

Clasificación de la amenaza por incendios forestales en campamentos del Anfiteatro de Valparaíso

Classification of the threat of forest fires in camps of the Valparaíso Amphitheater

Víctor Nelson Elgueta Gutiérrez¹

Recibido 24 de febrero de 2023; aceptado 5 de junio de 2023

RESUMEN

Con el fin de aportar en la reducción de los impactos negativos que generan los incendios forestales en asentamientos específicos, como lo son los campamentos; el presente estudio aborda la situación de aquellos asentamientos precarios ubicados en el anfiteatro de la comuna de Valparaíso y la evaluación y clasificación de la amenaza por incendio forestal con respecto a estos. Se propone una adaptación metodológica a partir de variados estudios similares, pero esta vez enfocado sólo en la amenaza y contemplando variables en base a tres categorías como lo es la ocurrencia histórica, la ignición y la propagación. Para tal metodología se hace uso del análisis multicriterio y el método AHP con el fin de estimar distintos pesos para cada variable en la ponderación y obtener mapas que muestren la clasificación en distintos niveles de amenaza. Los resultados de este estudio dan cuenta de ciertos grupos de campamentos o campamentos por sí solos que tienden a ser más propensos a que ocurran incendios forestales en sus alrededores o dentro de estos, sobre todo en áreas de interfaz urbano rural y en las partes altas del anfiteatro de Valparaíso.

Palabras clave: *campamentos, incendios forestales, amenaza, multicriterio, Valparaíso.*

ABSTRACT

In order to contribute to the reduction of the negative impacts generated by forest fires in specific settlements, such as the campamentos (informal settlements); the present study addresses the situation of those precarious

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, correo electrónico: victor.nelson.elgueta.g@gmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2310-9474>

settlements located in the amphitheater of the commune of Valparaíso and the evaluation and classification of the threat by forest fire with respect to these settlements. A methodological adaptation is proposed from various similar studies, but this work is focused only on the threat and contemplates variables based on three categories such as historical occurrence, ignition and propagation. For this methodology, multicriteria analysis and the AHP method are used to estimate different weights for each variable in the weighting and obtain maps that show the classification at different levels of threat. The results of this study show that certain groups of campamentos or informal settlements on its own tend to be more prone to wildfires occurring in or around their surroundings, especially in rural-urban interface areas and in the upper parts of the Valparaíso amphitheater.

Key words: Informal settlements, forest fires, threat, multicriteria, Valparaíso.

1. Introducción

La región de Valparaíso es habitualmente afectada por incendios. Uno de los incendios más grandes de su historia se produjo el 12 de abril del 2014, con una duración de cuatro días y consumió doce barrios completos, afectando siete de los cuarenta y dos cerros de la ciudad (El Litre, La Cruz, Las Cañas, Mariposas, Merced, Ramaditas, Rocuant). A partir de estos casos, se realiza el presente trabajo, para generar un aporte en la reducción de impactos negativos en casos de emergencias y catástrofes, enfocado en los incendios forestales y, para las personas que habitan en sectores denominados comúnmente como “campamentos”.

El objetivo radica en clasificar la amenaza de incendios forestales que existe alrededor de los campamentos localizados en el Anfiteatro de Valparaíso; mediante: i) La identificación y aplicación de variables y procesos metodológicos óptimos acerca de la amenaza de incendios forestales en ubicaciones similares al caso de estudio, ii) Clasificación en niveles de amenaza a los campamentos del anfiteatro de Valparaíso y iii) Con la evaluación de los resultados obtenidos a partir de la metodología aplicada.

2. Área de estudio

El anfiteatro de la comuna de Valparaíso, Chile, se emplaza sobre una morfología de pliegues y quiebres, que termina bruscamente en una estrecha franja de borde del mar (Kapstein, 2009). Ajustándose el presente estudio a los campamentos que se ubican en esta zona de la comuna debido a las particulares condiciones antrópicas y topográficas que presenta.

Según Valdivia (2020), existe una conformación de aproximadamente 42 cerros, los cuales bordean a modo de anfiteatro una extensión plana enfrentada al mar, limitada por este hacia el norte y el oeste, creando un crecimiento ordenado por sus bordes naturales en una relación entre mar y cerro. El lugar está formado por terrenos en talud natural que circundan la costa en torno a la bahía homónima. Mientras que su clima está asociado al

de tipo mediterráneo costero, caracterizado por ser de régimen estacional de precipitaciones y temperaturas, además de una estación invernal fría y húmeda, y una estación estival cálida y seca (Aschmann, 1984; Luebert y Pliscoff, 2012). En tanto, las laderas de sus cerros están cubiertas naturalmente de matorrales bajos, agrupándose en las quebradas, además de árboles que constituyen el bosque xerófilo, que es característico de la zona (Citado por Vidal de Prados, 2017, de Araya, 2014).

Frente a tales condiciones, Vidal de Prados (2017) argumenta que se ha llevado a cabo una progresiva expansión urbana hacia los cerros produciéndose una ocupación espontánea del territorio y configurándose un patrón de crecimiento irregular. Ante tal situación, en el anfiteatro se han asentado 55 campamentos de un total de 59 que posee la comuna, según el catastro de campamentos elaborado por Techo y CES Chile (2022) (Figura 1).

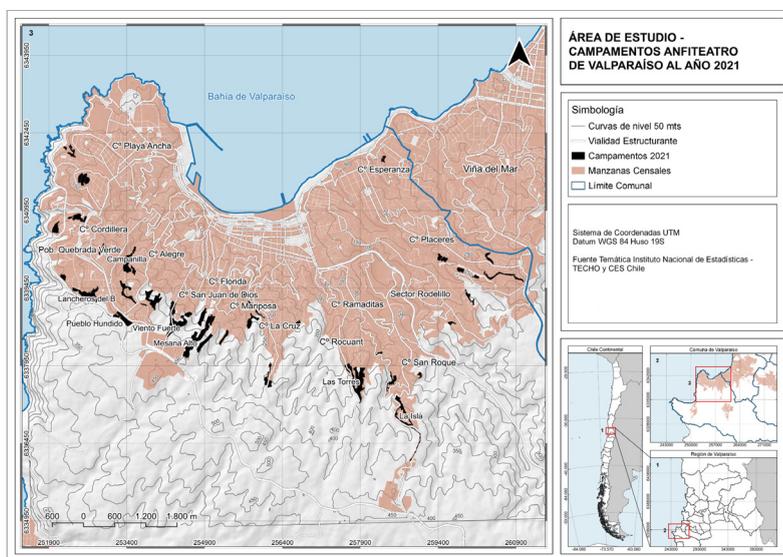


Figura 1. Campamentos del Anfiteatro de Valparaíso.

Fuente: Elaboración propia.

3. Propuesta metodológica

Se considera como referencia los siguientes estudios: “Programa de resiliencia climática para el área metropolitana de Valparaíso”, realizado por el Banco de desarrollo para América Latina (CAF, 2019), Campamentos en áreas de riesgo según el Instrumento de Planificación Territorial del Centro de Estudios de Ciudad y Territorio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2020), 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, de Alegría (2020), Campamentos en zonas de peligro, MINVU

(2021) y Asentamientos informales y su influencia en el riesgo de incendios forestales: caso de Viña del Mar, de Román (2021) como principales referencias metodológicas para el presente trabajo.

En primer lugar, para evaluar la amenaza de los campamentos ante incendios forestales, es necesario precisar la definición del concepto de amenaza. Como señala el MINVU (2021), a partir de Birkmann, Cardona, Carreño, Barbat, Pelling, Schneiderbauer, Kienberger, Keiler, Alexander, Zeil y Welle (2013), el concepto de amenaza se utiliza para describir la posible ocurrencia de eventos naturales, socio-naturales o antropogénicos que pueden tener un impacto físico, social, económico y ambiental en un área determinada y durante un período de tiempo. Por lo anterior, es relevante considerar a la amenaza de incendios forestales como la probabilidad de ocurrencia de un suceso de origen natural o antrópico (incendio forestal), el cual puede manifestarse en un lugar específico (un campamento, por ejemplo), con una intensidad y duración determinadas (MINVU, 2021).

Se proponen tres tipos de variables para evaluar la amenaza de incendio forestal con relación a los campamentos. La primera refiere a la ocurrencia histórica, tomando en cuenta los registros de incendios para el periodo 1998-2018 y, el área quemada, contemplando las cicatrices de fuego de los incendios forestales para el mismo periodo de tiempo. Mientras que el segundo y tercer tipo de variable, tomaba en cuenta la ignición y la propagación de un incendio (MINVU, 2021).

Con respecto a estos dos últimos tipos de variables, Chuvieco (2009) estima que el peligro integrado de incendios es considerado como el producto de la ignición y la propagación. Esta variable indica la posibilidad existente de que el combustible forestal entre en ignición al ponerse en contacto con una fuente de calor (Mouna et al., 1998). Mientras que, en la propagación, se hace referencia a las condiciones promedio que explican la dispersión de un fuego una vez que se inicia Chuvieco (2009).

Tabla 1. Variables de ocurrencia histórica, ignición y propagación escogidas

Tipo de variable	Variable
Ocurrencia histórica	Distancia a registros de incendios
	Distancia a área quemada (cicatrices)
Ignición	Temperatura
	Exposición (orientación) de ladera
	Distancia a carreteras y caminos de huella/sendero
	Cobertura de usos de suelo
	Tipología de Interfaz Urbano-Forestal
Propagación	Pendiente
	Cobertura de usos de suelo
	NDVI

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 1 muestra los tres tipos o grupos de variables considerados para este estudio. Las variables de ocurrencia histórica son propuestas con relación a distancias de cada variable; en tanto que las variables de ignición y propagación incluyen principalmente condiciones del tiempo atmosférico, topográficas y del medio construido, entre otras.

3.1. Variables de ocurrencia histórica

3.1.1. Distancia a registros de incendios

En Chile, una de las maneras de acceder a los datos es a partir de los registros de incendios recopilados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), permitiendo examinar la frecuencia con la que estos eventos ocurren, así como también el permitir estudiar su comportamiento en la zona. En el anfiteatro de Valparaíso se han registrado en zonas periféricas del área urbana, en donde la ubicación de los campamentos del anfiteatro es mayoritaria a simple vista. Por aquello, resulta relevante considerar la distancia a los puntos registrados de incendios como variable para evaluar y clasificar la amenaza.

3.1.2. Distancia a área quemada (cicatrices)

Hay que considerar que la superficie afectada por el incendio no está necesariamente relacionada con el número de incendios producidos. Ante esto, el Plan Maestro para la Gestión Del Riesgo de Incendios Valparaíso (2018) argumentaba que 372 focos de incendios urbano forestal se habían desarrollado a menos de 100 metros de distancia de los campamentos de la comuna de Valparaíso, correspondiendo a un 11,43% del total entre los focos que han sucedido en el periodo 1998 y 2017. Mientras que los puntos de ignición del periodo entre los años 2012 y 2017 (834 focos), 114 focos de incendio urbano forestal, que corresponden a un 12,9%, se habían originado cercano a campamentos.

El CR2 e Itrend, han recogido la información de las cicatrices dejadas por los incendios forestales en el centro sur del país. Usando GEE, lograron construir una base de datos detallada y dinámica de las cicatrices causadas por más de 8 mil incendios en el paisaje del país, que representan un 66,6% de los incendios oficialmente registrados entre 1985 y 2018 (CR2).

3.2. Variables de ignición

3.2.1. Temperatura

CONAF indica que aquellos sectores en donde se llegue o superen los 30 °C se ven influenciados en las condiciones de la vegetación, se incrementa la desecación de estas y propicia una combustión más rápida, por lo tanto, ocurre una mayor transmisión de calor, la que puede exacerbar el inicio y propagación de un incendio forestal (Banco de Desarrollo de América Latina [CAF], 2019).

Como propuesta, se consideran trabajos como los de Barsi *et al.* (2003), Barsi *et al.* (2005), Chaves (2021) y las especificaciones de productos del Servicio

Geológico de Estados Unidos (USGS). Se obtuvo la banda termal N°10 y el archivo MTL de los satélites 8 y 9 de la serie Landsat, de los meses más cálidos del año y con rango horario en torno a las 14:30 horas aproximadamente, durante el periodo 2014 y 2022.

A cada imagen se le realizó una corrección para obtener la radiancia espectral al techo de la atmósfera (TOA) y posterior a aquello se realizó un álgebra de ráster entre las imágenes obtenidas para conocer la media del periodo mencionado. Hay que mencionar que para el método empleado se tomó especial consideración que la fecha y hora de las imágenes descargadas no calzara con el desarrollo de un incendio forestal.

La temperatura superficial promedio de los campamentos resulta sobre 35 °C según el método escogido. Probablemente, la materialidad del suelo y del medio construido ha contribuido a obtener valores tan altos al medir la reflectancia superficial en tales asentamientos.

3.2.2. Exposición (orientación) de ladera

Como indican Sarricolea y Romero (2010), esta variable se relaciona con las cargas de energía solar recibidas por las superficies terrestres, en la cual se utilizan las 8 exposiciones básicas de la rosa de los vientos (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO). Para la amenaza de incendios forestales, la exposición de ladera se considera bajo la premisa de que aquellas laderas de exposición Norte presentan una mayor insolación (en el hemisferio sur) (solana), por lo tanto, son más propensas a favorecer la ignición del fuego debido a las condiciones en términos de humedad (CAF, 2019).

En este caso, los campamentos con exposición de ladera orientada hacia el NE y NO, son los que poseen mayor nivel de amenaza de incendio producto del significativo tiempo de insolación del terreno en el que se ubican.

3.2.3. Distancia a carreteras y caminos de huella/sendero

La distancia a caminos junto con la proximidad a zonas urbanas son los factores humanos más frecuentemente utilizados en la elaboración de modelos de ocurrencia de incendios forestales (Gutiérrez *et al.*, 2020). En el trabajo perteneciente al CAF (2019) señalaban que según datos de CONAF (2018), alrededor del 75,9% de los incendios forestales se producen cercanos a caminos principales, secundarios o senderos.

En el anfiteatro, muchos de los caminos de huella y sendero enlazan y tienen puntos de origen-destino en los campamentos de estudio, especialmente los ubicados en las cotas más altas, los cuales conectan con las zonas rurales de la comuna hacia el Sur.

3.2.4. Cobertura de usos de suelo

Esta variable es importante debido a que gracias a ella es posible identificar qué elementos en el área de estudio se ven más afectados por los incendios. Por ejemplo, según estadísticas de CONAF (2018) los incendios forestales en el área

metropolitana de Valparaíso se inician mayoritariamente en áreas con presencia de vegetación de tipo pastizal y matorral (90%), seguido de bosques (6%) debido a que generalmente estos tipos de vegetación se ven mayormente afectados ante los efectos del calor externo, contribuyendo a la pérdida de humedad por los procesos de desecamiento del tejido vegetal (CAF, 2019).

Para construir la variable aludida se consideró una imagen Sentinel 2A con reflectancia a nivel de superficie, una cobertura de nubes cercana al 0% para el área de estudio y con fecha del 23 de enero de 2022, buscando acercarse al periodo más seco del año. De la imagen multiespectral se tuvo en cuenta las bandas con resolución de 10 metros: 2, 3, 4, 8 y las bandas con resolución de 20 metros: 5, 6, 7, 11, 12; en la cual para estas últimas bandas se realizó un refinado pancromático y construir en base a aquello, un ráster virtual con el fin de crear distintos escenarios espectrales.

Posteriormente, se realizó el trabajo de clasificación contemplando el método Random Forest (RF), que consiste en una combinación de predictores de árboles, de modo en el que cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio muestreado de forma independiente y con una misma distribución para todos los árboles del bosque (Breiman, 2001).

3.2.5. Tipología de Interfaz Urbano-Forestal

Corresponde a los sectores emplazados en el límite sur de Los Cerros, que en general se distribuyen en torno al límite urbano sur y el camino La Pólvara. Se caracterizan por la precariedad del asentamiento y ocupación del territorio, las que están determinadas por la complejidad geomorfológica donde se

Tabla 2. Subtipos de interfaz urbano forestal y su adaptación para el presente estudio

Informe del programa de resiliencia climática para el área metropolitana de Valparaíso	Adaptación
Baja densidad de edificaciones con vegetación densa y continua	Mediana o alta densidad con suelo desnudo/urbano
Baja densidad de edificaciones con vegetación dispersa	
Mediana densidad de edificaciones con vegetación dispersa	Mediana densidad con bosque
Mediana densidad de edificaciones con vegetación densa y continua	
Alta densidad de edificaciones con vegetación densa y continua	Alta densidad c/ bosque
Muy Alta densidad de edificaciones con vegetación densa y continua	Alta densidad con pastizal y matorral
Muy Alta densidad de edificaciones con vegetación dispersa	
Alta densidad de edificaciones con vegetación dispersa	Mediana densidad con pastizal y matorral

Fuente: elaboración propia.

emplazan, las condiciones de vulnerabilidad socioeconómica de sus habitantes, los problemas de conectividad, espacios públicos e infraestructura y entre otros elementos (citado por Plan Maestro para la Gestión del Riesgo de Incendios Valparaíso, 2018, de PNUD, 2014; Pino, 2015).

Debido a la dificultad para construir de forma precisa la interfaz y representar la densidad de edificaciones, se estimó categorizar de manera cualitativa a través de la fotointerpretación del mapa base BING (actualizado al año 2022), ciertas características que permitieran identificar tal variable. A partir de las condiciones del terreno que proponía el programa de resiliencia climática para el área metropolitana de Valparaíso (CAF, 2019), se realizó una adaptación de las características de la tipología de interfaz, construyéndose cinco subtipos (Tabla 3) para identificar a cada campamento.

3.2. Variables de propagación

3.2.1. Pendiente

La pendiente del terreno donde se ubican las viviendas tiene múltiples desventajas, a mayor pendiente, el fuego se propaga más rápido, es más complejo de combatir para los equipos de emergencia y dificulta la evacuación (Román, 2021). Lo anterior ocurre porque una pendiente abrupta, facilita el aumento de la velocidad del viento y la formación de corrientes de convección (Vilchis et al., 2015).

Para la pendiente media que posee cada campamento, se consideró la clasificación que establece la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) para estimar las clases de gradiente de pendiente y, tomando la clase escarpado (sobre 8.53°, FAO, 2009), como un nivel que reviste un peligro considerable ante la propagación de un incendio.

3.2.2. Cobertura de usos de suelo

Al igual que en las variables de ignición, la cobertura de usos de suelo resulta relevante también como variable de propagación del fuego. En este caso, la variable se utiliza para establecer una asociación entre las concentraciones de combustible disponible en el área de estudio, en donde los bosques presentan mayores alcances de las llamas y velocidades de propagación debido a la alta densidad que representan (CAF, 2019).

3.2.3. NDVI

Según Álvarez *et al.* (2005) el NDVI se comporta muy bien para estimar el contenido de humedad de pastizales (0,98 según el coeficiente de Pearson), y para matorrales (0,89). También Cocero y Chuvieco (2004) estimaron valores de 0,85 para los pastizales y 0,74 para *Cistus ladanifer* (arbusto similar a vegetación de tipo matorral), con el fin de presentar un método operativo que permita aplicarse a la valoración del peligro y la lucha contra los incendios forestales. Ambas investigaciones sugieren que valores altos de tal índice identifican áreas

vegetacionales que justamente aportan a la ignición y propagación de los incendios forestales.

En el sector del anfiteatro aquellos valores altos con alta vigorosidad se localizan al interior de las quebradas, en áreas de alta pendiente y con baja intervención antrópica; notablemente son sectores con presencia de numerosos campamentos que se han construido en tales formaciones topográficas.

3.3. Construcción de variables y análisis multicriterio (AHP)

3.3.1. Ocurrencia histórica

Cada una de las variables escogidas se reclasificaron en cinco clases para medir la probabilidad de amenaza, en donde el valor 1 representa el menor nivel y 5 y el mayor valor probabilístico, frente a la amenaza de incendios forestales para los campamentos, para luego ponderar las variables entre sí y obtener los resultados cartográficos esperados.

En primer lugar, se realiza una reclasificación para las variables de ocurrencia histórica. Primeramente, a la variable de registros de incendios se aplicó un ráster de distancia, el cual se categorizó con intervalos de valores menores a 50 metros lineales desde los puntos de incendios para establecer zonas con mayor probabilidad de amenaza, hasta valores de distancia mayores a 400 metros, que equivalen a aquellas zonas de menor probabilidad.

Tabla 3. Resumen de variables de ocurrencia histórica

<i>Factor</i>	<i>Criterio de clasificación</i>	<i>Rango</i>	<i>Fuente</i>
Distancia a registros de incendios	> 400 (mts)	1 (Muy Bajo)	5 (Muy Alto) Criterio propio
	200 - 400	2 (Bajo)	
	100 - 200	3 (Medio)	
	50 - 100	4 (Alto)	
	0 - 50	5 (Muy Alto)	
Distancia a área quemada (cicatrices)	> 400 (mts)	1 (Muy Bajo)	Criterio propio
	200 - 400	2 (Bajo)	
	100 - 200	3 (Medio)	
	50 - 100	4 (Alto)	
	0 - 50	5 (Muy Alto)	

Fuente: elaboración propia.

Una consideración importante para la reclasificación de esta variable está relacionada con el desarrollo de los siniestros que se estimaba a menos de 100 metros de distancia de los campamentos de la comuna, entre los focos que

habían sucedido en el periodo 1998 y 2017 (I. Municipalidad de Valparaíso, 2018). Por tal razón establecer un área menor a 100 metros, es plausible considerarlo como un alto nivel de amenaza.

Posteriormente, se aplicó un ráster de distancia para la distancia a área quemada, siguiendo un similar proceso que se hizo para la variable anterior. Estas dos últimas variables se agrupan bajo la categoría de ocurrencia histórica en la Tabla 3.

3.3.2. Ignición

Como en el caso anterior, cada una de las variables de ignición se reclasificaron con los mismos rangos de amenaza. En el primer caso, para la Temperatura se estableció un criterio de rangos menores a 24 °C (con menor probabilidad de amenaza) y mayor a 36 °C (mayor probabilidad) (a partir de la temperatura promedio obtenida).

Con respecto a la exposición de ladera y a partir de lo referido en el apartado de la variable misma, se consideró para la orientación N dos grupos de ángulos, el primero entre los 0 y 10° y el segundo entre los 350 y 360°, los que equivaldrían al mayor nivel de amenaza. Para las orientaciones NE y NO se tomaron valores entre dos grupos, 10 y 80° y 305 y 350°, E y O toma valores entre 80 y 125° y 260 y 305°, SE y SO se continua con dos grupos con valores entre 125 y 175° y 190 y 260°. Finalmente, la orientación S agrupa el rango desde 170 a 190°, correspondiendo al menor nivel de amenaza de la exposición reclasificada.

La variable sobre distancia a carreteras y caminos de huella y sendero establece rangos adaptados del estudio en conjunto del CAF (2019) con leves precisiones. En la reclasificación del ráster de distancia, el nivel con muy alta probabilidad de amenaza corresponde a aquellas zonas con caminos que se encuentran a una distancia menor de 50 metros lineales hacia los campamentos. Los rangos siguientes se van duplicando entre sí hasta alcanzar el nivel de menor probabilidad de amenaza de incendio forestal con distancias mayores a 400 metros desde los caminos tratados hacia tales asentamientos.

Para los usos de suelo, la reclasificación de los usos de suelo señala a los pastizales y matorrales con los mayores niveles, seguido del bosque y el suelo urbano.

En último lugar, para la tipología urbano forestal; se categorizó a cada campamento en cinco clases, desde aquellos asentamientos que presentan una mediana densidad de edificaciones y que se ubican en suelos caracterizados mayoritariamente como pastizal/matorral, para calificarlos con el mayor nivel de amenaza. Mientras que el nivel más bajo reúne a los campamentos que presentan una alta y media densidad de construcciones con suelos predominantemente de tipo desnudo y urbano.

En la Tabla 4, se expone un compendio de las reclasificaciones de cada variable propuesta para esta categoría.

Tabla 4. Resumen de variables de ignición

<i>Factor</i>	<i>Criterio de clasificación</i>	<i>Rango</i>	<i>Fuente</i>
Temperatura	0 - 24 (C°)	1 (Muy Bajo)	Criterio propio
	24 - 28	2 (Bajo)	
	28 - 32	3 (Medio)	
	32 - 36	4 (Alto)	
	> 36	5 (Muy Alto)	
Exposición de ladera	S	1 (Muy Bajo)	Rodríguez et al. (2010).
	SE - SO	2 (Bajo)	
	E - O	3 (Medio)	
	NE - NO	4 (Alto)	
	N	5 (Muy Alto)	
Distancia a carreteras y caminos de huella/sendero	> 400 (mts)	1 (Muy Bajo)	Adaptado de CAF (2019)
	200 - 400	2 (Bajo)	
	100 - 200	3 (Medio)	
	50 - 100	4 (Alto)	
	0 - 50	5 (Muy Alto)	
Cobertura de usos de suelo	Agua - Suelo desnudo	1 (Muy Bajo)	En base a estadísticas de CONAF (2018)
	Urbano	2 (Bajo)	
	Bosque	3 (Medio)	
	Matorral	4 (Alto)	
	Pastizal	5 (Muy Alto)	
Tipología de Interfaz Urbano-Forestal	Med. y alta dens. con desnudo y urbano	1 (Muy Bajo)	Adaptado de CAF (2019)
	Med. dens. con bosque	2 (Bajo)	
	Alta dens. con bosque	3 (Medio)	
	Alta dens. con pastizal y matorral	4 (Alto)	
	Med. dens. con pastizal y matorral	5 (Muy Alto)	

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Propagación

Cada una de las variables de propagación siguió el mismo proceso metodológico de reclasificación que se realizó con las dos categorías anteriores. La primera variable, Pendiente, considera inicialmente 8 clases según la FAO (2009) (Tabla 5), las cuales para el presente estudio se derivan en cinco para homologarse con las otras variables.

Tabla 5. Clasificación de la pendiente según la FAO (2009)

<i>Clase</i>	<i>Descripción</i>	<i>Grados</i>
1 (1)	Plano	0-0.57
2 (1)	Muy ligeramente inclinado	0.57-1.15
3 (1)	Ligeramente inclinado	1.15-2.86
4 (2)	Inclinado	2.86-5.71
5 (3)	Fuertemente inclinado	5.71-8.53
6 (4)	Moderadamente escarpado	8.53-16.7
7 (5)	Escarpado	16.7-30.96
8 (5)	Muy escarpado	> 30.96

Fuente: elaboración propia.

Para el menor nivel de amenaza, los planos de inclinación que varían entre 0 y 2,86° representan el rango de menor nivel de amenaza y comprenden un área de alta densidad poblacional en el área urbana de la comuna. Los valores entre 2,86 y 5,71° corresponden al rango siguiente, luego entre 5,71 y 8,53°, 8,53 y 16,7°, hasta el rango de mayor nivel de amenaza, por sobre el último dígito mencionado recientemente; el cual abarca grandes extensiones de terreno y con variados campamentos asentados.

Para la siguiente, nuevamente se considera a los usos de suelo. Sin embargo, para esta reclasificación, los bosques tienen el nivel más alto de peligro ya que presentan mayores alcances de las llamas y velocidades de propagación debido a su alta densidad, seguido de los matorrales y pastizales.

Para la variable de índice NDVI, aquellos valores entre -1 y 0 se consideraron como vegetación muerta u objeto inanimado (EOS), luego se establecieron rangos entre 0 - 0,25, 0,25 - 0,5, 0,5 - 0,75 y 0,75 - 1 para clasificar vigorosidad de la vegetación.

En la reclasificación del NDVI, aquellos valores altos son considerados los más peligrosos ya que se infiere una mayor carga de combustible para la propagación de un incendio forestal, además se correlaciona con la variable de uso de suelo (perteneciente a la categoría de propagación), específicamente con suelos de tipo bosque los que presentarían también los valores más altos de NDVI.

Para esta última parte, la Tabla 6 resume las últimas variables que competen a la categoría de propagación.

3.3.3. Multicriterio y método AHP

Posterior a la construcción y normalización de variables entre sí, se realiza para cada categoría un álgebra de ráster aplicando un análisis de tipo multicriterio y el proceso de jerarquía analítica (AHP por sus siglas en inglés), método propuesto por Saaty (1980) que mide a través de comparaciones por pares y se basa en juicios que derivan en escalas de prioridad (Saaty, 1987), según la teoría de la utilidad multiatributo (Bernal y Niño, 2018, citado por Elgueta Gutiérrez, 2022).

Tabla 6. Resumen de variables de propagación

<i>Factor</i>	<i>Criterio de clasificación</i>	<i>Rango</i>	<i>Fuente</i>
Pendiente	0 - 2.86 (°)	1 (Muy Bajo)	FAO
	2.86 - 5.71	2 (Bajo)	
	5.71 - 8.53	3 (Medio)	
	8.53 - 16.7	4 (Alto)	
	> 16.7	5 (Muy Alto)	
Cobertura de usos de suelo	Agua - Suelo Desnudo	1 (Muy Bajo)	Con base a estadísticas de CONAF (2018)
	Urbano	2 (Bajo)	
	Pastizal	3 (Medio)	
	Matorral	4 (Alto)	
	Bosque	5 (Muy Alto)	
NDVI	-1 - 0	1 (Muy Bajo)	Criterio propio
	0 - 0.25	2 (Bajo)	
	0.25 - 0.5	3 (Medio)	
	0.5 - 0.75	4 (Alto)	
	0.75 - 1	5 (Muy Alto)	

Fuente: elaboración propia.

El peso final de cada variable en la ponderación de las categorías de amenaza es determinado a partir de una normalización de los datos que establece la propia matriz y que se ve reflejado en la obtención de mapas de probabilidad de amenaza de incendios forestales alrededor de los campamentos.

Siguiendo lo anterior, la primera categoría de variables (ocurrencia histórica), en la ponderación entre sí para obtener el mapa de la categoría en cuestión, se enjuicia con una prioridad levemente mayor a la distancia de los registros de incendios por sobre a la distancia de áreas quemadas o cicatrices de fuego (Tabla 7). Se toma en cuenta que los registros de incendios son los que representan la amenaza misma por sobre (levemente) la superficie que se ha consumido por el fuego propiamente tal.

Para la segunda categoría que contiene a las variables de ignición, la mayor relevancia se le asigna a la Tipología de interfaz urbano forestal y a la variable de Usos de suelo, seguidamente de la Distancia a caminos (carreteras, caminos de huella y senderos) y por último las variables de Exposición y Temperatura, con la misma importancia para estas dos últimas (Tabla 8). La principal razón del discernimiento se basa en los Estudios del Índice De Vulnerabilidad y Riesgo de Territorio del Área Metropolitana de Valparaíso al Cambio Climático e Identificación de las Respectivas Medidas de Adaptación del CAF - Banco de Desarrollo de América Latina (2019), al cual se le realiza un ajuste de ponderaciones iguales para las dos primeras variables mencionadas debido a la relevancia del tipo de suelo en el que se encuentre el campamento.

Tabla 7. Matriz de Saaty (1980) para la ponderación de variables y construcción del mapa de amenaza de incendio forestal por ocurrencia histórica

<i>Variables</i>	<i>Distancia a incendios</i>	<i>Distancia. a área quemada</i>
Distancia a incendios	1	2
Distancia a área quemada	0,5	1
Total	1,5	3
<i>Normalización de datos</i>		
<i>Variables</i>	<i>Distancia a incendios</i>	<i>Distancia a área quemada</i>
Distancia a incendios	0,666666667	0,666666667
Distancia a área quemada	0,333333333	0,333333333
Ponderación	0,666666667	0,333333333

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Matriz de Saaty (1980) para la ponderación de variables y construcción del mapa de amenaza de incendio forestal por ignición

<i>Variables</i>	<i>T. interfaz</i>	<i>Uso de suelo</i>	<i>Dist. caminos</i>	<i>Exposición</i>	<i>Temperatura</i>
T. interfaz	1	1	3	5	5
Uso de suelo	1	1	3	5	5
Dist. caminos	0,333333333	0,333333333	1	3	3
Exposición	0,2	0,2	0,333333333	1	1
Temperatura	0,2	0,2	0,333333333	1	1
<i>Normalización de datos</i>					
<i>Variables</i>	<i>T. interfaz</i>	<i>Uso de suelo</i>	<i>Dist. caminos</i>	<i>Exposición</i>	<i>Temperatura</i>
T. interfaz	0,36585366	0,36585366	0,39130435	0,333333333	0,333333333
Uso de suelo	0,36585366	0,36585366	0,39130435	0,333333333	0,333333333
Dist. caminos	0,12195122	0,12195122	0,13043478	0,2	0,2
Exposición	0,07317073	0,07317073	0,04347826	0,066666667	0,066666667
Temperatura	0,07317073	0,07317073	0,04347826	0,066666667	0,066666667
Ponderación	0,35793567	0,35793567	0,15486744	0,06463061	0,06463061

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la última categoría (propagación) los juicios de prioridad para establecer los pesos de las variables toman también como base el estudio mencionado anteriormente. La Tabla 9 expone a las variables de Pendiente y Uso de suelo como las de mayor peso por sobre la variable NDVI debido a que esta última fue seleccionada como un factor que no es mayoritariamente considerado en investigaciones precedentes.

Tabla 9. Matriz de Saaty (1980) para la ponderación de variables y construcción del mapa de amenaza de incendio forestal por propagación

<i>Variables</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Uso de suelo</i>	<i>NDVI</i>
Pendiente	1	1	3
Uso de suelo	1	1	3
NDVI	0,33333333	0,33333333	1
<i>Normalización de datos</i>			
<i>Variables</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Uso de suelo</i>	<i>NDVI</i>
Pendiente	0,42857143	0,42857143	0,42857143
Uso de suelo	0,42857143	0,42857143	0,42857143
NDVI	0,14285714	0,14285714	0,14285714
Ponderación	0,42857143	0,42857143	0,14285714

Fuente: elaboración propia.

En última instancia, se realiza un nuevo álgebra de ráster a partir de los resultados anteriores, es decir, esta vez la matriz es construida con el cruce de cada categoría de amenaza, nuevamente a través del método AHP, pero esta vez, con ponderaciones iguales entre las categorías tratadas (Tabla 10) para la obtención de un mapa final de que expone niveles de amenaza por incendio forestal en torno a los campamentos del anfiteatro de Valparaíso.

Tabla 10. Matriz de Saaty (1980) para la ponderación de variables y construcción del mapa final de amenaza de incendio forestal

<i>Categoría de variables</i>	<i>Ignición</i>	<i>Propagación</i>	<i>Ocurrencia</i>
Ignición	1	1	1
Propagación	1	1	1
Ocurrencia	1	1	1
<i>Normalización de datos</i>			
<i>Categoría de variables</i>	<i>Ignición</i>	<i>Propagación</i>	<i>Ocurrencia</i>
Ignición	0,33333333	0,33333333	0,33333333
Propagación	0,33333333	0,33333333	0,33333333
Ocurrencia	0,33333333	0,33333333	0,33333333
Ponderación	0,33333333	0,33333333	0,33333333

Fuente: elaboración propia.

4. Resultados

A partir de la metodología planteada se obtienen cuatro mapas que exponen el nivel de amenaza por incendio forestal en torno a los campamentos del anfiteatro de la comuna. El primero de aquellos dicta relación con la amenaza

que surge por la ponderación de las variables de Ocurrencia histórica. En la Figura 2 se visualizan niveles más altos de amenaza en aquellos campamentos ubicados hacia la periferia del área urbana. Los niveles de amenaza decrecen a medida que los asentamientos se establecen más hacia el interior del tejido urbano, lo que responde a la lógica de la ubicación de registros de incendios para el periodo estudiado (1998-2018). No obstante, algunos grupos de tales asentamientos que cuentan con un nivel de amenaza medio y que se ubican hacia el Este, cercano al límite comunal con Viña del Mar, se asientan en un área que presenta características aún del periurbano con quebradas que proliferan de vegetación, en la cual la trama urbana ha encerrado durante los últimos años producto de la expansión inmobiliaria.

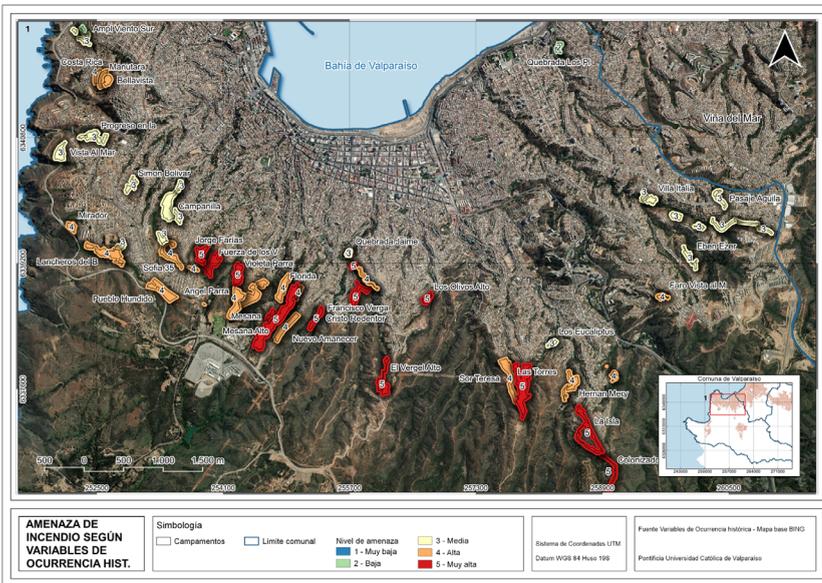


Figura 2. Clasificación de la amenaza de incendio forestal alrededor de los campamentos, según variables de ocurrencia histórica.

Fuente: elaboración propia.

El segundo resultado compete a los niveles de amenaza que se obtienen para los campamentos según las variables de Ignición (Figura 3). En este caso las diferencias que surgen con respecto al primer caso es que la ubicación periférica de los campamentos no es un factor tan preponderante de la clasificación de la amenaza. A pesar de que el campamento con mayor probabilidad de incendio forestal se encuentra localizado en un sector periurbano, existe una mayor heterogeneidad en los resultados de niveles de amenaza; lo que responde principalmente al tipo de suelo y a la categoría de interfaz específica de los asentamientos estudiados y en la cual un gran número de campamentos y grupos cercanos de estos entre sí presentan niveles altos de amenaza. Esta

situación ocurre porque la ubicación precisa de la mayoría de los campamentos corresponde a suelos de tipo pastizal y matorral y con altas densidad de construcción con edificaciones cercanas entre sí.



Figura 3. Clasificación de la amenaza de incendio forestal alrededor de los campamentos, según variables de ignición.

Fuente: elaboración propia.

El tercer resultado atañe a la propagación de los incendios forestales. Para este caso aquellas variables como la pendiente del terreno y los usos de suelo, son considerados factores preponderantes en la obtención de los resultados de esta categoría (Figura 4). A partir de aquello, el nivel de mayor amenaza corresponde a un único campamento (“Continuación Pasaje Turín”) localizado en el Este del anfiteatro, mientras que los campamentos que poseen un alto nivel de amenaza también resultan escasos (sólo 2 asentamientos), ubicados al centro en la periferia y hacia el Este. Por otro lado existe una cifra considerable de estos grupos o asentamientos por si solos que cuentan con una probabilidad media y baja de que ocurra un incendio forestal; tales campamentos proliferan en las periferias del tejido urbano, en los cuales la pendiente del terreno en que se encuentran no es en exceso escarpada, mientras que los suelos predominantes competen principalmente a pastizales, los cuales son tipos de suelos que presentan características de una no muy alta propagación del fuego como lo es un suelo con vegetación más densa y cercana entre sí, pero tampoco de una alta propagación de tal elemento en el terreno.

El último resultado refiere al más importante, ya que se reúnen las tres categorías de amenazas para la obtención de un mapa final sobre la amenaza alrededor de los campamentos del anfiteatro. En la Figura 5 se visualiza una mixtura de niveles para la clasificación de los niveles de amenaza en la que tiende a predominar como Alta y Muy alta en grupos de campamentos situados

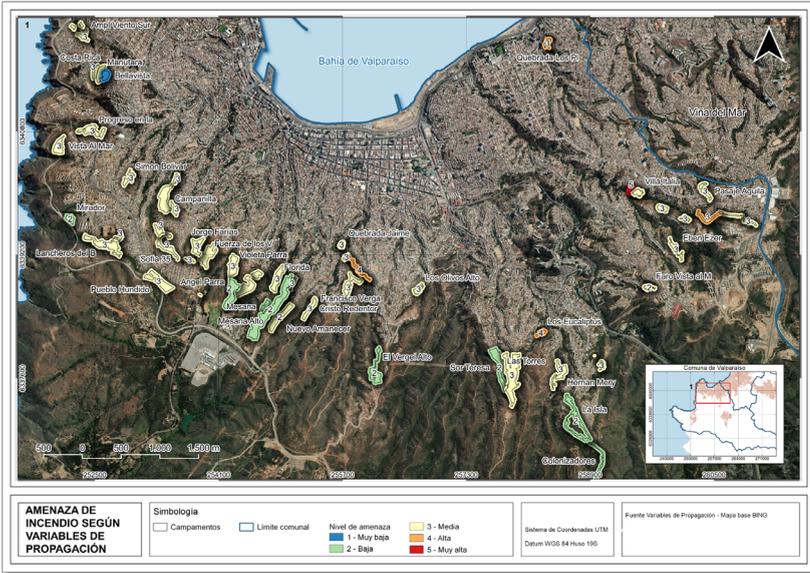


Figura 4. Clasificación de la amenaza de incendio forestal alrededor de los campamentos, según variables de propagación.
Fuente: elaboración propia.

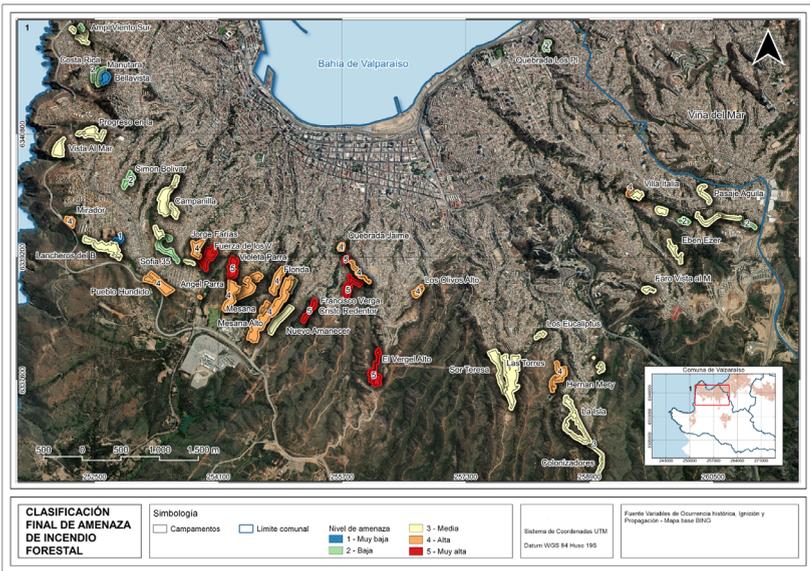


Figura 5. Clasificación final de la amenaza de incendio forestal alrededor de los campamentos del anfiteatro de Valparaíso.
Fuente: elaboración propia.

en la periferia hacia el centro-oeste de la cartografía. Gran parte de los campamentos analizados quedan catalogados con tales niveles de probabilidad de que ocurra un incendio forestal junto con aquellos que poseen un nivel medio. En contraparte la situación de los campamentos con niveles Bajos y Muy bajos corresponden a una pequeña cantidad del total analizado.

Respecto a la cantidad de población expuesta y que reside en los campamentos analizados, la cifra alcanza a 272 familias con los mayores niveles de amenaza. Lo que denota un número considerable de personas en la que constantemente se hallan con el riesgo de que el fuego alcance a las viviendas, especialmente en periodos secos, que es cuando la temporada de incendios forestales es más proclive.

5. Conclusiones

Como se observa en los resultados, la metodología aplicada permitió que fuera posible evaluar e identificar a los campamentos según su nivel de amenaza de forma individual. Siendo aquel un punto clave del presente estudio ya que tal valor radica en identificar de forma independiente a los campamentos según su nivel de amenaza y no solo señalar si los campamentos están ubicados o no, en una zona de peligro.

Esto permitiría a organismos públicos concentrar recursos de forma más eficiente a la hora de combatir el problema en el que se encuentran los campamentos, otorgando prioridad a campamentos que tengan un mayor nivel de amenaza, teniendo la capacidad de desarrollar mejores políticas públicas cuyo objetivo sea ayudar a combatir y/o prevenir la amenaza de incendio forestal hacia tales asentamientos.

Si bien en este trabajo se decidió utilizar a la comuna de Valparaíso como área de estudio, eso no significa que esta metodología no pueda ser aplicada a otras unidades territoriales, solo cambiarían algunos valores en los indicadores utilizados dependiendo del área de estudio en la que se esté trabajando.

Sin embargo, hay que destacar que en este estudio solo se trabajó en la temática de incendios forestales y, además, fue realizado con un enfoque en la amenaza ante estos incendios. Por lo que es factible decir que este estudio se puede mejorar y desarrollar de manera más robusta, si es que se considera necesario.

Primero que todo, es posible agregar aún más variables que en este trabajo no hayan sido utilizadas. Un ejemplo de otras variables a utilizar puede ser los microbasurales que pueden integrarse en las variables de propagación o ignición de incendios forestales.

También se sugiere que se realicen otros estudios relacionados, pero cuyo enfoque sea el de identificar a los campamentos según su nivel de riesgo y vulnerabilidad. Claro está que para realizar este tipo de estudios deben considerarse otros indicadores y factores como la calidad y los materiales de las viviendas en los campamentos, entre otros.

En cuanto al tipo de análisis multicriterio, resulta importante considerar que al sumar o restar otras variables y ponderarlas con diferentes pesos, se

pueden obtener resultados diferentes, por lo que se hace necesario establecer bases robustas del porqué se eligen tales variables y el porqué del peso que se asignan a estas mismas (Elgueta Gutiérrez, 2022). En ese caso, tales resultados disimiles que se obtendrían, detenta una gran responsabilidad al momento de ejecutar políticas públicas a partir de la información que se obtiene con relación a la situación de los campamentos.

Finalmente, en cuanto a la evaluación de los resultados específicos que se obtuvieron y al respecto de si existe o no un patrón espacial que obedezca a los niveles de clasificación resultantes, lo que se infiere a partir de las cartografías, es que existen grupos de campamentos cercanos entre sí con similares niveles como ocurre con aquellos asentamientos situados en la periferia hacia el centro-oeste, estableciéndose una probabilidad Alta y Muy alta de que ocurra un incendio forestal para la categoría de variables de Ocurrencia histórica, Alta para la categoría de variables de Ignición, Media y Baja para las variables de Propagación y Muy alta y Alta para el mapa final de amenaza.

Bibliografía

- Alegría Tardón, R. (2020). 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. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178619>
- Yebra Alvarez, M., Santis, A. de, & Chuvieco, E. (2018). Estimación del peligro de incendios a partir de teledetección y variables meteorológicas: variación temporal del contenido de humedad del combustible. *Recursos Rurais*, (1), 9-19. <https://doi.org/10.15304/rr.id5336>
- Homer Aschmann (1984) A Restrictive Definition of Mediterranean Climates, Bulletin de la Société Botanique de France. *Actualités Botaniques*, 131 (2-4), 21-30. <https://doi.org/10.1080/01811789.1984.10826643>
- Atienza, J., Muñoz, P., & Balladares, P. (2012). Determinación de prioridades de protección contra incendios forestales en la región de Valparaíso, Chile. *Revista Cartográfica*, 88, 147. https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Munoz-7/publication/327557748_Determinacion_de_Prioridades_de_Proteccion_Contra_Incendios_Forestales_en_la_Region_de_Valparaiso_Chile/links/5b9667d5a6fdccfd543a0e84/Determinacion-de-Prioridades-de-Proteccion-Contra-Incendios-Forestales-en-la-Region-de-Valparaiso-Chile.pdf#page=149
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Palluconi, F. D., & Hook, S. J. (2005, August). Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments. *Earth observing systems X* (5882), 136-142. <https://doi.org/10.1117/12.619990>
- Barsi, J. A., Barker, J. L., & Schott, J. R. (2003, July). An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument. In IGARSS 2003. *2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings IEEE* Cat. No. 03CH37477, 5, 3014-3016. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2003.1294665>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45, 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- CAF - Banco del Desarrollo de América Latina (2019). Programa de resiliencia climática para el área Metropolitana de Valparaíso. *Estudios del índice de vulnerabilidad*

- y riesgo de territorio del área metropolitana de Valparaíso al cambio climático e identificación de las respectivas medidas de adaptación. Informe compilado productos 1-6. <https://drive.google.com/file/d/1TkmtlDqCMIIDMUS-sHinx-yquy-cZwsx/view>
- Chaves, A. M. S. (2021). *Dinâmica geoecológica e cenários potenciais para conservação da paisagem semiárida na bacia do riacho São José em Pernambuco*. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/14373>
- Cocero, D., & Chuvieco, E. (2004). Combinación de NDVI y temperatura de superficie para la estimación del contenido de humedad de los combustibles en la valoración del peligro de incendios forestales. *Revista de Teledetección*, 21, 41-45. <http://www.aet.org.es/revistas/revista21/AET21-08.pdf>
- CONAF (Corporación Nacional Forestal) (2022). *Estadísticas históricas*. <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>
- Vargas Rojas, R. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. FAO. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02127a&AN=fao.838360&site=eds-live>
- Farfán Gutiérrez, M., Flamenco Sandoval, A., Rodríguez Padilla, C. R., Rodrigues de Sousa Santos, L., González Gutiérrez, aproximación antrópica de sus fuentes de ignición. I., & Gao, Y. (2020). *Cartografía de la probabilidad de ocurrencia a incendios forestales para el estado de Guanajuato: Una Acta Universitaria* 30, e2953. <http://doi.org/10.15174.au.2020.2953>
- 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, (ANID/FONDAP/15110009), 84 pp. <https://www.cr2.cl/incendios/>
- Gutiérrez, V. E. (2022). Segregación y vulnerabilidad residencial en la conurbación interior del área metropolitana de Valparaíso-Chile. Una aproximación a partir del análisis multicriterio. *Revista Geográfica de Valparaíso*, (59). <https://doi.org/10.5027/rgv.v0i59.a91>
- Piñones Aguilera, G. (2018). *Plan Maestro para la Gestión del Riesgo de Incendios Forestales Urbanos Valparaíso (Memoria Técnica)*. http://munivalpo.cl/repositorio/archivos/2019/PM/Memoria_PLAN_MAESTRO_INCENDIO_2018.pdf
- Julio, G, Pedernera, P. & Castillo, E. (1995). Diseño funcional de simulador de incendios forestales. *Actas de Taller Internacional sobre Prognosis y Gestión en Control de Incendios Forestales*, 218-226.
- Kapstein, G. (2009). Ciudad anfiteatro. *ARQ (Santiago)*, (73), 23-27. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962009000300004>
- Landsat 8 | U.S. Geological Survey. (s.f.). USGS.gov | Science for a changing world. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>
- Luebert, F., & Plissock, P. (2012). Variabilidad climática y bioclimas de la Región de Valparaíso, Chile. *Investigaciones geográficas*, (44), 41. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2012.26408>
- MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo) (2019). *Catastro Nacional de campamentos*. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/12/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-Situaci%C3%B3n-Habitacional.pdf>
- MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo) (2021). *Campamentos en zonas de peligro: Centro de Estudios de Ciudad y Territorio*. <http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3677>

- MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo) (2013). *Mapa social de Campamentos*. Santiago, Chile. https://bibliotecadigital.uchile.cl/discovery/fulldisplay?docid=alma991000821659703936&context=L&vid=56UDC_INST:56UDC_INST&lang=es&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Everything&query=any,contains,planet%20of%20slums&offset=0
- MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo) (2020). *Informe de campamentos en áreas de riesgo según el Instrumento de Planificación Territorial*. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/12/Informe-Campamentos-Expuestos-a-Riesgo-segun-IPT.pdf>
- Mouna, D., Barda, M., & Castellnou, M. (1998). *Probabilidad de Ignición, grandes incendios y dificultad de extinción*. https://www.miteco.gob.es/en/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_12_21_tcm38-100624.pdf
- Pica-Téllez, A., Garreaud, R., Meza, F., Bustos, S., Falvey, M., Ibarra, M., ... & Silva, I. (2020). *Informe Proyecto ARclim: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Centro de Cambio Global UC and Meteodata for the Ministerio del Medio Ambiente via La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ): Santiago, Chile.
- Román Morales, Randy (2021). Asentamientos informales y su influencia en el riesgo de incendios forestales: Caso de Viña del Mar. Trabajo fin de máster. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2022/05/TESIS-RRM.pdf>
- Saaty, Thomas L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process McGraw Hill*, (70). New York. Agricultural Economics Review.
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, 9 (3-5), 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Salinero, E. C. (2009). Detección y análisis de incendios forestales desde satélites de teledetección. *Rev. Real Acad. Cienc. Exactas Físicas Nat*, 103, 173-182. <https://rac.es/ficheros/doc/00917.pdf>
- Sarricolea Espinoza, P. y Romero Aravena, H. (2010). *Análisis de los factores condicionantes sobre las temperaturas de emisión superficial en el área metropolitana de Valparaíso*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117841>
- Spatial - Resolutions - Sentinel-2 MSI - User Guides - Sentinel Online - Sentinel Online. (s.f.). Sentinel Online - ESA - Sentinel Online. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>
- Techo-Chile (2022). *Catastro Nacional de Campamentos*. Santiago.
- Valdivia Valenzuela, P. (2020). El silencio del espacio urbano: Valparaíso: las formas de la trama urbana. *QRU: Quaderns de Recerca en Urbanisme*, (10), 14-45. <https://doi.org/10.5821/qru.10388>
- Vidal de Prados, Adrián (2017). Análisis de la incidencia de las variaciones climáticas en el régimen de incendios forestales de la comuna de Valparaíso (Chile) entre 1986 y 2014. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo fin de grado, E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural (UPM), Madrid, España. https://oa.upm.es/56967/1/PFC_Adrian_Vidal_de_Prados.pdf
- Vilchis-Francés, Aleida Y., Díaz-Delgado, Carlos, Magaña-Lona, Dolores, Bâ, Khalidou M., & Gómez-Albores, Miguel Á. (2015). Modelado espacial para peligro de incendios forestales con predicción diaria en la cuenca del río Balsas. *Agrociencia*, 49 (7), 803-820. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000700008&lng=es&tlng=es