11, 11-17.
- Chuvieco, E. (2009). Detección y análisis de incendios forestales desde satélites de teledetección. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 103(1), 173-182.
- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M. P., & De La Riva, J. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221(1), 46-58.
- Chuvieco, E., Cifuentes, Y., Hantson, S., López, A. A., Ramo, R., & Torres, J. (2012). Comparación entre focos de calor MODIS y perímetros de área quemada en incendios mediterráneos. *Revista de Teledetección*, 37, 9-22.
- Corporación Nacional Forestal. CONAF. (2006). Manual de Medidas Prediales de Protección de Incendios Forestales. Documento de trabajo N° 451.
- Corporación Nacional Forestal. CONAF. (2015). ¿Cómo preparo mi casa y entorno frente a los incendios forestales? Manual de prevención de incendios forestales. Documento de trabajo N° 601.

- Corporación Nacional Forestal. CONAF. (2015). Metodología para la elaboración de planes comunitarios de prevención de incendios forestales. Comunidad preparada frente a los incendios forestales.
- Corporación Nacional Forestal. CONAF. (2017). *Análisis de la Afectación y Severidad de los Incendios Forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile* [Informe Técnico]. Santiago, Chile.
- Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M. & Kraus, D. (2011). La prevención de los grandes incendios forestales adaptada al incendio tipo. UTGRAF–Bombers de la Generalitat de Catalunya.
- De Castro, S. D. A. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. *Scripta Nova*, (60).
- Del Hoyo, L., Martín, M. & Vega, J. (2008). Empleo de técnicas de regresión logística para la obtención de modelos de riesgo humano de incendio forestal a escala regional. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (47), 5-29.
- De la Riva Fernández, J., & Cabell, F. P. (2005). El factor humano en el riesgo de incendios forestales a escala municipal. Aplicación de técnicas SIG para su modelización. *Congresos Forestales*.
- Eastman, J. (2006). *IDRISI Andes, Guide to GIS and Image Processing*. United States, Worcester MA: Clark Labs, Clark University.
- Escolano, S. (2002). Densidad de población y sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza. En Peña, J. & Longares, A. (Eds.), *Aportaciones geográficas en memoria del Profesor L. Miguel Yetano* (pp.173-182). Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza.
- Esse, C., Valdivia, P., Encina-Montoya, F., Aguayo, C., Guerrero, M., & Figueroa, D. (2014). Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile. *Bosque*, 35(3), 289-299.
- Fay, M., Ghesquiere, F., & Solo, T. (2003). Desastres Naturales y Pobres Urbanos. *En Breve*, 32.
- Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M. & Montenegro, G. (2010). *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica y Corporación Nacional Forestal.
- Ferrando, F. (2003). En torno a los desastres naturales: Tipología, conceptos y reflexiones. *Revista Invi*, 18(47), 13-29.
- Flores, P., Juzam, L., Miranda, F., Vergara, F. (2019). Modelo de gestión de riesgo de desastres en campamentos. Serie Policy papers. CIGIDEN.

- Franco, C. (2011). *Desarrollo de un modelo basado en análisis espacial multicriterio para la determinación de unidades de ordenación forestal. Caso del departamento de del Casanare* (Tesis para optar al título de Magister en Geomática). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Fundación Mi Parque. (2014). Propuesta de Fundación Mi Parque para convertir las quebradas de Valparaíso en espacio públicos. *Plataforma urbana*.
- Galiana, L. (2012). Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (58), 205-226.
- Garfías, R., Castillo, M., Ruiz, F., Quintanilla, V., & Antúnez, J. (2012). Caracterización socioeconómica de la población en áreas de riesgo de incendios forestales. Estudio de caso. Interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. Chile central. *Territorium*, (19), 101-109.
- González, J., Fernández, M. C. & Gimeno, G. P. (1992). Efectos de los incendios forestales sobre el suelo. *Suelo y Planta*, 2(1), 71-79.
- González-Calvo, A., Hernández Leal, P. A., Arbelo, M., Barreto, A. & Arvelo-Valencia, L. (2007). Evaluación del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos AVHRR y MODIS. San Cristóbal de la Laguna, España: Universidad de la Laguna.
- González, M., Lara, A., Urrutia, R. & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°-42° S). *Bosque*, 32(3), 215-219.
- González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A.M., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R.,J., Ponce, R.,Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J.P., C., Carrasco, Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I. 2020. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile.
- Heikkilä, T. V., Grönqvist, R., & Jurvélius, M. (2010). *Wildland fire management: handbook for trainers*. Food and Agriculture Organization.
- Humerez, A. & Balboa, A. (2012). Estudio fundado de riesgos. Plan regulador metropolitano de Valparaíso. Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Región de Valparaíso.
- Icona, E. (1993). Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995. Cataluña. Lleida. MAPA. Madrid.

- Instituto Nacional de Estadísticas. INE. (2016). Informe Anual de Medio Ambiente. Capítulo N°5 Agua.
- Instituto Nacional de Estadística. INE. (2018). Base cartográfica censal. Alcances y consideraciones para el usuario. Departamento de Geografía.
- Julio, G. (1990). Diseño de índices de riesgo de incendios forestales para Chile. *Bosque*, 11(2), 59-72.
- Junta de Andalucía, (s/f). Análisis de Riesgo, Plan INFOCA.
- Julio, G. (1996). Fundamentos del manejo del fuego. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Departamento de Manejo de Recursos Forestales.
- Koutsias, N., Balatsos, P., & Kalabokidis, K. (2014). Fire occurrence zones: kernel density estimation of historical wildfire ignitions at the national level, Greece. *Journal of Maps*, 10(4), 630-639.
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. *Ciudades en riesgo*.
- Lavell, A. (2002). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Scripta-Nova*.
- López, V. (2013). El Gran Valparaíso y sus grandes campamentos. Plataforma urbana.
- Magrini, C., & Varela, S. (2016). Valparaíso H30. Humedad y restauración ecológica: estrategias para un ordenamiento territorial desde sus factores de riesgo. *Revista AUS*, (19).
- Magrini, C., & Varela, S. (2018). Frente a la emergencia.: Una aproximación fenomenológica al territorio desde la Academia. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 7(14), 83-91.
- Matyas, D., & Pelling, M. (2012). Disaster Vulnerability and Resilience: Theory, Modelling and Prospective. Report produced for the Government Office of Science, Foresight project 'Reducing Risks of Future Disasters: Priorities for Decision Makers' Crown Copyright, London.
- Martínez, J., Chuvieco, E., & Martín, P. (2004). Estimación de factores de riesgo humano de ignición en España mediante regresión logística. In *Trabajo presentado en el II Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas Contra Incendios Forestales, Córdoba, España*.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. MAGA. (2005). Metodologías para la evaluación de daños en áreas afectadas por incendios forestales. Proyecto FAO TCP/GUA/2903 (A).

- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Documento marco para la Restauración Ecológica. Comité Nacional de Restauración Ecológica.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. MINVU. (2013). Memoria explicativa Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso (PREMVAL). Secretaría Regional Ministerial, Region de Valparaíso.
- MODIS. (s/f). MODIS active fire and burned area products. [En línea]: <http://modis-fire.umd.edu/index.html>
- Modugno, S., Balzter, H., Cole, B., & Borrelli, P. (2016). Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland–Urban Interface areas in Europe. *Journal of environmental management*, 172, 112-126.
- Montealegre, J., & Pabón, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño- La Niña oscilación del sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Bogotá: Meteorología Colombia.
- Montenegro, G., Ginocchio, R., Segura, A., Keely, J. E., & Gomez, M. (2004). Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. *Revista chilena de historia natural*, 77(3), 455-464.
- Moreno, J. (2002). El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. *RECT@ Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, 1, 28-77.
- Muñoz-Robles, C., & Santana-Arias, R. (2018). Puntos de calor en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí: patrones espaciales y factores asociados. *Madera y bosques*, 24 (1).
- Navarro Cerrillo, R. M., Olave Ortiz, F., Hayas, A., & Castillo, M. (2015). Metodología para la elaboración de un plan de restauración post-incendio en Chile: la experiencia del Parque Nacional de Torres del Paine. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 43(1), 53-73.
- Oficina Nacional de Emergencias. ONEMI. (2008). Informe estadístico Sistemas Frontales, Región de Valparaíso. Unidad de Gestión territorial.
- Oficina Nacional de Emergencias. ONEMI. (2016). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (s/f). Resiliencia al cambio climático.
- Organización de las Naciones Unidas. ONU. (2016). Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción de riesgo de desastres. Desarrollo sostenible.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2000). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000. Informe principal.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2006). Comunicación, divulgación y manejo de información forestal. Proyecto PCT/NIC/3102.
- Ortiz, C. (2009). Plan de protección contra incendios forestales para la comuna de Calbuco, Región de Los Lagos. Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar a Título de Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2014). Abrupt climate-independent fire regime changes. *Ecosystems*, 17(6), 1109-1120.
- Pedernera, P., & Castillo, M. (2003). Vigencia del Índice de Riesgo de Incendios Forestales. XIII Jornadas del Comité de Despachadores.
- Peña-Fernández, E., & Valenzuela-Palma, L. (2004). Incremento de los incendios forestales en bosques naturales y plantaciones forestales en Chile. In Memorias del segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: Una visión global (pp. 595-612).
- Peralta, J. (2010). Evaluación del riesgo ante incendios forestales en la cuenca del Río Tempisque, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(45), 33-64.
- Pérez, M. (1997). *Análisis de causalidad de incendios forestales en cuatro regiones de Chile* (Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Poduje, I., Ruiz, M., Iribarne, C., & Vergara, J. (2018). *El Despoblamiento de Valparaíso*. Santiago de Chile: Atisba.
- Poulain, M. (2005). *Análisis de la causalidad de incendios forestales en la zona costera de VII Región, como base para futuras estrategias de prevención* (Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Ramírez, M. (2004). El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del Chaco. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, 1-4.
- Ramos Rodríguez, M. (2010). *Manejo del fuego*. Havana: Editorial Félix Varela.
- Rodríguez, F., Silva, J., & Soto, M. (s/f). Aproximación Metodológica Para la Evaluación del Impacto Económico de los Incendios Forestales, Mediante el Uso de Teledetección Espacial, Aplicación Mediante el Uso de Imágenes Modis.

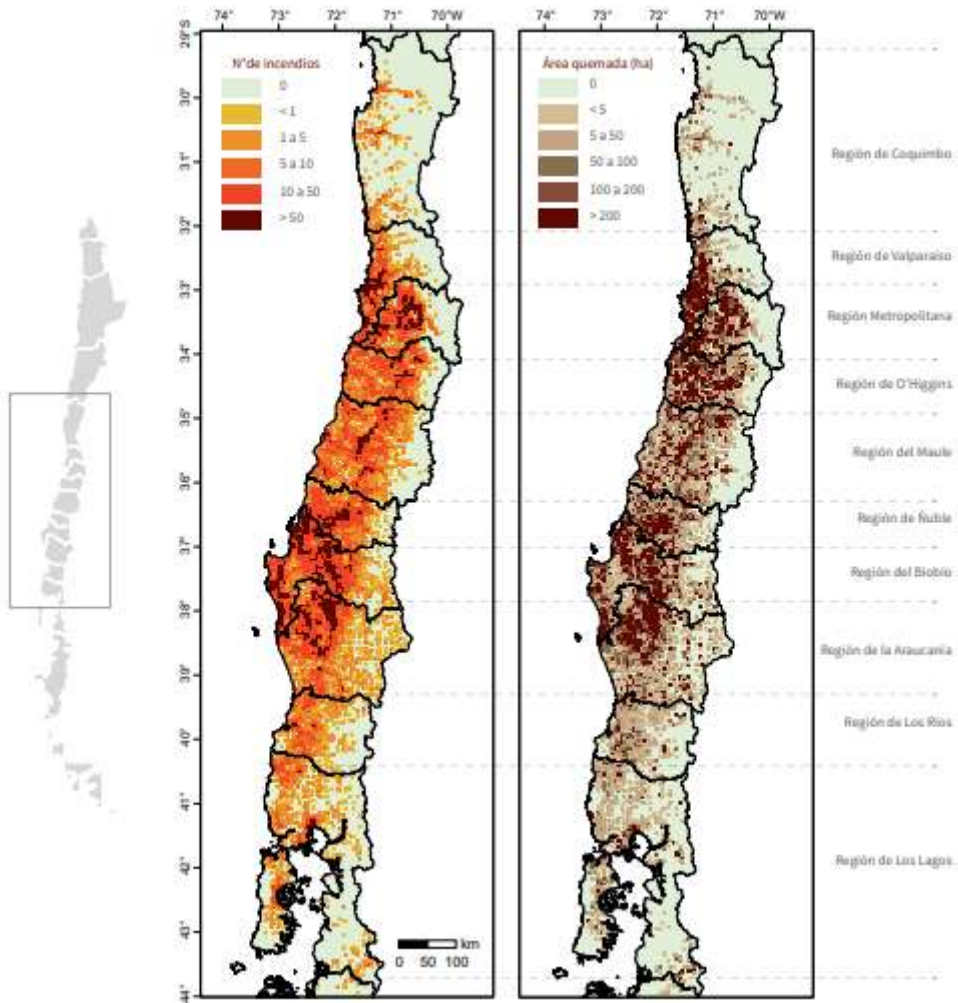
- Romero, H. (2010). La geografía de los riesgos y catástrofes y algunos de sus aportes para su inclusión en los planes de ordenamiento territorial. *Revista INVI*, 25(68).
- Saavedra, D. (2007). Análisis y evaluación de vulnerabilidad a amenazas naturales y socioeconómicas en la ciudad de Puerto Montt y sus áreas de expansión. (Memoria para optar al título de geógrafo). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Salazar, P. M., i Martín, F. G., & de Armas Pedraza, T. (2017). El riesgo socio-ambiental en los procesos de urbanización de América Latina. El caso de Vista al Mar, un campamento emplazado en los cerros de Valparaíso. *Quid 16: Revista del Área de Estudios Urbanos*, (8), 25-51.
- Santibañez-Frey, H. (2019). Conflictos socio-ambientales en el Área Metropolitana de Valparaíso. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, (35), 261-281.
- Sarricolea, P. (2004). Niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad intermedia y sus áreas de expansión: el caso de La Serena, IV región de Coquimbo. (Tesis para optar al título de Geógrafo). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Sarricolea, P., Serrano-Notivoli, R., Fuentealba, M., Hernández-Mora, M., de la Barrera, F., Smith, P. y Meseguer-Ruiz, Ó. (2019) Recent wildfires in Central Chile: detecting links between burned areas and population exposure in the wildland urban interface. *Science of The Total Environment*, 135894. doi: 10.1016 /j. scitotenv.2019.135894
- Secretaría para Asuntos de Vulnerabilidad. SAV. (2015). Preparación Comunitaria. Gestión Integral para la Reducción de Riesgos de Desastres. Marco Conceptual, Cuaderno de Trabajo 4. El Salvador.
- Sirca, C., Casula, F., Bouillon, C., García, B., Ramiro, M. M. F., Molina, B. & Spano, D. (2017). A wildfire risk oriented GIS tool for mapping rural-urban interfaces. *Environmental Modelling & Software*, 94, 36-47.
- Solís, A., (2018). 89% aumentaron los campamentos en la Región de Valparaíso en 10 años. soychile.cl.
- Techo-Chile. (2016). Catastro nacional de campamentos-2016. Santiago de Chile: Centro de Investigación Social Techo-Chile.
- The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. UNISDR. (2009) Terminología sobre la reducción del riesgo de desastres.
- Úbeda, X. & Sarricolea, P. (2016). Wildfires in Chile: A review. *Global and Planetary Change*, 146, 152-161.
- Ubilla-Bravo, G., Robles-Vargas, R., González, D., Saud, V., Norambuena-Vega, P., Sandoval-Verdugo, G., & Torres, M. (2013). Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la

Región Metropolitana de Santiago (Doctoral dissertation, Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.

- Urzúa, D. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad social prevalente frente a la ocurrencia de eventos extremos: un análisis comparativo entre las ciudades de Puerto Montt y Puerto Varas, Chile* (Memoria para obtención título Geógrafo). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Vásquez, A., & Salgado, M. (2009). Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz: Una perspectiva de justicia ambiental. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 95-110.
- Umaña, D. (2017). *Zonificación de amenaza a incendios forestales en el municipio de Riohacha, La Guajira*. (Memoria para obtención título Especialista Geomática). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Vásquez, A. (2012). Análisis de la influencia de los fenómenos climáticos Niño y Niña sobre ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos.
- Vilchis-Francés, A. Y., Díaz-Delgado, C., Magaña-Lona, D., Bâ, K. M. & Gómez-Albores, M. Á. (2015). Modelado espacial para peligro de incendios forestales con predicción diaria en la cuenca del río Balsas. *Agrociencia*, 49(7), 803-820.
- Westerling *et al* (2006) en González, M. E., Lara, A., Urrutia, R., & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°-42° S). *Bosque*, 32(3), 215-219.
- Wilches-Chaux, G. (1993). La Vulnerabilidad. En: Maskrey, A. (Ed.) *Los Desastres no son Naturales*. Colombia. La Red. Tercer Mundo Editores. pp 9-50.
- Wilches Chaux, G. (1998). *Guía de la Red para la gestión local del riesgo*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

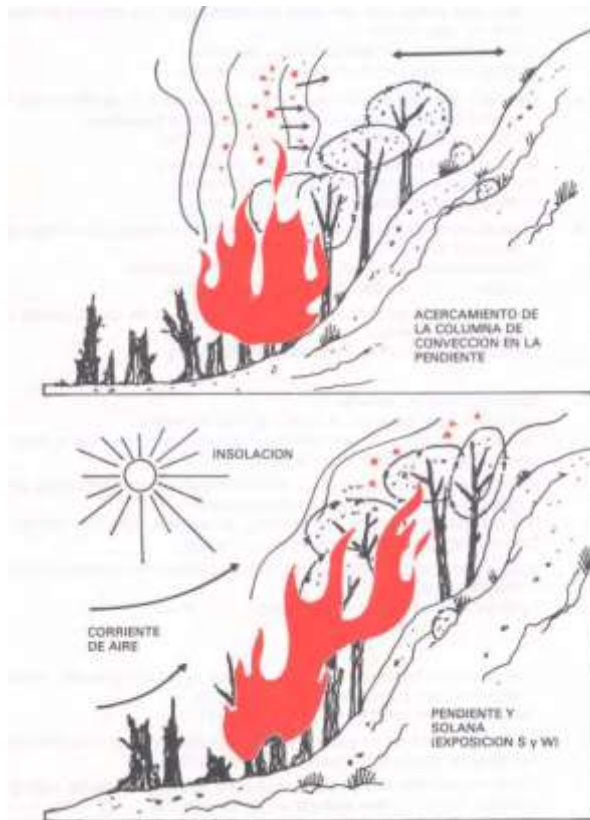
ANEXOS

Anexo 1: Número total de incendios y área quemada acumulada por grilla de 5x5 km (periodo 1985-2018)



Fuente: González et al. (2020).

Anexo 2: Efecto de la pendiente sobre el incendio.



Fuente: ICONA, 1993.

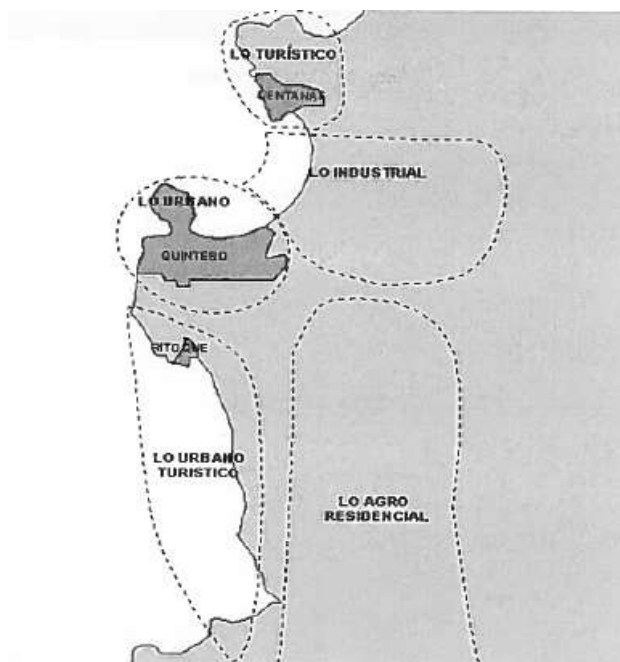
Anexo 3: Selección de criterios para el área combustible del área de estudio.

Annual International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) classification	
Valor	Descripción
1	Bosques de hoja de hoja perenne: dominados por árboles de coníferas de hoja perenne (dosel > 2m). Cubierta arbórea > 60%.
2	Bosques de hoja ancha de hoja perenne: dominados por árboles de hoja ancha y palmeras de hoja perenne (dosel > 2m). Cubierta arbórea > 60%.
3	Bosques de hoja caduca: dominados por árboles de hoja caduca (alerce) (> 2m). Cubierta arbórea > 60%.
4	Bosques caducifolios de hoja ancha: dominados por árboles caducifolios de hoja ancha (dosel > 2m). Cubierta arbórea > 60%.
5	Bosques mixtos: dominados por árboles de hoja caduca ni de hoja perenne (40-60% de cada uno) (copa > 2m). Cubierta arbórea > 60%.

6	Arbustos cerrados: dominados por plantas perennes leñosas (1-2 m de altura) > 60% de cobertura.
7	Arbustos abiertos: dominados por plantas perennes leñosas (1-2 m de altura) 10-60% de cobertura.
8	Sabanas arboladas: cobertura arbórea 30-60% (dosel > 2m).
9	Sabanas: cobertura arbórea 10-30% (dosel > 2m).
10	Pastizales: dominados por plantas herbáceas anuales (<2m).
11	Humedales permanentes: tierras inundadas permanentemente con 30-60% de cobertura de agua y > 10% de cobertura vegetal.
12	Tierras de cultivo: al menos el 60% del área es tierra de cultivo.
13	Terrenos urbanos y urbanizados: al menos 30% de superficie impermeable, incluidos materiales de construcción, asfalto y vehículos.
14	Mosaicos de tierras de cultivo / vegetación natural: mosaicos de cultivo a pequeña escala 40-60% con árboles naturales, arbustos o vegetación herbácea.
15	Nieve y hielo permanentes: al menos el 60% del área está cubierta por nieve y hielo durante al menos 10 meses del año.
16	Estéril: al menos el 60% del área es áreas estériles no vegetadas (arena, roca, suelo) con menos del 10% de vegetación.
17	Cuerpos de agua: al menos el 60% del área está cubierta por cuerpos de agua permanentes.

Fuente: *Elaboración a partir de Google Earth Engine.*

Anexo 4: Subsistemas de uso de suelo en el Sistema Intercomunal del Área de estudio.



Fuente: *Memoria Explicativa del PREMVAL, MINVU (2013).*