



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

**IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES VULNERABLES A LA OCURRENCIA
DE INCENDIOS FORESTALES DE GRAN MAGNITUD EN LA COMUNA DE
CURACAVÍ, REGIÓN METROPOLITANA**

Memoria para optar al título de Geógrafa
PÍA FRANCISCA VERGARA MALDONADO

Profesor Guía: Carmen Paz Castro Correa

Santiago de Chile, 2024.

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, quiero agradecer a toda mi familia, hermanos, sobrinos y abuelos por siempre estar apoyándome y dándome ánimo. Pero en especial quiero agradecer a mi mamá y a mi papá por el amor que me han entregado a lo largo de mi vida, por el esfuerzo que han hecho para darnos a mis hermanos y a mí una vida llena de comodidades y amor. Pero por sobre todo gracias por demostrar su orgullo hacia mí en cada cosa que hago aun así se la más mínima.

En segundo lugar quiero agradecer a mi compañero de aventuras, Franco, quien ha estado conmigo durante toda la etapa universitaria, acompañándome y creyendo ciegamente en mí. Gracias por ir a dejarme en las mañana al paradero y por entregarme tu amor y contención en cada momento.

Esta memoria está dedicada a mis abuelos quienes desde el primer minuto están orgullosos de lo que logro y a quienes amo con todo mi corazón.

A todos los antes mencionados les doy las infinitas gracias por nunca soltarme y por acompañarme en esta vida.

P.D: Gracias a mi perrita Roma quien me acompaño cada minuto de trabajo. Te amo.

RESUMEN

En la actualidad los incendios forestales son eventos disruptivos cada vez más frecuentes y preocupantes. El fuego que se propaga descontroladamente por escenarios cada vez más propicios a su devastación, deja en evidencia lo poco resilientes que hemos sido como sociedad ante esta problemática. El ya instalado proceso denominado como cambio y variabilidad climática, ha contribuido a la deshidratación y al aumento de la destrucción de varias especies vegetales y ecosistemas que cohabitan en los climas mediterráneos, impulsando el avance de la aridez desde la zona norte de Chile hacia la zona central del país.

Desde una perspectiva local, la planificación y las estrategias de cómo manejar el territorio no han podido mitigar las condicionantes que conforman el escenario de riesgo de incendios, el cual en muchos casos tiene la capacidad de alterar las condiciones meteorológicas locales y generar comportamientos extremadamente peligrosos, no solo poniendo en riesgo los ecosistemas, sino que también la infraestructura que esté a su paso y en muchas ocasiones, la vida humana.

Para este caso de investigación, los datos y análisis están enfocados en la comuna de Curacaví, perteneciente a la provincia de Melipilla de la Región Metropolitana. El objetivo principal es identificar los sectores que han sido afectados por eventos de este tipo, para luego determinar si existe una correlación entre las diferentes causas, escenarios, condiciones meteorológicas, respuesta de los distintos mecanismos de emergencias con la intensidad, severidad y la magnitud del daño causado por el fuego en los distintos casos.

ÍNDICE

1.-PRESENTACIÓN	7
1.1- Introducción	7
1.2.- Planteamiento del problema.....	8
1.2.1- Formulación del problema	10
1.3.- Área de estudio.....	11
1.3.1.- Ubicación	11
1.3.2.- Hidrografía.....	12
1.3.3.- Clima.....	14
1.3.4.- Vegetación.....	14
1.4- Objetivos	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos Específicos	14
2.- MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.- RESULTADOS	18
3.1.- Distribución de incendios forestales	19
3.2.- Uso de suelo del área de estudio	22
3.3.- Combustibles afectados.....	26
3.4.- Causalidades de los incendios forestales de magnitud.....	33
3.5.- Condiciones meteorológicas en los incendios forestales de magnitud	33
3.6.- Relacionar las distintas variables	42
4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	46
4.1.- Discusión.....	46
4.2- Conclusión.....	47
5.- BIBLIOGRAFÍA.....	49
6.- ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2: Subcuenca en que se ubica el área de estudio.....	13
Figura 3: Rango temporal.....	15
Figura 4: Metodología para localizar los incendios forestales.....	16

Figura 5: Metodología para definir uso de suelo y pendiente del área estudiada.	16
Figura 6: Metodología para definir los combustibles afectados.....	17
Figura 7: Metodología para definir las causas de los incendios forestales.	17
Figura 8: Metodología para identificar las condiciones meteorológicas.....	18
Figura 9: Metodología para relacionar todas las variables estudiadas.	18
Figura 10: Localización de incendios forestales en el último quinquenio.	19
Figura 11: Localización de incendios forestales de magnitud.	20
Figura 12: Densidad de ocurrencia de incendios forestales.	21
Figura 13: Uso de suelo en el área estudiada.	22
Figura 14: Uso de suelo en los inicios de los incendios forestales de magnitud.....	23
Figura 15: Pendiente del área estudiada.	24
Figura 16: Pendiente en los inicios de los incendios forestales de gran magnitud. ..	25
Figura 17: Combustible afectado incendio forestal “Fundo Monterrey”.....	26
Figura 18: Combustible afectado incendio forestal “Fundo Caren”.	28
Figura 19: Combustible afectado incendio forestal “Cuesta Barriga”.	29
Figura 20: Combustible afectado incendio forestal “Cuesta Lo Prado”.	31
Figura 21: Combustibles afectados en incendios forestales de gran magnitud.....	32
Figura 22: Zonas de vulnerabilidad a incendios forestales en la comuna de Curacaví	44
Figura 23: Sectores de las zonas de vulnerabilidad alta.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Uso de suelo en la Comuna de Curacaví. -----	23
Tabla 2: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Fundo Monterrey”. -----	27
Tabla 3: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Fundo Caren”. -	28
Tabla 4: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Cuesta Barriga”.30	
Tabla 5: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Cuesta Lo Prado”. -----	31
Tabla 6: Causas de los incendios forestales de magnitud.-----	33
Tabla 7: Condiciones meteorológicas al inicio de los incendios forestales de magnitud.-----	34
Tabla 8: Condiciones meteorológicas registradas por kestrel en el lugar de los incendios forestales de magnitud.-----	34
Tabla 9: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Fundo Monterrey”. -----	35
Tabla 10: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Fundo Caren”. -----	36
Tabla 11: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Cuesta Barriga”. -----	38

Tabla 12: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Cuesta Lo Prado”. -----	39
Tabla 13: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los meses en que ocurrieron los incendios forestales de magnitud. -----	40
Tabla 14: Vulnerabilidad por uso de suelo. -----	42
Tabla 15: Importancia de las variables en el desarrollo de los incendios forestales.	43
Tabla 16: Porcentaje de las zonas de vulnerabilidad en la comuna de Curacaví. ---	44

1.-PRESENTACIÓN

1.1- Introducción

A nivel nacional existen 14.737.486 hectáreas (ha) de bosque nativo, cifra que representa aproximadamente el 19,5% de la superficie total del país (INFOR, 2022). Esta superficie es altamente valiosa tanto económica como ambientalmente, sin embargo, está vinculada a un índice elevado de riesgo producto de los incendios forestales que se producen cada año.

A lo largo de la historia de la humanidad se han desarrollado incendios forestales, pero precisamente en las últimas décadas se han intensificado generando daños medioambientales, físicos, económicos y hasta sociales. Grandes pérdidas han sido causadas por los 277.159 incendios forestales registrados en Chile (1964 – 2023), los cuales han afectado una superficie de 3.946.819 hectáreas (CONAF, S/F).

En la Región Metropolitana el paso del fuego destructivo no ha sido la excepción, los 16.987 incendios forestales registrados entre las temporadas 1984 – 1985 y 2022 – 2023, han arrasado con una superficie de 226.871,22 hectáreas (CONAF, 2024). Esta investigación se centra en la comuna de Curacaví, debido a que ha sido afectada entre las temporadas 1984 – 1985 y 2022 – 2023 por 872 incendios con una superficie quemada de 16.613,61 hectáreas (CONAF, 2024).

Respecto al uso del suelo, a través de la historia, la comuna de Curacaví ha sido reconocida por sus tierras agrícolas, situación que al pasar el tiempo ha ido cambiando, ya que cada vez aumenta el número de habitantes, extendiendo sus sectores residenciales como también aumentando la cantidad de industrias que se emplazan en la comuna. La migración ciudad – campo ha provocado un aumento de parcelas de agrado que puedan identificarse como primera o segunda vivienda de muchos habitantes de la Región Metropolitana. Esta realidad provoca que aquellos sectores despoblados de ambientes rurales sean colonizados por nuevos habitantes que traen consigo muchas veces prácticas poco amigables con el medio ambiente como también potenciales focos de ignición de incendios. A esto se suman los métodos tradicionales para la reducción de los desechos agrícolas que emplean los agricultores desde antaño. Situaciones de este tipo podrían ser un factor a considerar a la hora de establecer causas de incendios forestales.

En nuestro país la ocurrencia de incendios forestales varía de región en región, como también la magnitud y daños potenciales de cada incidente, por lo que la distribución de recursos de supresión no es equivalente entre una región y otra. Por ejemplo, en la Región Metropolitana se cuenta con aproximadamente 21 brigadas forestales, las cuales varían en clase y tipo, como

también en jornada diurna o nocturna de trabajo. Por otra parte, la región Metropolitana también cuenta con 06 helicópteros (livianos, medianos y semipesado), 01 avión cisterna, 05 camiones aljibes y 03 maquinarias pesadas, lo que suma un total de 36 recursos para atender un promedio de 419,2 incendios por temporada (SIDCO, 2024). A modo de comparación, la Región de Coquimbo, durante la temporada de incendios, cuenta con aproximadamente 07 brigadas forestales con un promedio de 10 personas por cada una y 01 helicóptero liviano, sumando un total de 8 recursos para la respuesta a este tipo de emergencias. Tal diferencia radica principalmente en el número de ocurrencias entre ambas regiones, lo que podría justificarse por los distintos tipos de combustibles que hay entre una y otra región, que determina el régimen del fuego en el territorio.

La época del año donde ocurren la mayor cantidad de incendios está definida por los meses de verano de nuestro país, es decir diciembre, enero y febrero, trimestre que concentra la mayor cantidad de incendios. Esto no quiere decir que durante los demás meses no se puedan desarrollar incendios forestales, sobre todo pensando en la alta carga de combustible fino – muerto que se acumula tras un largo periodo de sequía, sumado al déficit de las precipitaciones y al aumento en el promedio de temperaturas máximas.

Los daños producidos por los incendios forestales no son efímeros, más bien repercuten a través del tiempo en el sector afectado, donde muchas veces la intensidad del fuego deja los suelos desnudos y susceptibles a procesos de remoción en masa o deslizamientos de tierra. Por otro lado, existen pérdidas de cientos de vidas humanas, como lo que se vivió este año en la gran catástrofe de Viña del Mar, también se generan crisis climáticas a escala local, donde la ausencia de la cobertura vegetal disminuida por el fuego puede provocar aumentos en las temperaturas, pérdida de humedad y deterioro del paisaje.

En este trabajo se busca analizar las condiciones y factores que contribuyen a la generación de incendios forestales en la comuna de Curacaví, que permitan sentar las bases de programas y acciones que se pueden tomar a escala local para reducir la probabilidad de ocurrencia de estos eventos.

1.2.- Planteamiento del problema

Durante el proceso de mega sequía que se ha experimentado principalmente en la zona central del país desde el 2010, un tercio del bosque esclerófilo que se desarrolla en el ambiente mediterráneo ha sufrido pardeamiento (browning), lo que significa una pérdida del verdor de las hojas de los árboles y una mayor deshidratación de la materia vegetal viva (CR2, 2020).

La escasez de precipitaciones que ha sido la causa de este proceso de mega sequía, ha

provocado cambios severos en el ambiente del fuego, aumentando significativamente el combustible muerto que queda disponible en los bosques del país y más específicamente en los bosques de la región. Al acrecentar la cantidad de combustible disponible para arder con facilidad, los incendios forestales adoptan comportamientos aún más severos que los que hemos experimentado en el pasado reciente. Las labores de supresión del fuego están siendo más difíciles de realizar, así como los costos asociados, ya que progresivamente los servicios encargados de combatir el fuego han tenido que multiplicar los dispositivos destinados a estas labores, por lo que la prevención de incendios forestales pasa a cumplir un rol clave para la protección de los bosques.

El hombre ha incrementado significativamente la frecuencia de incendios tanto en el matorral como en el chaparral en las últimas décadas (Montenegro et al, 2004), mientras que, durante los últimos años el planeta se ha enfrentado a numerosos eventos de desastre, donde se ha perdido una considerable parte de los ecosistemas, debido a diversos factores como lo son el cambio climático, las modificaciones sociales, la urbanización y el modelo de vida que hoy se lleva a cabo. Una costumbre que perdura en el tiempo, son las quemas tanto legales como ilegales, que han ocasionado incendios forestales de gran magnitud y han sido un agente constante de cambios en el paisaje, en el mantenimiento y evolución de los ecosistemas, mientras parte esencial de los sistemas de vida han favorecido la pérdida de extensas superficies boscosas y la modificación de innumerables procesos naturales (Castillo et al., 2003).

En este sentido, se ve afectada principalmente la vegetación natural, perdiéndose tanto su biodiversidad como los bienes y servicios ecosistémicos y sociales que esa vegetación presta, por lo cual, en la medida que la frecuencia e intensidad de los incendios forestales aumenta, la necesidad por recuperar los ecosistemas nativos es cada vez más potente (Simonetti 2010, citado en Fernández et al., 2010). Además, durante la quema de un bosque, el dióxido de carbono almacenado por los árboles durante décadas es liberado a la atmósfera en cuestión de horas y en consecuencia, si la vegetación quemada no se regenera, el dióxido de carbono liberado permanece en la atmósfera contribuyendo al calentamiento global, desencadenando en forma gradual un cambio climático a nivel planetario (Castillo et al., 2003).

Debido a esto surgen necesidades de ¿cómo podemos prevenir? ¿cómo podemos construir espacios menos vulnerables? ¿cómo podemos promover entornos amigables con el medio ambiente? ¿cómo podemos minimizar eventos catastróficos que pongan en riesgo nuestras vidas? El cambio que necesitamos se logrará con la educación ambiental que las autoridades deben promover a los habitantes y al valor que le entreguemos a los recursos naturales, además de abarcar los procesos demográficos con un enfoque estratégico de acuerdo a las características y capacidades de cada lugar, como también educar a nuestras comunidades en las buenas y responsables prácticas asociadas al uso del fuego.

Hay muchas variables que pueden considerarse claves a la hora de enfrentar un incendio forestal de grandes proporciones, no solamente debemos esperar a que los dispositivos de respuesta ante emergencias controlen el fuego y resguarden nuestras vidas, sino que debemos prepararnos para eliminar esta amenaza en lo máximo posible, o bien minimizar los daños sociales, económicos y ambientales ocasionados por el fuego.

1.2.1- Formulación del problema

La alta demanda de terrenos para la construcción de viviendas se ha transformado en un problema serio para la comuna de Curacaví. Desde el 2017 el aumento de la población comunal proyectó un crecimiento del 13% para el 2021, alcanzando la cifra 36.991 habitantes (Censo 2017). El exponencial crecimiento demográfico que se ha experimentado ha expandido el uso residencial del suelo a sectores que históricamente estaban ocupados por los ecosistemas del bosque esclerófilo, los cuales han sido reducidos paulatinamente de acuerdo se van estableciendo las denominadas parcelas de agrado, quienes por su dimensión no constituye una explotación agrícola, aun cuando existan cultivos al interior de ella; se diferencia de la Parcela por el tipo de edificación moderna de la vivienda, correspondiente a un nivel socioeconómico medio/alto y alto, generalmente se localizan en las cercanías de urbanos de importancia (INE, 2015, como se citó en INE, 2020) . Los nuevos habitantes de este entorno natural mediterráneo, para su comodidad y muchas veces sin un plan o estrategia sustentable de construcción, han alterado el orden natural del bosque.

El aumento de viviendas en zonas de bosque ha generado a su vez un alza en la probabilidad de iniciarse un incendio forestal, debido a que el 100% de las causas de los incendios forestales de la región y del país, son provocados por el hombre ya sea intencional, negligente y/o accidentalmente, esto sumado a la escasa educación de las personas “ciudadinas” en torno al uso del fuego en el campo.

Son muchos factores los que determinan el comportamiento del fuego, por lo que los habitantes de áreas de exposición requieren conocer el territorio, ser capaces de identificar los potenciales peligros que los rodean y poder elaborar planes de acción ante las amenazas que se mantienen latentes. A través de esta investigación se busca identificar cada una de ellas, principalmente a través de cartografías temáticas que permitan un análisis práctico y entendible para el lector.

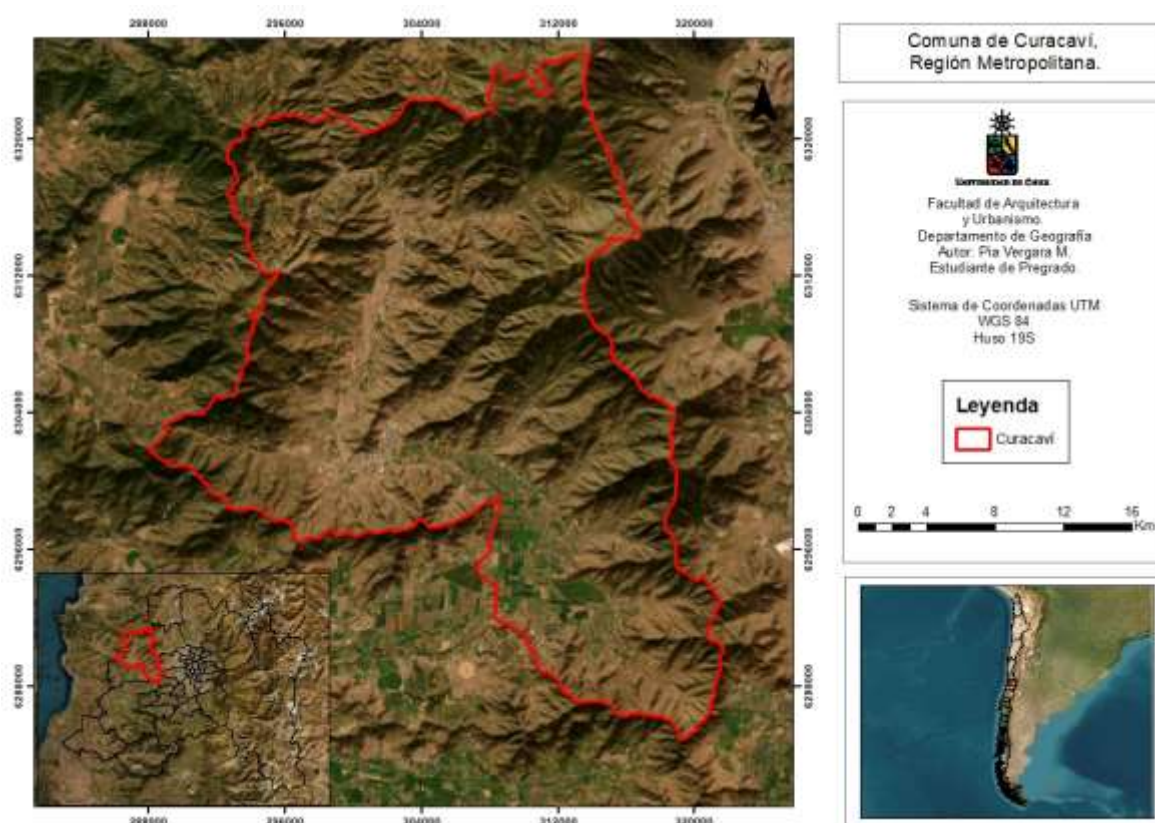
La problemática que sustenta este documento no es fácil de solucionar, el fuego ha estado presente activamente a lo largo de nuestra historia y es nuestra obligación manejarlo a través de buenas prácticas.

1.3.- Área de estudio

1.3.1.- Ubicación

El área de estudio fue definida como aquella zona que ha sido altamente impactada por incendios forestales de gran magnitud, como es la comuna de Curacaví, perteneciente a la provincia de Melipilla al poniente de la Región Metropolitana (**Figura 1**). La comuna cuenta con una superficie de 693 km² y según el Censo de 2017 contaba con una población de 32.579 personas, con una proyección de 36.991 personas para el año 2021.

Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio

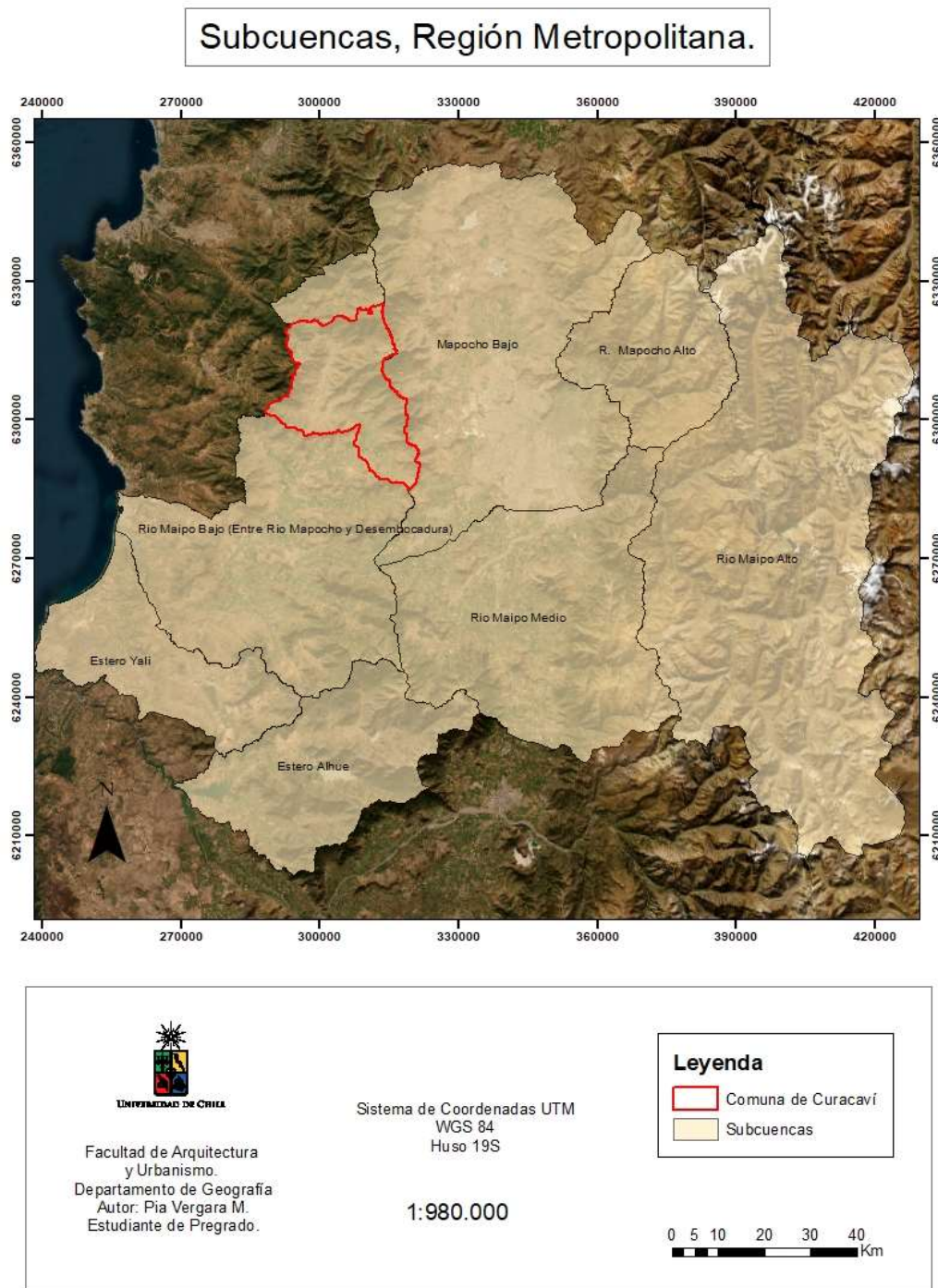


Fuente: Elaboración propia, 2024.

1.3.2.- Hidrografía

El sistema fluvial de la comuna de Curacaví pertenece a la cuenca del río Maipo en la subcuenca del río Maipo bajo como se puede observar en la **Figura 2**. El estero Puangue es el principal cauce de la comuna y corresponde a un tributario del río Maipo en su curso inferior, de origen cordillerano costero y régimen pluvial. Drena un largo recorrido de 85 km de rumbo general norte sur (sector noroeste de la Región Metropolitana), con una extensión de 1.800 km² entre serranías de la Cordillera de la Costa, frente a Santiago. El estero Puangue recibe escasos aportes de los esteros Popeta, El Sauce y San Juan. Se abastece de recursos propios provenientes de precipitaciones ocurridas en la cuenca, así como también recibe retornos de riego de las áreas servidas por los canales Las Mercedes (7.732 hectáreas) y Mallarauco (6.275 hectáreas), ambos servidos con recursos del río Mapocho (Municipalidad de Curacaví, 2016).

Figura 2: Subcuenca en que se ubica el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Dirección General de Aguas (DGA), 2024.

1.3.3.- Clima

El clima de la Región Metropolitana se clasifica como “mediterráneo”, de estación seca larga y con un invierno lluvioso. La temperatura media anual es de 13,9°C, en tanto que el mes más cálido corresponde al mes de enero, alcanzando una temperatura de 22,1°C, y el mes más frío corresponde al mes de julio con 7,7°C. (BCN, s/f). Más específicamente en Curacaví, la temperatura media anual es de 16,1°C, el mes más cálido corresponde al mes de enero con una temperatura de 21,5°C, y el mes más frío corresponde al mes de julio con una temperatura de 10,9°C.

1.3.4.- Vegetación

En Curacaví existen formaciones vegetacionales tales como los matorrales espinosos, en los sectores bajos de la comuna, mientras que en los sectores de mayor altura predomina el bosque esclerófilo. Este se caracteriza por estar constituido por árboles y arbustos capaces de almacenar agua por periodos largos de tiempo, además de tener la capacidad de crecer en suelos de mala calidad y pendientes abruptas. Entre las especies de bosque y matorral esclerófilo podemos encontrar el litre (*Lithraea caustica*), Quillay (*Quillaja saponaria*), Boldo (*Peumus boldus*), Molle (*Schinus latifolius*), Espino (*Acacia Caven*), entre otros.

1.4- Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar los factores causales y los sectores más vulnerables de la comuna de Curacaví para la ignición y propagación de incendios forestales de gran magnitud.

1.4.2. Objetivos Específicos

- 1.- Identificar la distribución espacial de la ocurrencia de incendios forestales de magnitud gran en la comuna de Curacaví en el espacio temporal definido.
- 2.- Definir el uso de suelo y la pendiente del área de estudio.
- 3.- Identificar los combustibles afectados por incendios forestales de magnitud ocurridos en el espacio temporal definido.
- 4.- Comparar la causalidad entre los distintos incendios de magnitud identificados.

- 5.- Analizar las condiciones meteorológicas de cada incendio de magnitud identificado.
- 6.- Relacionar las distintas variables analizadas con la ocurrencia de incendios de magnitud y las zonas de mayor vulnerabilidad a estos.

2.- MARCO METODOLÓGICO

Para la elaboración de la memoria es fundamental saber que se define incendio forestal de magnitud a los incendios con una superficie afectada igual y/o mayor a 200 hectáreas, esto establecido por CONAF.

Uno de los elementos centrales de la memoria es identificar las áreas más vulnerables para la ocurrencia de incendios forestales de magnitud en la comuna de Curacaví. Así el producto de la memoria viene a ser el mapa de vulnerabilidad de incendios forestales de magnitud en la comuna de Curacaví.

El presente trabajo es una investigación exploratoria y descriptiva con un enfoque metodológico cuantitativo. Donde se usó el análisis de SIG, modelamiento espacial, análisis de datos estadísticos, mapeo de campo y revisión de literatura y datos existentes.

La metodología propuesta para definir el rango temporal de los incendios forestales que se analizará se utilizará las temporadas definidas por CONAF, las cuales comienzan en septiembre y terminan en mayo del siguiente año. Es así como se analizaron las últimas cinco temporadas de incendios forestales, desde la temporada 2019-2020 hasta la presente 2023-2024 (**Figura 3**), esto debido a que CONAF cuenta con informes e información estadística actualizada en ese rango de tiempo. Por otro lado, este rango nos permite tener condiciones meteorológicas y variaciones del estado del combustible sin grandes modificaciones al presente.

Figura 3: Rango temporal.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En primer lugar, la distribución espacial de la ocurrencia de incendios forestales e incendios forestales de magnitud en el área de estudio y espacio temporal definido, se realizó a través

de la recopilación de datos mediante la plataforma de consulta ciudadana del DEPRIF RM de CONAF, para lo que se generó una base de datos de los incendios forestales ocurridos en la comuna de Curacaví en las últimas cinco temporadas, esta base de datos se trabajó y geoprocesó, generando así un mapas de densidad según ocurrencia, un mapa de localización de incendios forestales de magnitud y un mapa de la localización de la totalidad de incendios forestales ocurridos en el espacio temporal definido (**Figura 4**).

Figura 4: Metodología para localizar los incendios forestales.

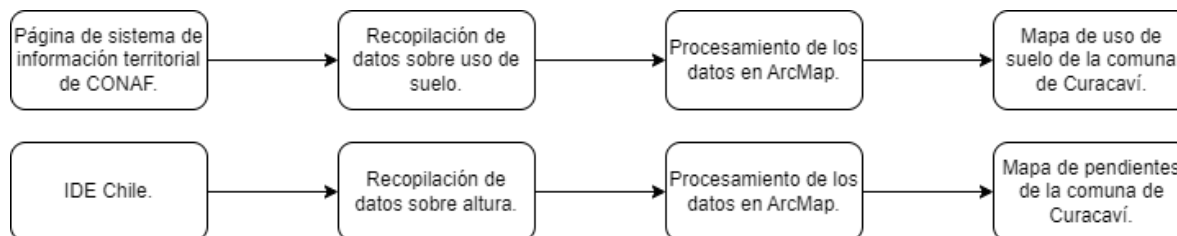


Fuente: Elaboración propia, 2024.

En segundo lugar, la definición del uso del suelo y la pendiente del área afectada se hará a través de la recopilación de datos. La información sobre el uso de suelo de la comuna de Curacaví se obtuvo desde la página de sistema de información territorial de CONAF donde se tiene una capa actualizada al año 2021. Por otro lado, la información sobre la pendiente de Curacaví se obtuvo desde IDE Chile donde se descargó el Dem Alos Palsar de la Región Metropolitana el cual se recortó para el área específica. Cada una de la información recabada se procesó en ArcMap (**Figura 5**).

Como resultado de este paso metodológico se generó una cartografía con el uso de suelo de la comuna de Curacaví y un mapa de las pendientes presentes en la misma zona.

Figura 5: Metodología para definir uso de suelo y pendiente del área estudiada.



Fuente: Elaboración propia, 2024

En tercer lugar, la identificación de los combustibles afectados en los incendios forestales de magnitud se realizó a través de la recopilación de datos desde la página de sistema de información territorial de CONAF, dicha información se trabajó a través de la herramienta

de ArcMap (**Figura 6**).

Se obtuvo como resultado un gráfico con el desglose de los combustibles presentes en total de los cuatro incendios forestales de gran magnitud y una tabla con los combustibles presentes en cada uno de los incendios, además se obtuvo cuatro mapas, cada uno con el área del incidente y la distribución de los combustibles presentes.

Figura 6: Metodología para definir los combustibles afectados.

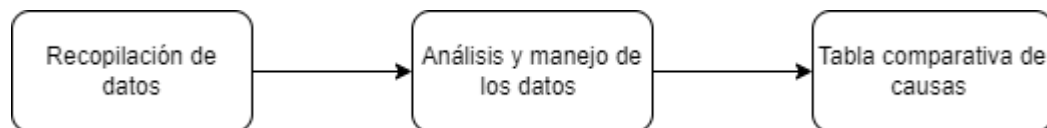


Fuente: Elaboración propia, 2024

En cuarto lugar, la comparación de las causas de los incendios forestales de magnitud se realizará a través de la recopilación de datos de la unidad de análisis y diagnóstico de CONAF, unidad donde son investigadas las causas de todos los incendios forestales, la información se solicitara mediante la plataforma de consulta ciudadana del DEPRIF RM de CONAF, aquí se obtuvo el informe que especifica las causas investigadas de los cuatro incendios forestales de gran magnitud (**Figura 7**).

Como resultado de aquello se generó una tabla con el nombre de los incendios forestales de magnitud, sus causas, fechas y superficies afectadas.

Figura 7: Metodología para definir las causas de los incendios forestales.



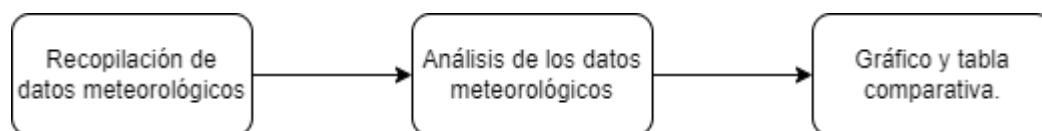
Fuente: Elaboración propia, 2024

En quinto lugar, las condiciones meteorológicas se identificarán a través de la recopilación de datos mediante la plataforma de consulta ciudadana del DEPRIF RM de CONAF, donde se obtuvieron las condiciones meteorológicas al momento del inicio del incendio forestal y las condiciones que habían al momento de realizar el primer informe especial del incidente. Además se recopilamos los datos meteorológicos de agrometeorología de los meses donde se produjeron los incendios forestales de magnitud y los datos de los días en los cuales

transcurrieron los incendios (**Figura 8**).

Como resultado se obtuvo una tabla con los datos diarios de cada incendio forestal de magnitud y un gráfico comparando los datos de meteorología de los meses donde se produjeron los incidentes.

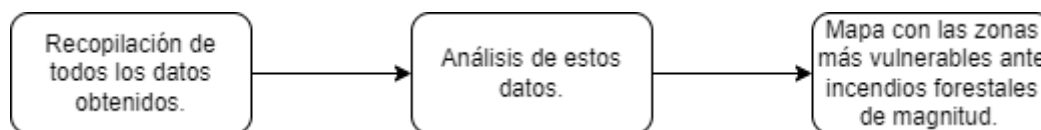
Figura 8: Metodología para identificar las condiciones meteorológicas.



Fuente: Elaboración propia, 2024

Por último, para relacionar las distintas variables analizadas se recopilaron todos los datos obtenidos anteriormente, es decir, las capas de la pendiente, el uso de suelo, la meteorología y la densidad de ocurrencia en la comuna de Curacaví. Esta información se ingresó a ArcMap y se valorizó en porcentaje de importancia frente al desarrollo de un incendio forestal. Todas estas capas se geoprocesaron con un análisis multicriterio. Dando como resultado una cartografía que muestra las zonas con mayor, media y baja vulnerabilidad ante incendios forestales de gran magnitud en la comuna de Curacaví (**Figura 9**).

Figura 9: Metodología para relacionar todas las variables estudiadas.



Fuente: Elaboración propia, 2024

3.- RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la identificación de los sectores vulnerables a la ocurrencia de incendios forestales de magnitud en la comuna de Curacaví, los cuales se trabajaron respecto a las últimas cinco temporadas de incendios forestales definidas por CONAF . Los resultados se presentan en orden de los objetivos específicos

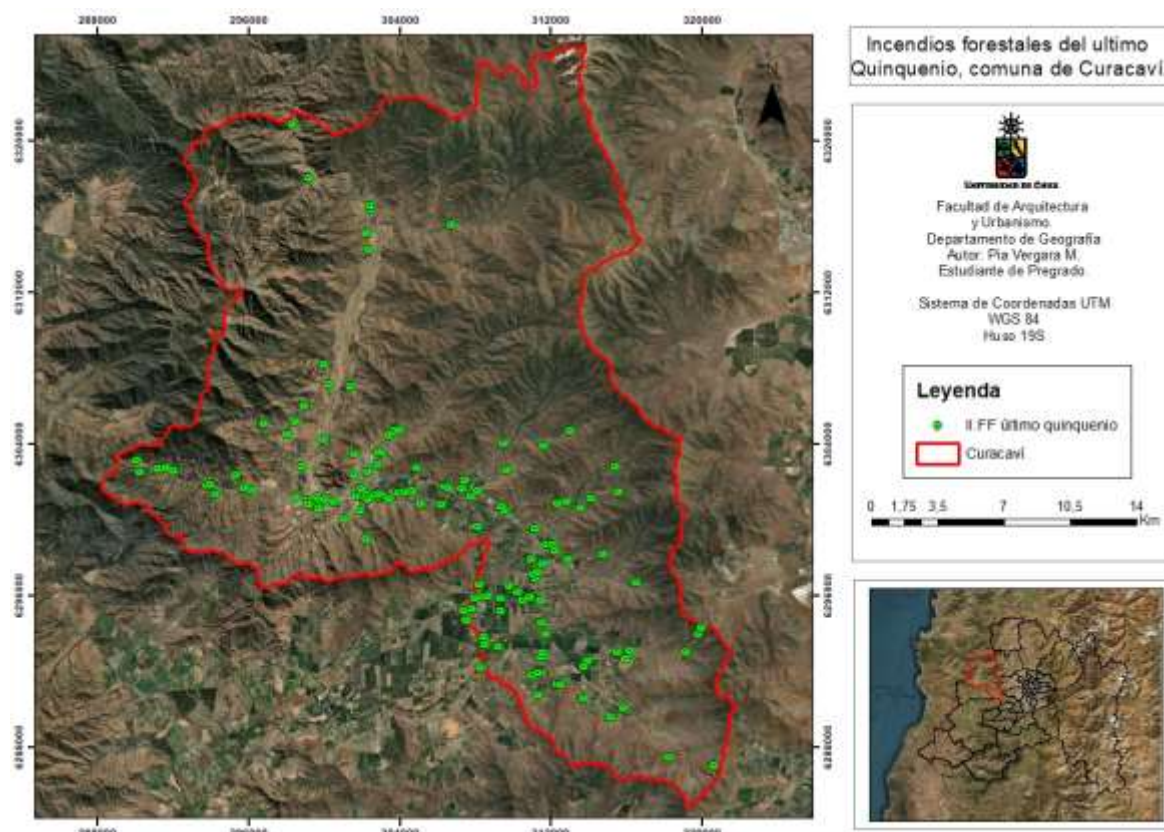
respectivamente.

3.1.- Distribución de incendios forestales

En la Región Metropolitana se producen gran cantidad de incendios forestales, los cuales se distribuyen a lo largo de todas sus comunas, específicamente las más periféricas. Esta temporada la región sufrió un total de 543 incendios forestales (**Anexo 1**), de los cuales 28 ocurrieron en la comuna de Curacaví (**Anexo 2**).

Es importante mencionar que en la Región Metropolitana se producen en promedio 398 incendios forestales por temporada, mientras que en la comuna de Curacaví el promedio es de 31,4 incendios forestales por temporada del último quinquenio, lo que nos da un total de 139 incendios forestales, los cuales se observan a continuación en la **Figura 10**.

Figura 10: Localización de incendios forestales en el último quinquenio.

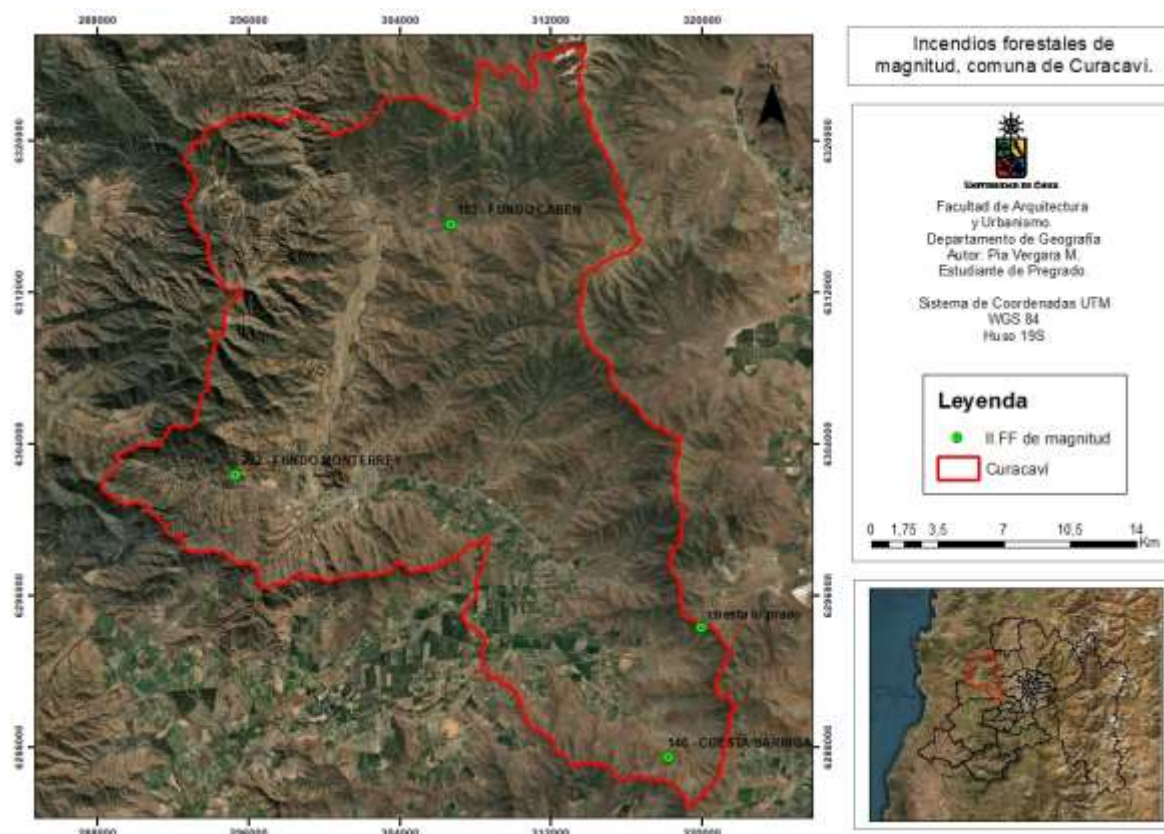


Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Dentro de estos 139 incendios forestales tenemos 04 que serían incendios forestales de gran magnitud los cuales se pueden visualizar en la **Figura 11**, los incendios forestales de gran magnitud son aquellos con una superficie afectada sobre las 200 hectáreas.

Los incendios forestales de proporción en la comuna de Curacaví este último quinquenio fueron el incendio forestal “Fundo Monterrey” que ocurrió el 28 de febrero del año 2021 con una superficie afectada de 483,7 hectáreas, el segundo fue el incendio “Fundo Carén” que ocurrió el 14 de diciembre del año 2022 y tuvo una superficie afectada de 7.364,71 hectáreas, el tercer incendio forestal de gran medida fue el incendio “Cuesta Barriga” que ocurrió el 19 de diciembre del año 2023 y tuvo una superficie afectada de 903,14 hectáreas, y por último, el incendio forestal de magnitud “Cuesta Lo Prado” que ocurrió el 24 de enero del año 2024 y tuvo una superficie afectada de 365 hectáreas.

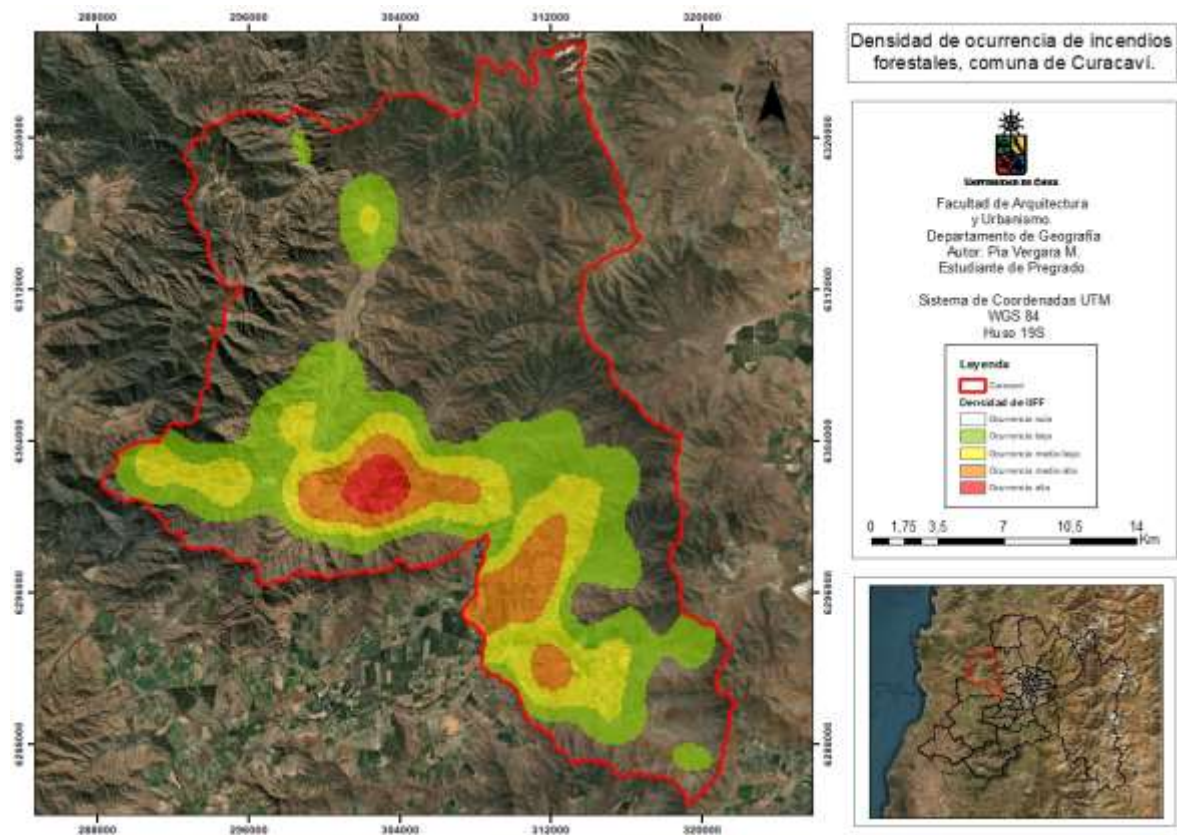
Figura 11: Localización de incendios forestales de magnitud.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

En el área de estudio se realizó un análisis de densidad de ocurrencia con los datos de los incendios forestales acontecidos durante el último quinquenio. En la **Figura 12** se visualiza que los sectores con mayor densidad son sectores con mayor acceso para las personas, es decir, en zonas de interfaz. Dentro de estos sectores encontramos con mayor ocurrencia el sector de Miraflores y ya más aislado tenemos el sector de Lepe-Flamenco.

Figura 12: Densidad de ocurrencia de incendios forestales.



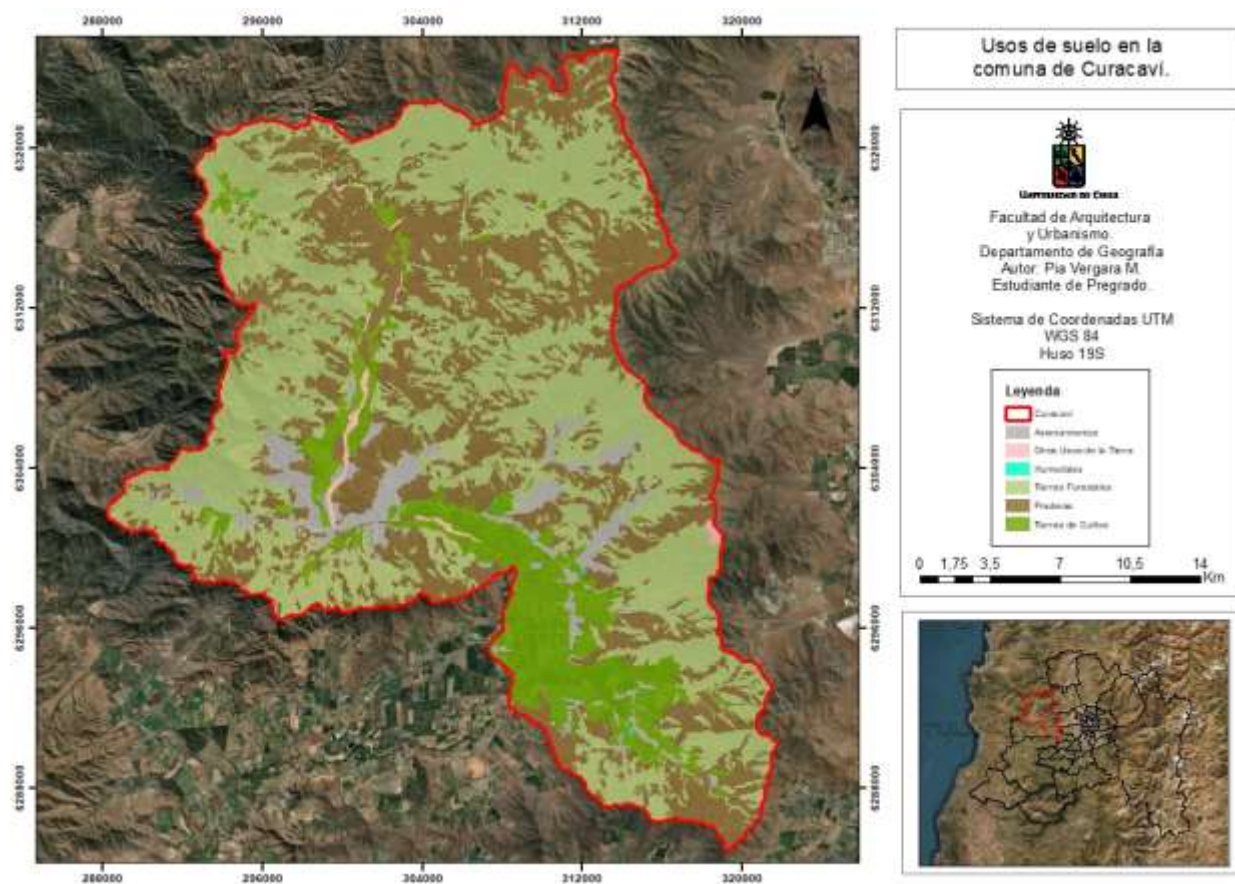
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Se puede identificar que las zonas con mayor incidencia fueron aquellas zonas donde las personas tenían mayor acceso que corresponden a las zonas de interfaz. Sin embargo, los incendios forestales de magnitud ocurrieron en sitios más alejados de las zonas urbanas, más específicamente en las zonas periféricas de la comuna, como lo es el límite comunal con Melipilla la zona de Cuesta Barriga, el límite comunal con Pudahuel donde se encuentra la Cuesta Lo Prado, la zona de Caren y el cordón montañoso Cerro las Cabras.

3.2.- Uso de suelo del área de estudio

Se utilizó el último catastro realizado por CONAF de uso de suelo del territorio nacional el año 2021, cuya capa se encuentra disponible en la página de Sistema de Información Territorial de CONAF. Se realizó el análisis de uso de suelo del área estudiada (**Figura 13 y Tabla 1**), el cual muestra que los tres principales usos de suelo son las tierras forestales, seguido las praderas y en tercer lugar están las tierras de cultivo.

Figura 13: Uso de suelo en el área estudiada.



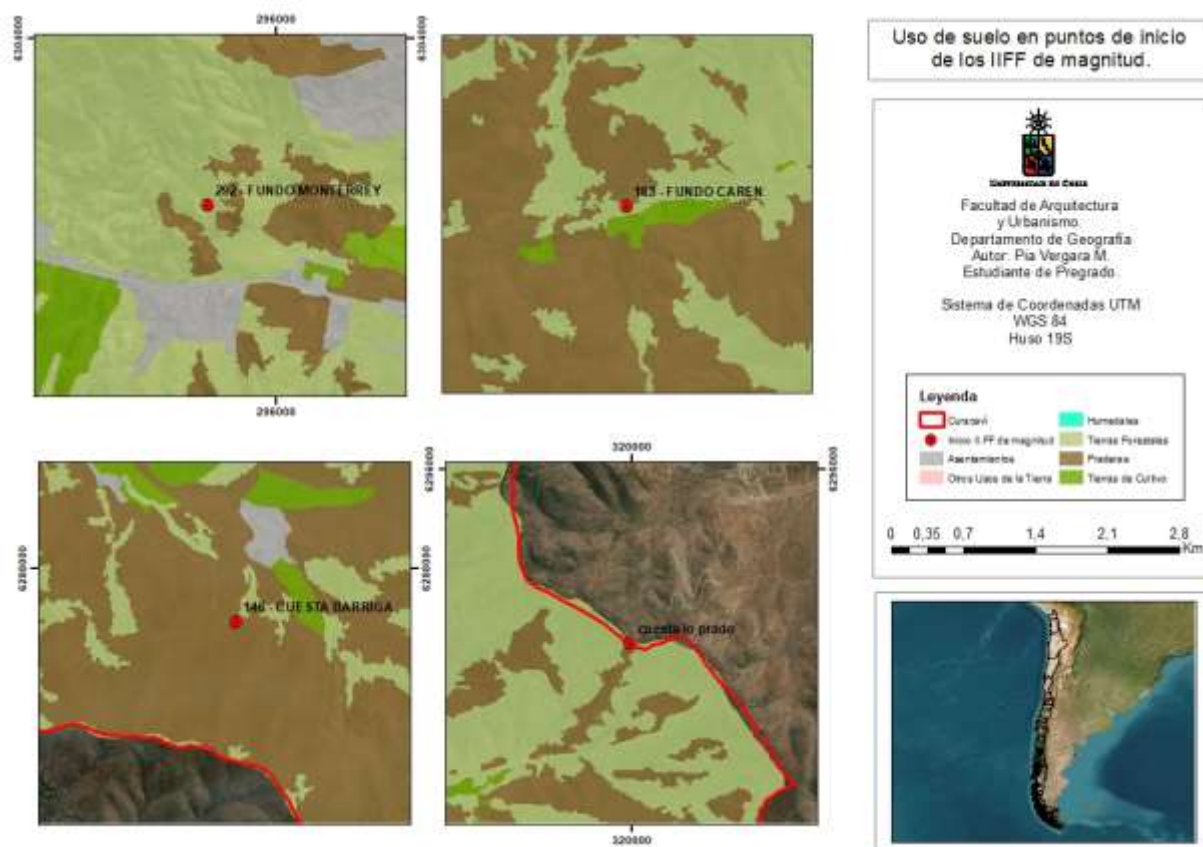
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Tabla 1: Uso de suelo en la Comuna de Curacaví.

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Porcentaje del total
Asentamientos	3.721,03	5.35%
Otros usos de la Tierra	427,12	0.61%
Humedales	21,28	0.03%
Tierras Forestales	33.624,29	48.42%
Praderas	23.297,76	33.55%
Tierras de Cultivo	8.343,43	12.01%
Curacaví	69.434,91	100%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

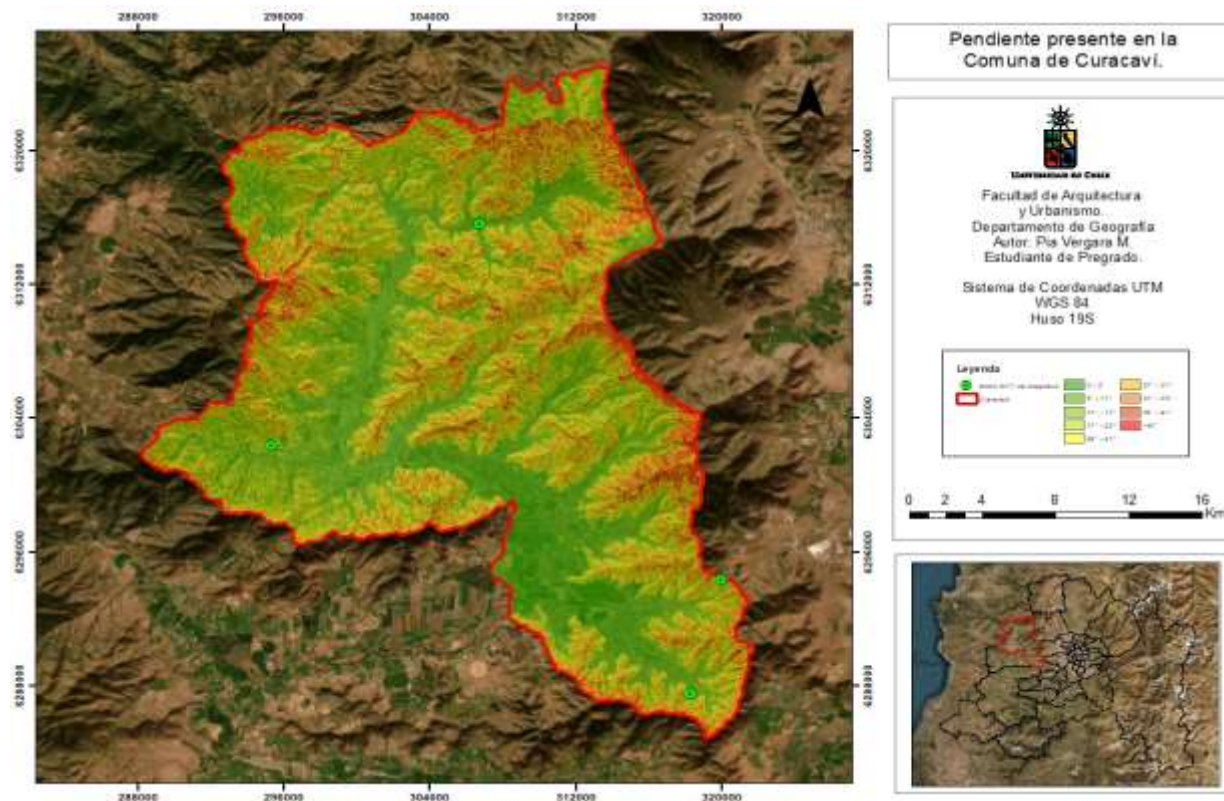
Figura 14: Uso de suelo en los inicios de los incendios forestales de magnitud.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

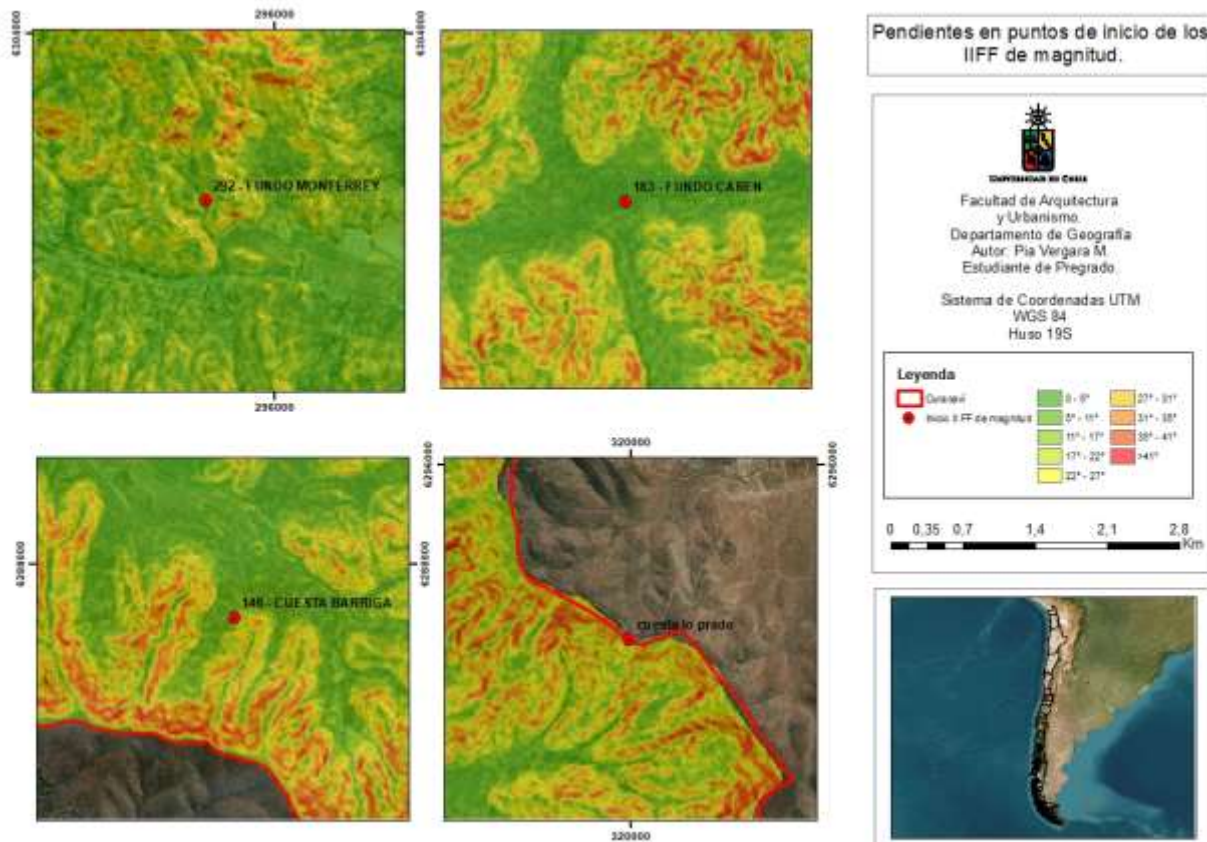
Como resultado de la clasificación de las pendientes del área estudiada (**Figura 15**) se visualiza que el área está conformada mayoritariamente por pendientes bajas, pendientes entre 0 y 22 grados; y pendientes medias, pendientes entre 22- 27 grados.

Figura 15: Pendiente del área estudiada.



Fuente: Elaboración propia a partir de La Infraestructura de datos Geospaciales de Chile (IDE Chile), 2024.

Figura 16: Pendiente en los inicios de los incendios forestales de gran magnitud.



Fuente: Elaboración propia a partir de La Infraestructura de datos Geospaciales de Chile (IDE Chile), 2024.

Es importante mencionar que la topografía del área de estudio es irregular, por lo que se realizó un estudio de las exposiciones que hay presentes en el lugar. Este estudio se puede visualizar en el **Anexo 4**.

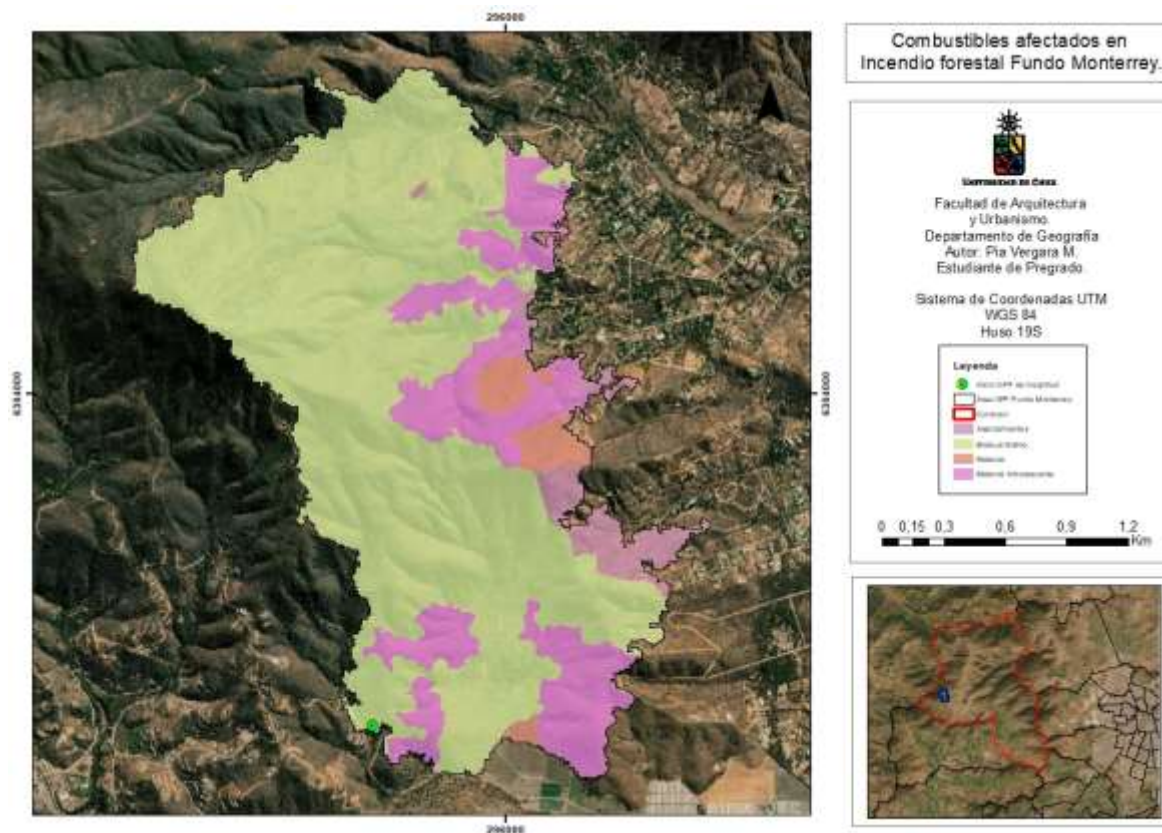
Como producto final se puede observar que tres de los incendios forestales se originaron en zonas con baja pendiente (**Figura 16**), el límite comunal con Melipilla la zona de Cuesta Barriga, la zona de Caren y el cordón montañoso Cerro las Cabras. Sin embargo el incidente restante se inició en una zona con pendiente alta, como lo es el límite comunal con Pudahuel donde se encuentra la Cuesta Lo Prado.

Sumado a lo anterior, se observó que los puntos de inicio de los incendios forestales de gran magnitud se originaron principalmente en los usos de suelo de tierras forestales y praderas. Siendo el inicio de dos incidentes en tierras forestales y los otros dos en praderas (**Figura 14**).

3.3.- Combustibles afectados

El incendio forestal “Fundo Monterrey” tiene una superficie afectada de 483,70 hectáreas, su punto de inicio fue en el combustible de Bosque nativo y dentro del área dañada se presentan distintos tipos de combustibles, los cuales se pueden visualizar en la **Figura 17**. Entre los combustibles damnificados tenemos los asentamientos con una superficie de 21,79 hectáreas lo que equivale al 4.5% del total, el matorral fue afectado en una superficie de 15,51 hectáreas lo que equivale al 3.2% del total, el matorral arborescente fue afectado en una superficie de 93,17 hectáreas lo que representa el 19.3% del total, y por último el bosque nativo se afectó con una superficie de 352,97 hectáreas lo que equivale al 72.98% del total incendiado (**Tabla 2**).

Figura 17: Combustible afectado incendio forestal “Fundo Monterrey”.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Tabla 2: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Fundo Monterrey”.

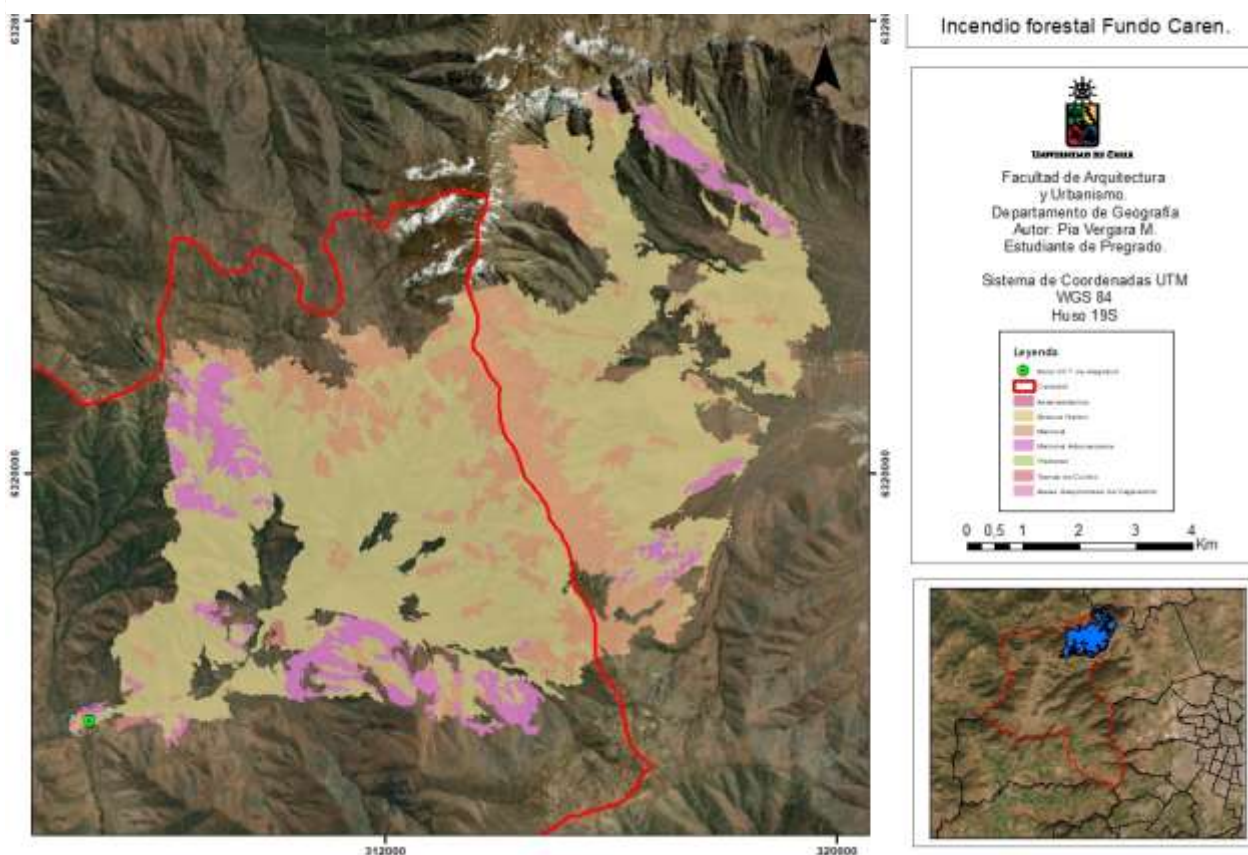
Incendio Forestal “Fundo Monterrey”		
Combustible	Superficie Afectada (ha)	Porcentaje Afectado
Asentamiento	21,79	4.5%
Matorral	15,51	3.2%
Matorral Arborescente	93,17	19.3%
Bosque Nativo	352,97	73%
Total	483,5	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

El incendio forestal “Fundo Carén” tiene una superficie afectada de 7.364,71 hectáreas, sin embargo, el polígono afectado es de 6.932,3 hectáreas, por lo que se trabajó con ese valor.

El punto de inicio del incendio forestal ocurrió en Bosque Nativo y dentro del área dañada se presentan distintos tipos de combustibles, los cuales se pueden visualizar en la **Figura 18**. Entre los combustibles damnificados tenemos los asentamientos con una superficie afectada de 02 hectáreas que equivale al 0.02% del total, los terrenos de cultivo fue afectado en 22.3 hectáreas lo que es un 0.3% del total, praderas con una superficie afectada de 13,2 hectáreas lo que es el 0.2% del total, el matorral fue afectado en 1.540,1 hectáreas lo que equivale a un 22.2% del total, el matorral arborescente con una superficie afectada de 642,6 lo que es igual al 9.3% del total, los bosques nativos fue afectado en 4.706,3 hectáreas equivalente a un 67.9% del total, y por último las zonas desprovistas de vegetación se afectó en 5.8 hectáreas lo que es el 0.1% del total afectado (**Tabla 3**).

Figura 18: Combustible afectado incendio forestal “Fundo Caren”.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

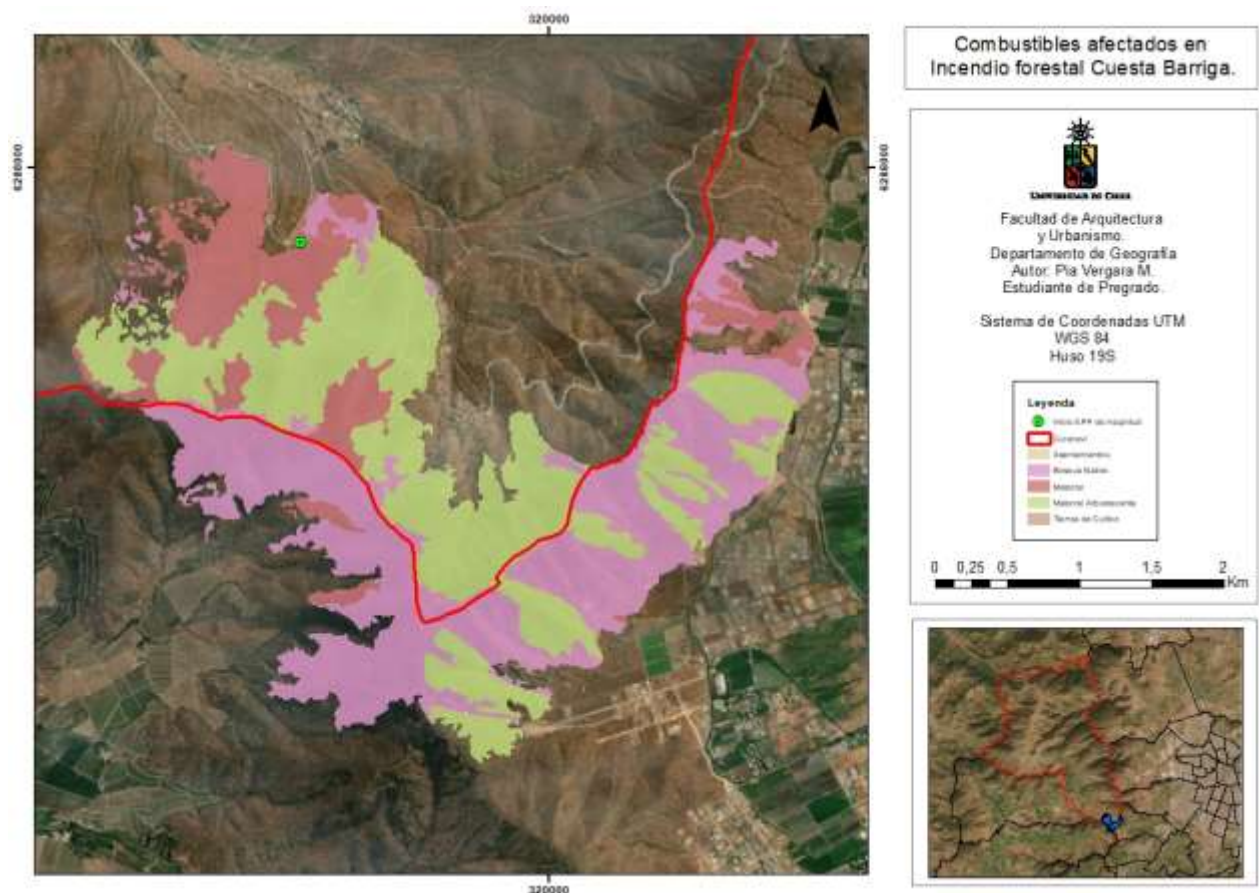
Tabla 3: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Fundo Caren”.

Incendio Forestal “Fundo Caren”		
Combustible	Superficie Afectada (ha)	Porcentaje Afectado
Asentamiento	02	0.02%
Terreno de Cultivo	22,3	0.3%
Praderas	13,2	0.2%
Matorral	1.540,1	22.2%
Matorral Arborescente	642,6	9.3%
Bosque Nativo	4.706,3	67.9%
Zona Desprovista de Vegetación	5,8	0.1%
Total	6.932,3	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

El incendio forestal “Cuesta Barriga” tiene una superficie afectada de 903,14 hectáreas, su punto de inicio ocurrió en Matorral pero dentro de área dañada se presenta distintos tipos de combustibles, los cuales se pueden visualizar en la **Figura 19**. Entre los combustibles damnificados tenemos los asentamientos con una superficie de 0,49 hectáreas lo que equivale al 0.05% del total, el matorral fue afectado en una superficie de 164,41 hectáreas lo que equivale al 18.2% del total, el matorral arborescente fue afectado en una superficie de 363,37 hectáreas lo que representa el 40.2% del total, las tierras de cultivo fue afectado en una superficie de 4,94 hectáreas lo que representa el 0.5% del total, y por último el bosque nativo se afectó con una superficie de 369,94 hectáreas lo que equivale al 40.96% del total dañado (**Tabla 4**).

Figura 19: Combustible afectado incendio forestal “Cuesta Barriga”.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

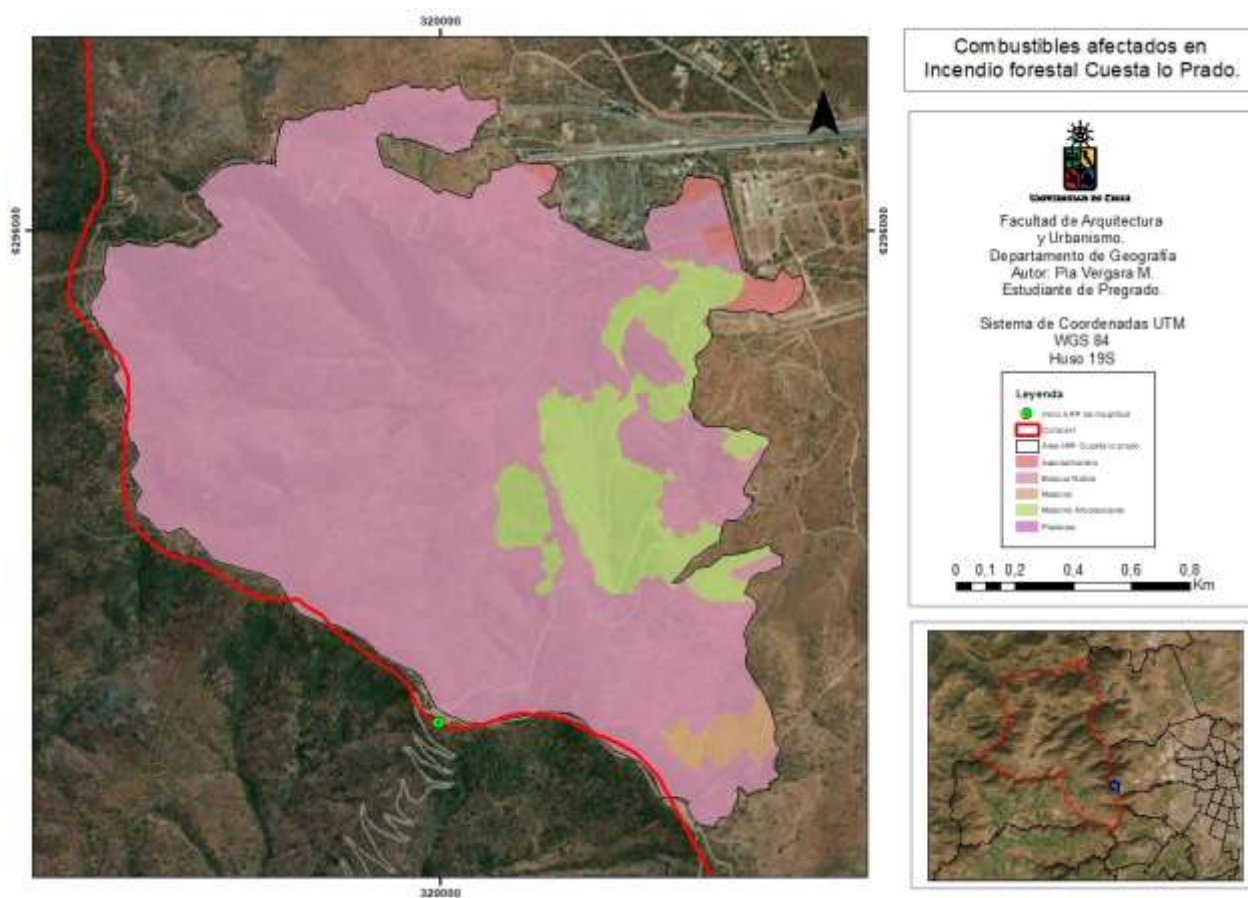
Tabla 4: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Cuesta Barriga”.

Incendio Forestal “Cuesta Barriga”		
Combustible	Superficie Afectada (ha)	Porcentaje Afectado
Asentamiento	0,49	0.05%
Matorral	164,4	18.2%
Matorral Arborescente	363,37	40.2%
Tierra de Cultivo	4,94	0.5%
Bosque Nativo	369,94	41%
Total	903,14	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

El incendio forestal “Cuesta Lo Prado” tiene una superficie afectada de 365 hectáreas, su punto de inicio ocurrió en Bosque nativo pero en el área dañada se presenta distintos tipos de combustibles, los cuales se pueden visualizar en la **Figura 20**. Entre los combustibles damnificados tenemos los asentamientos con una superficie de 5,4 hectáreas lo que equivale al 1.5% del total, el matorral fue afectado en una superficie de 5,5 hectáreas lo que equivale al 1.5% del total, el matorral arborescente fue afectado en una superficie de 43,3 hectáreas lo que representa el 11.7% del total, y por último el bosque nativo se afectó con una superficie de 310,7 hectáreas lo que equivale al 85.1% del total afectado (**Tabla 5**).

Figura 20: Combustible afectado incendio forestal “Cuesta Lo Prado”.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Tabla 5: Desglosé de combustible afectado en Incendio Forestal “Cuesta Lo Prado”.

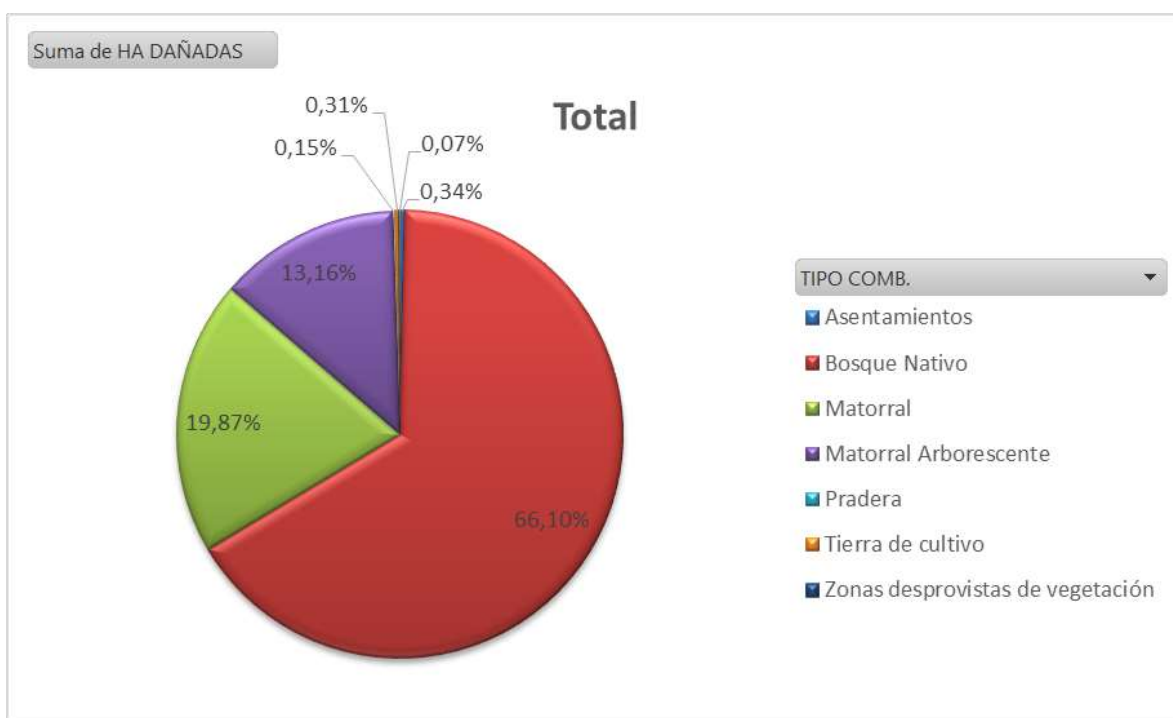
Incendio Forestal “Cuesta Lo Prado”		
Combustible	Superficie Afectada (ha)	Porcentaje Afectado
Asentamiento	5,4	1.5%
Matorral	5,5	1.5%
Matorral Arborescente	43,3	11.7%
Bosque Nativo	310,7	85.1%
Total	364,9	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

En resumen, entre los 04 incendios forestales de gran magnitud se observó un daño total de 8.684,14 hectáreas con siete principales combustibles afectados, los cuales son los asentamientos poblados, bosques nativos, tierras de cultivo, matorral, matorral arborescente, praderas y zonas desprovistas de vegetación. Sumado a ello, se observó que de los cuatro incendios forestales de gran magnitud, tres de ellos iniciaron en Bosque Nativo y un solo incidente ocurrió en Matorral.

Entre los 07 combustibles, se encuentran afectados en mayor medida los bosques nativos afectados en una superficie de 5.739,9 hectáreas lo que equivale al 66.1% del total. En segundo lugar se encuentran los matorrales dañados en una superficie de 1.725,52 hectáreas lo que representa el 19.87% del total. En tercer lugar tenemos al matorral arborescente con un daño de 1.142,42 hectáreas lo que equivale a un 13.16% del total. En cuarto lugar están los asentamientos con una superficie de 29,7 hectáreas lo que es igual al 0.34% del total. En quinto lugar se encuentran las tierras de cultivo con un área de 27,3 hectáreas lo que equivale al 0.31% del total. En sexto lugar tenemos a las praderas con una superficie de 13,2 hectáreas lo que es igual al 0.15 % del total. Por último, tenemos las zonas desprovistas de vegetación con un daño de 5,82 hectáreas lo que representa el 0.07% del total afectado. El resumen de los combustibles afectados se puede encontrar en la **Figura 21**, además como complemento en el **Anexo 5** se puede observar los combustibles más afectados durante la temporada 2023-2024 en toda la Región Metropolitana.

Figura 21: Combustibles afectados en incendios forestales de gran magnitud.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.4.- Causalidades de los incendios forestales de magnitud

Todas las causas de los incendios forestales fueron investigadas por la unidad de análisis y diagnóstico de CONAF, quienes son los encargados de investigar cada causa de los distintos incendios forestales. Esta unidad representa el ente técnico de definición de causas, sin embargo el organismo legal encargado es la policía de investigación quienes solicitan la ayuda técnica de CONAF.

Durante el último quinquenio como ya mencionamos anteriormente ocurrieron cuatro incendios forestales de gran magnitud, los cuales todos fueron provocados por el hombre, tanto accidentalmente como por negligencia del mismo. Las causas de los incidentes se encuentran en la **Tabla 6**.

Tabla 6: Causas de los incendios forestales de magnitud.

Nombre del Incendio forestal	Día y Hora de inicio	Superficie Afectada (ha)	Causa de inicio
Fundo Monterrey	28-02-2021 14:07	483,70	Uso de fuego para actividades recreativas en áreas no habilitadas
Fundo Carén	14-12-2022 12:50	7.364,71	Uso de fuego para actividades recreativas en áreas no habilitadas
Cuesta Barriga	19-12-2023 14:32	903,14	Generado por un choque vehicular
Cuesta Lo Prado	24-01-2024 12:46	365	Acciones asociadas a fumar

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

3.5.- Condiciones meteorológicas en los incendios forestales de magnitud

Como resultado, las condiciones meteorológicas utilizadas son aquellas que se constataron inicialmente en las fichas de los incendios, estas condiciones fueron registradas por personal

de CONAF según las aplicaciones de Windy y Accuweather al aviso de cada incendio forestal, de acuerdo a su ubicación aproximada. Dichas condiciones se pueden observar en la **Tabla 7**.

Tabla 7: Condiciones meteorológicas al inicio de los incendios forestales de magnitud.

Incendio Forestal	Día y Hora de inicio	T°	Nubosidad	Humedad relativa	Velocidad del viento	Dirección del viento
Fundo Monterrey	28-02-2021 14:07	30.6°C	0/8	18%	15 Km/h	SW
Fundo Caren	14-12-2022 12:50	26°C	0/8	37%	13 Km/h	NW
Cuesta Barriga	19-12-2023 14:32	24°C	0/8	25%	16 Km/h	W
Cuesta Lo Prado	24-01-2024 12:46	29°C	0/8	26%	8 Km/h	W

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Durante el desarrollo de los incendios forestales de magnitud los datos meteorológicos son obtenidos mediante un instrumento Kestrel en el lugar del incidente, estos datos son registrados en los informes especiales, realizados a las 12 horas y a las 18 horas con los datos relevantes del incendio forestal de magnitud, los cuales se generan durante el transcurso de todo el incidente hasta su extinción. Es importante mencionar que se recopiló dicha información de los primeros informes especiales realizados en cada incendio y se pueden observar en la **Tabla 8**.

Tabla 8: Condiciones meteorológicas registradas por kestrel en el lugar de los incendios forestales de magnitud.

Incendio Forestal	Día y Hora de la info.	T°	Nubosidad	Humedad relativa	Velocidad del viento	Dirección del viento
Fundo Monterrey	01-03-2021 15:00	29,7°C	0/8	34%	11 Km/h	SE
Fundo Caren	17-12-2022 18:00	26°C	0/8	31%	9 Km/h	W
Cuesta Barriga	19-12-2023 18:00	23,6°C	0/8	17,4%	12 km/h	W
Cuesta Lo Prado	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

A continuación, se enseña el registro de la estación meteorológica del aeródromo de Curacaví de agrometeorología, estos datos fueron separados según las fechas en que se desarrollaron los incendios forestales de magnitud.

En primer lugar se analiza el incendio forestal “Fundo Monterrey”, el cual duró 04 días, a continuación en la **Tabla 9** se muestran los datos meteorológicos registrados durante esos 04 días de actividad.

Tabla 9: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Fundo Monterrey”.

Incendio Forestal asociado	Día de la info.	T° del aire máxima	Humedad relativa mínima	Velocidad del viento	Dirección del viento
Fundo Monterrey	28-02-2021	S/I	S/I	S/I	S/I
Fundo Monterrey	01-03-2021	25,5°C	44,5%	10,2 Km/h	SW
Fundo Monterrey	02-03-2021	28,6°C	41,2%	8,7 Km/h	SE
Fundo Monterrey	03-03-2021	30,6°C	37,1%	7,5 Km/h	SE

Fuente: Elaboración propia a partir de Agrometeorología (INIA), 2024.

En segundo lugar, el incendio forestal “Fundo Caren”, el cual duró 14 días, a continuación en la **Tabla 10** se muestran los datos meteorológicos registrados durante esos 14 días de actividad.

Tabla 10: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Fundo Caren”.

Incendio Forestal asociado	Día de la info.	T° del aire máxima	Humedad relativa mínima	Velocidad del viento	Dirección del viento
Fundo Carén	14-12-2022	30,1°C	28,6%	8,6 Km/h	SW
Fundo Caren	15-12-2022	36°C	13,8%	8,9 Km/h	SE
Fundo Caren	16-12-2022	28,1°C	36,1%	13,4 Km/h	S
Fundo Caren	17-12-2022	23,8°C	43%	13,4 Km/h	S
Fundo Caren	18-12-2022	30,5°C	31,4%	9,8 Km/h	SW
Fundo Caren	19-12-2022	27,9°C	32,8%	10,7 km/h	S
Fundo Caren	20-12-2022	30,6°C	22,4%	9,3 Km/h	S
Fundo Caren	21-12-2022	31,5°C	28,5%	11,9 Km/h	S
Fundo Caren	22-12-2022	29,4°C	27%	10,4 Km/h	SW
Fundo Caren	23-12-2022	29°C	30,5%	10,8 Km/h	SW
Fundo Caren	24-12-2022	31,6°C	24,3%	11,9 Km/h	SW

Fundo Caren	25-12-2022	27,8°C	35,1%	11,5 Km/h	SW
Fundo Caren	26-12-2022	27,2°C	36,6%	9 Km/h	SE
Fundo Caren	27-12-2022	30,5°C	32%	7,9 Km/h	S

Fuente: Elaboración propia a partir de Agrometeorología (INIA), 2024.

En tercer lugar, el incendio forestal “Cuesta Barriga”, el cual duró 06 días, a continuación en la **Tabla 11** se muestran los datos meteorológicos registrados durante esos 06 días de actividad.

Tabla 11: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Cuesta Barriga”.

Incendio Forestal asociado	Día de la info.	T° del aire máxima	Humedad relativa mínima	Velocidad del viento	Dirección del viento
Cuesta Barriga	19-12-2023	24,8°C	36,4%	10,9 Km/h	S
Cuesta Barriga	20-12-2023	29,4°C	23,1%	10,2 Km/h	S
Cuesta Barriga	21-12-2023	29°C	31,4%	9,9 Km/h	S
Cuesta Barriga	22-12-2023	31,9°C	25,3%	11 Km/h	S
Cuesta Barriga	23-12-2023	31,7°C	22,2%	10,7 Km/h	SE
Cuesta Barriga	24-12-2023	28,6°C	36%	9,4 Km/h	SE

Fuente: Elaboración propia a partir de Agrometeorología (INIA), 2024.

En cuarto lugar, el incendio forestal “Cuesta Lo Prado”, el cual duró 02 días. A continuación en la **Tabla 12** se muestran los datos meteorológicos registrados durante esos 02 días de actividad.

Tabla 12: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los días en que ocurrió el incendio forestal “Cuesta Lo Prado”.

Incendio Forestal asociado	Día de la info.	T° del aire máxima	Humedad relativa mínima	Velocidad del viento	Dirección del viento
Cuesta Lo Prado	24-01-2024	34,8°C	30,6%	10,1 Km/h	SE
Cuesta Lo Prado	25-01-2024	28,8°C	43,2%	12,2 Km/h	SE

Fuente: Elaboración propia a partir de Agrometeorología (INIA), 2024.

A continuación, en la **Tabla 13** se enseña el registro de la estación meteorológica del aeródromo de Curacaví de agrometeorología, estos datos fueron separados según los meses en que se desarrollaron los incendios forestales de gran magnitud.

Tabla 13: Condiciones meteorológicas registradas por agrometeorología los meses en que ocurrieron los incendios forestales de magnitud.

Incendio Forestal asociado	Mes y año	T° del aire máxima	Humedad relativa máxima	Humedad relativa mínima	Velocidad del viento
Fundo Monterrey	Febrero 2021	S/I	S/I	S/I	S/I
Fundo Caren	Diciembre 2022	30,5°C	28,5%	77,1%	10 Km/h
Cuesta Barriga	Diciembre 2023	28,3°C	32,6%	86,1%	10 Km/h
Cuesta Lo Prado	Enero 2024	30,7°C	32,2%	85,3%	10 Km/h

Fuente: Elaboración propia a partir de Agrometeorología (INIA), 2024.

Para el desarrollo de este objetivo se realizó una comparación entre los datos obtenidos en primera instancia por personal de CONAF desde las aplicaciones Windy y Accuweather con la información obtenida desde agrometeorología.

Como resultado se observa que el inicio de los incendios forestales de magnitud ocurrieron con unas condiciones de temperaturas sobre los 26°C, a excepción de un incidente que sucedió con una temperatura de 24°C, con humedades relativas menores al 37% y vientos superiores a los 10 kilómetros por hora. Es importante aclarar que los cuatro incendios iniciaron antes de las tres de la tarde, por lo tanto las temperaturas máximas aún no se alcanzaban.

Las condiciones meteorológicas durante el transcurso del incendio “Fundo Monterrey” se mantuvieron relativamente estables, con una temperatura de 30.6°C al inicio del incidente y temperaturas relativamente similares, obteniendo una temperatura mínima de 25°C y una temperatura máxima de 30.6°C dentro de los 04 días en los que se desarrolló. La humedad relativa al inicio del evento fue de un 18% aproximadamente y durante el transcurso de los días esta fue aumentando hasta llegar al 40% aproximadamente. En caso contrario, el viento se registró con una velocidad de 15 Km/h. al inicio del incendio y durante el transcurso de los días este fue disminuyendo, hasta alcanzar una velocidad de 7.5 Km/h.

En segundo lugar, las condiciones meteorológicas durante el transcurso del incendio “Fundo Caren” se mantuvieron parcialmente estables, con una temperatura de 26°C al inicio del incidente y temperaturas relativamente similares, obteniendo una temperatura mínima de 23.8°C y una temperatura máxima de 36°C dentro de los 14 días en los que se desarrolló. La humedad relativa al inicio del evento fue de un 37% aproximadamente y durante el transcurso de los días esta fue variando en valores mínimos hasta llegar a una humedad máxima de 43% y una mínima de 13.8% aproximadamente. En ese mismo camino, el viento se registró con una velocidad de 13 km/h. al inicio del incendio y durante el transcurso de los días este fue disminuyendo alcanzando una velocidad de 7.9 km/h.

En tercer lugar, las condiciones meteorológicas durante el transcurso del incendio “Cuesta Barriga” se mantuvieron parcialmente estables, con una temperatura de 24°C al inicio del incidente y temperaturas relativamente similares, obteniendo una temperatura máxima de 31.9°C y una temperatura mínima de 24°C dentro de los 06 días en los que se desarrolló. La humedad relativa al inicio del evento fue de un 25% aproximadamente y durante el transcurso de los días esta fue variando en valores mínimos hasta llegar a una humedad máxima de 36.4% y una mínima de 22.2% aproximadamente. En ese mismo camino, el viento se registró con una velocidad de 16 km/h. al inicio del incendio y durante el transcurso de los días este fue disminuyendo, alcanzando una velocidad de 9.4 km/h.

En cuarto y último lugar, las condiciones meteorológicas durante el transcurso del incendio

“Cuesta Lo Prado” se mantuvieron parcialmente estables, con una temperatura de 29°C al inicio del incidente y temperaturas relativamente similares, obteniendo una temperatura máxima de 34.8°C y una temperatura mínima de 28.8°C dentro de los 02 días en los que se desarrolló. La humedad relativa al inicio del evento fue de un 26% aproximadamente y durante el transcurso de los días esta fue variando hasta llegar a una humedad máxima de 43.2%. En ese mismo camino, el viento se registró con una velocidad de 08 km/h al inicio del incendio y durante el transcurso de los días este fue aumentando, alcanzando una velocidad de 12.2 km/h.

En términos generales se puede observar que los incendios forestales de gran magnitud ocurridos en la comuna de Curacaví en el último quinquenio se desarrollaron con temperaturas que oscilan entre los 24°C hasta los 36°C, humedades relativas que van desde los 13.8% hasta los 44.5% y vientos con velocidades entre los 7.5 km/h hasta los 13.4 km/h.

Sumado a lo anterior se observa que los incendios forestales de gran magnitud ocurrieron entre los meses de diciembre y febrero, es decir, en los tres meses más críticos del verano en nuestro país (**Anexo 6**).

3.6.- Relacionar las distintas variables

Para este resultado se utilizó la información sobre las pendientes, el uso de suelo y combustible, las condiciones meteorológicas y la densidad de ocurrencia de incendios forestales en la comuna de Curacaví. Los valores asignados a cada variable se consensuaron con ayuda de personal técnico de CONAF.

Es así como como las pendientes menores de 30° se valorizaron con una baja vulnerabilidad, las pendientes de 30° a 60° se valorizaron con vulnerabilidad media y las pendientes mayores a 60° se valorizaron con una vulnerabilidad alta.

Por otro lado, el uso de suelo y el combustible se valorizo según su uso como se ve en la **Tabla 14**.

Tabla 14: Vulnerabilidad por uso de suelo.

Uso de suelo / Combustible	Vulnerabilidad
Asentamiento / Asentamiento	Baja
Humedales / Cuerpos de agua	Baja
Otros usos de la tierra / Áreas desprovistas de vegetación	Baja
Praderas / Pradera y Matorral	Alta

Tierras de Cultivo / Tierras de Cultivo	Baja
Tierras Forestales / Bosque Nativo	Media

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Las condiciones meteorológicas utilizadas para este resultado es una capa de clima mediterráneo de lluvia invernal, donde las precipitaciones son de 700 milímetros al año, una temperatura media de 12°C y humedad relativa promedio de 30%.

La densidad de ocurrencia se valorizó mediante mayor ocurrencia mayor vulnerabilidad y a menor ocurrencia menor vulnerabilidad.

Estas cuatro variables se geoprocesaron mediante un análisis multicriterio, cada una de estas capas se le asignó un valor en porcentaje según su importancia en la propagación de incendios forestales, esta asignación se puede observar en la **Tabla 15**.

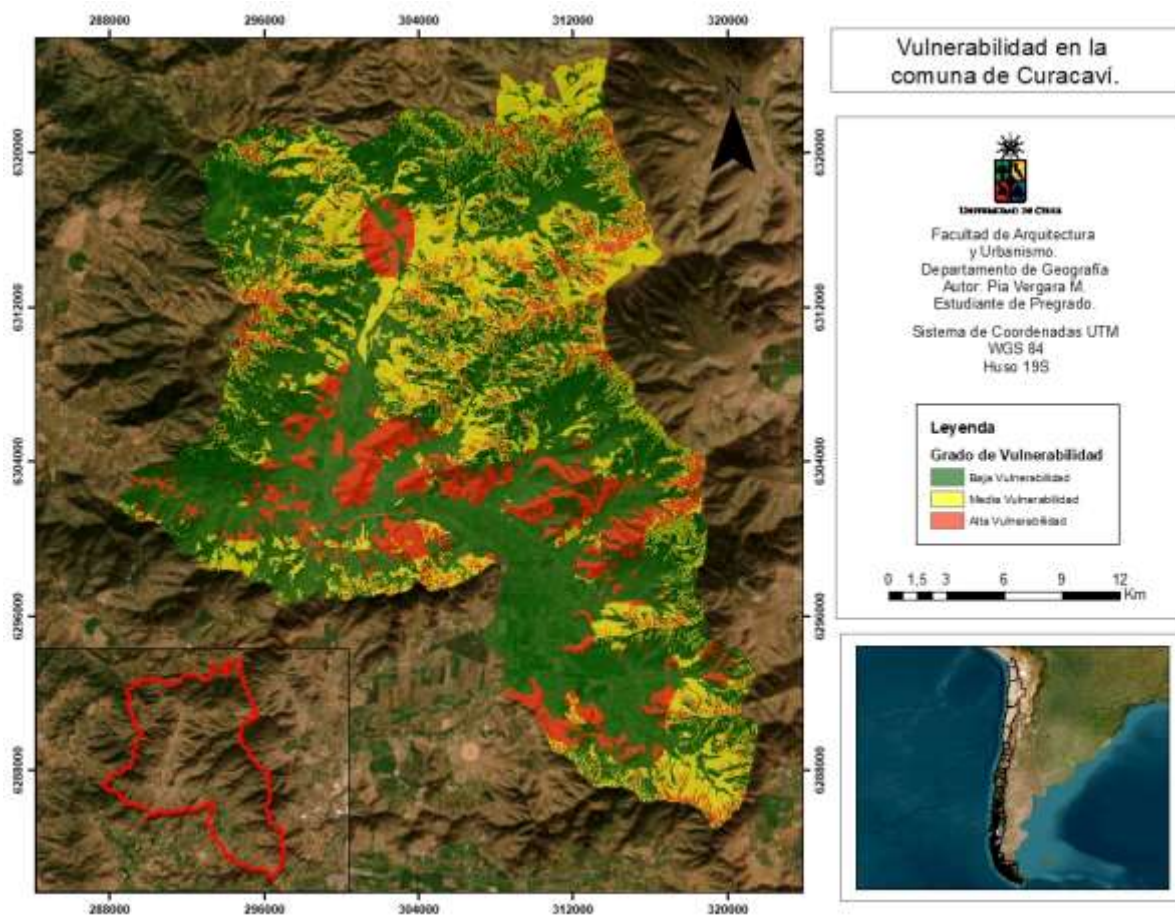
Tabla 15: Importancia de las variables en el desarrollo de los incendios forestales.

Variables a considerar	Porcentaje de importancia
Pendientes	30%
Uso de suelo	25%
Condición Meteorológica	25%
Densidad de Ocurrencia	20%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como resultado del análisis de las variables antes mencionadas con sus respectivos porcentajes, se presenta la **Figura 22**.

Figura 22: Zonas de vulnerabilidad a incendios forestales en la comuna de Curacaví



Fuente: Elaboración propia, 2024

La figura anterior muestra las zonas con una baja, media y alta vulnerabilidad dentro de la comuna. La comuna de Curacaví presenta mayoritariamente zonas de baja vulnerabilidad, sin embargo, presenta zonas de media y alta vulnerabilidad aunque estas son menores en comparación a las zonas de baja vulnerabilidad. Esto se puede observar en la **Tabla 16**.

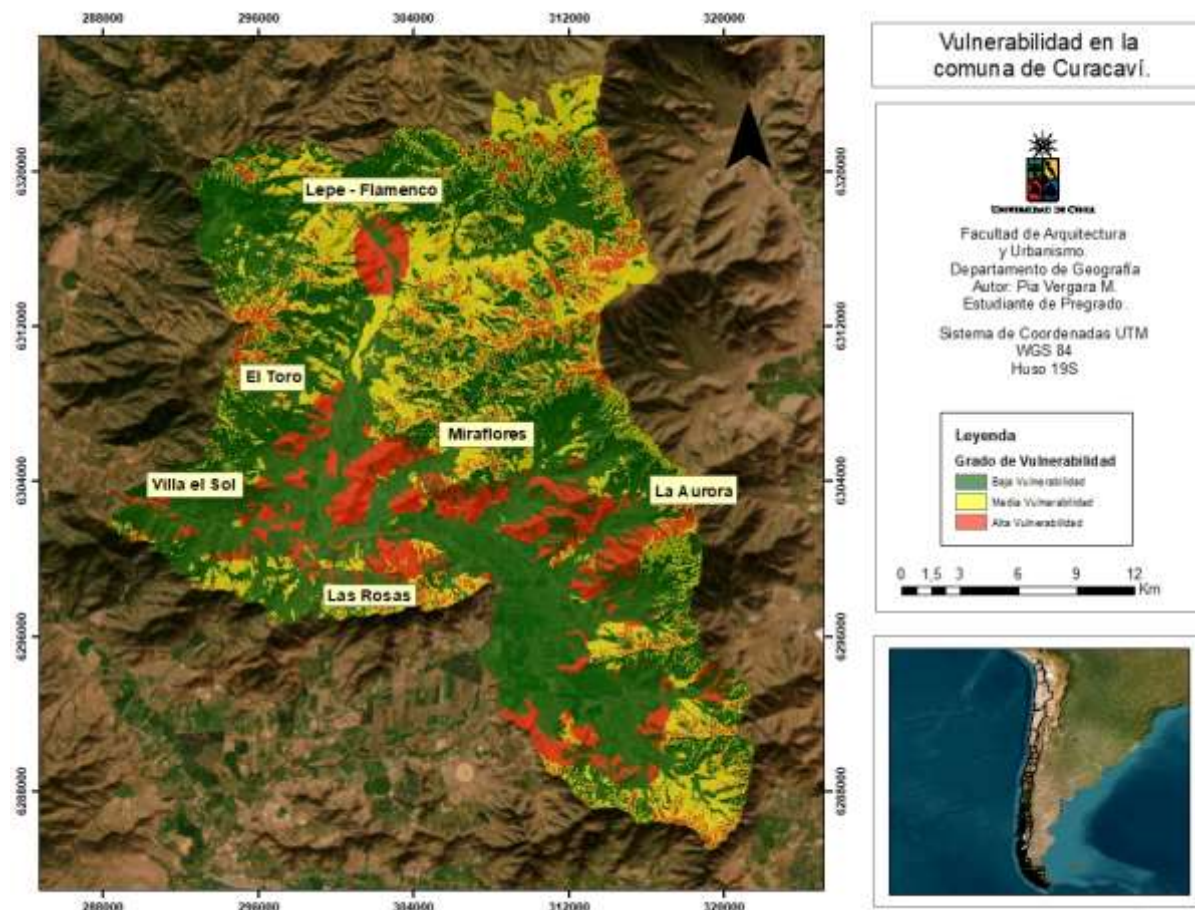
Tabla 16: Porcentaje de las zonas de vulnerabilidad en la comuna de Curacaví.

Vulnerabilidad	Porcentaje aprox. de superficie dentro de la comuna
Baja	57%
Media	27%
Alta	15%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Dentro de las zonas de alta vulnerabilidad encontramos los sectores de Lepe-Flamenco en la zona norte de la comuna, mientras que en la parte noreste de la comuna tenemos los sectores de El Toro y a Villa el Sol hacia el sureste, en el centro de la comuna encontramos el sector de Miraflores, al este está el sector de La Aurora, y por último, en la zona centro sur tenemos el sector de Las Rosas (**Figura 23**).

Figura 23: Sectores de las zonas de vulnerabilidad alta.



Fuente: Elaboración propia, 2024

Este último resultado nos indica las zonas donde si ocurriera un foco este sería más propenso a transformarse en un incendio forestal de gran magnitud dada las condiciones físicas del terreno y sus condiciones meteorológicas.

4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1.- Discusión

Esta memoria se propuso definir los sectores con alto grado de vulnerabilidad a la ocurrencia de incendios forestales de gran magnitud en la comuna de Curacaví, escogida por la cercanía al Gran Santiago, con un alza en la inmigración y nuevos asentamientos urbanos.

El primer resultado, donde se identifica la distribución espacial de ocurrencia de los incidentes corresponde a la formación de áreas críticas de ocurrencia (número de incendios forestales que ocurren en un área determinada, en un período de evaluación – normalmente anual o cada 5 años – y que se evalúan en relación a una unidad de superficie estandarizada y conocida). Esta área crítica, dependiendo de la escala geográfica, da lugar a problemas de concentración específica de incendios, denominado sector crítico. (Castillo et al., 2019).

El segundo y tercer resultado de este trabajo fue definir el uso de suelo y los combustibles afectados en cada incendio forestal de gran magnitud. El producto es que el bosque nativo como combustible es aquel que más daño tuvo al igual que su uso de suelo de tierra forestal. Esto se puede observar ya que hasta la fecha hay mayor daño en el bosque natural pero este podría ser causado por unos pocos incendios y tal vez la mayoría de los incendios ocurran en plantaciones pero todos ellos afecten una pequeña superficie. (Peña-Fernández y Valenzuela-Palma, 2008)

En el cuarto resultado se ha mencionado anteriormente las causas origen de los incendios forestales en Chile son en casi un 100% de origen antrópico. (Haltenhoff, 2010) lo que genera un mayor peligro a las zonas de interfaz, además de estar estrechamente relacionado con la distribución espacial de los incidentes y su densidad de ocurrencia.

El último resultado, donde se identifican las zonas vulnerables para la ocurrencia de incendios forestales de gran magnitud se utilizó la metodología de un análisis multicriterio que contenía las variables de pendiente en la comuna, donde las pendientes sobre los 60° significaban una vulnerabilidad alta. La variable de uso de suelo y combustibles presentes en el área de estudio, donde los usos y combustibles de Praderas, Matorral y Matorral Arborescente están evaluados con una alta vulnerabilidad ante incendios forestales. La variable del clima, donde se consideró al clima mediterráneo de lluvia invernal con una alta vulnerabilidad. Por último, la densidad de ocurrencia de incendios forestales que presenta la comuna en cuestión donde a mayor ocurrencia, mayor es la vulnerabilidad del sector.

Esta metodología queda abalada por Haltenhoff, dado que según él la superficie dañada por los incendios forestales y su variabilidad temporada a temporada, está supeditada por dos factores, estrechamente relacionados entre sí: 1. Características del medio: topográfica, estructura de la vegetación y dificultad de control producto de las condiciones climáticas (Haltenhoff, 2010).

Los resultados confirman que los sectores resultantes como zonas de alta y media vulnerabilidad a incendios forestales de gran magnitud son precisamente aquellos donde se produjeron los incidentes de gran magnitud en las últimas cinco temporadas de CONAF, como se puede observar en el **Anexo 7**. No obstante, los incendios forestales de magnitud pueden ocurrir aleatoriamente en cualquier punto del país, sin embargo, es importante pesquisar la existencia de algún patrón en el comportamiento de estos, y es para estas situaciones cuando debemos estar preparados. (Haltenhoff, 2010)

Con todo lo antes mencionado, el trabajo realizado se ve acotado y restringido al no integrar el comportamiento del fuego, principalmente lo relacionado a la velocidad de avance de las llamas, la intensidad calórica, el tamaño y forma de la expansión del área quemada, el efecto de la topografía, el clima local, y por sobre todo el resto de estos factores, las características de la vegetación que está siendo afectada por el incendio. (Castillo et al., 2019). Al no integrar el comportamiento del fuego al trabajo, este no podrá indicarnos la dirección que tomara el fuego, el tamaño aproximado que podría tener el incidente, la modificación que podría generar en el ambiente local, entre otras cosas.

Los incendios forestales son un problema de gran magnitud y sus impactos han generado el interés para desarrollar estudios sobre el comportamiento, el avance del fuego, daños bioecológicos, daños económicos a corto y largo plazo, además de los factores que generan los incendios y las nuevas áreas de exposición.

Es por ello que los incendios forestales nunca dejarán de ser tema de estudio, debido a la alta incidencia de las personas y la poca y/o nula certeza del punto de inicio del siniestro. En esta línea, es importante que Chile comience a educar a los distintos actores presentes en los territorios respecto al uso y comportamiento del fuego. Este conocimiento se debe llevar a cabo mediante una estructura organizada e incorporada desde la primera infancia hasta las grandes empresas que conversan con terrenos de interfaz urbano-forestal y sus comunidades.

4.2- Conclusión

En la Región Metropolitana se produce un gran número de incendios forestales cada año, en promedio unos 401,2 incidentes con una superficie total afectada de 4.541,9 hectáreas por

temporada, donde la comuna de Curacaví tiene un promedio de 31,8 incendios y una superficie total afectada de 1595,26 hectáreas por temporada.

Esta temporada en CONAF de la región Metropolitana se registraron 544 incendios forestales, de los cuales fueron 10 incendios forestales de gran magnitud, es decir, 10 incendios con más de 200 ha afectadas. De esos 10 incidentes, 02 ocurrieron en Curacaví.

Es por ello que este trabajo busco definir las zona con mayor vulnerabilidad ante la ocurrencia de incendios forestales de gran magnitud, para generar un conocimiento sobre donde concentrar los recursos en esta comuna. Se espera también que se eduque a las personas del territorio sobre el peligro que corren ante la presencia de un incidente de esta envergadura.

En el trabajo se intentó reunir todos los elementos que interfieren en la propagación de un incendio forestal. Respecto a esto, es que se incorporaron elementos tanto físicos, como la meteorología, la pendiente y los combustibles, como también elementos sociales, como la densidad de ocurrencia de los incidentes, ya que la ocurrencia está estrechamente ligada a la cercanía con los centros urbanos y acceso de las personas a estas zonas.

Dentro de los resultados se identificó que la comunidad que habita el centro urbano de Curacaví presenta un alto riesgo hacia los incendios forestales, debido a que se encuentra rodeado de zonas con alta vulnerabilidad para la ocurrencia de incendios forestales de gran magnitud. Por este motivo, es necesario planificar vías de evacuación y áreas de seguridad, así como jornadas de capacitación en prevención.

La identificación de las zonas con mayor vulnerabilidad ante incendios forestales de gran magnitud, viene a crear una mayor concentración de recursos hacia las áreas asociadas, enfocándose en la rápida respuesta de los entes responsables. Además, se espera unificar el método de reconocimiento de dichas áreas al resto del territorio regional para generar un plan de despacho organizado y eficiente. Esto para disminuir las hectáreas afectadas en cada incendio forestal, disminuir las pérdidas humanas y evitar grandes desastres a lo largo del país.

Finalmente, tener conocimiento de estas zonas nos permite planificar los despachos y la ubicación de los recursos de extinción generando una rápida respuesta ante estos desastres, lo que se traduce en una menor superficie afectada. Sin embargo, el factor humano aún es muy difícil de descifrar por lo que la respuesta ante estos incidentes sigue siendo compleja.

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Biblioteca del Congreso Nacional. (S/F). [en línea]. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region13/clima.htm> [consulta: 03 marzo 2024].
- Castillo, M., Pedernera, P., & Pena, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 9(3): 44-53.
- Castillo, M., Saavedra, J., & Brull, B. B. (2019). Severidad del fuego en los mega incendios forestales ocurridos en Chile, en 2017. Acciones para mejorar el sistema de protección. *Territorium*, (26 (I)), 5-18.
- Center for climate and resilience research. (2020). La alarmante pérdida de resistencia del bosque esclerófilo: al menos un tercio ha disminuido su verdor por la megasequía en la zona central (Ladera Sur). [en línea]. <https://www.cr2.cl/la-alarmanete-perdida-de-resistencia-del-bosque-esclerofilo-al-menos-un-tercio-ha-disminuido-su-verdor-por-la-megasequia-en-la-zona-central-ladera-sur/>
- CONAF. (2024). Sistema de información digital para control de operaciones. [en línea]. <https://sidco.conaf.cl/login/index.php> [consulta: 04 abril 2024].
- CONAF. (S/f). Incendios Forestales en Chile. [en línea]. <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/> [consulta: 09 marzo 2024].
- Fernández Chicharro, I., Gómez Ungidos, M., Montenegro Rizzardini, G., et al. (2009). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.
- Haltenhoff Duarte, Herbert. Corporación Nacional Forestal (Chile). 2010. Los grandes Incendios forestales en Chile 1985-2009. CONAF. [en línea] <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/148107>
- INFOR. (2022). Plataforma SIMEF actualizó cifras del bosque nativo en Chile. [en línea]. <https://www.infor.cl/index.php/noticias/784-plataforma-simef-actualizo-cifras-del-bosque-nativo-en-chile> [consulta: 23 marzo 2024].
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2020). Parcelas de agrado desde la perspectiva censal y territorial. [en línea]. https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/Parcelas%20de%20agrado%20desde%20la%20perspectiva%20censal%20y%20territorial_%20RM.pdf
- Montenegro et al. (2004). Regímenes de incendios y respuestas de la vegetación en dos regiones de clima Mediterráneo. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 455-464. http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/2004/3/Montenegro_et_al_2004.pdf
- Municipalidad de Curacaví. (2016). Plan de Desarrollo Comunal PLADECO Curacaví 2016-2020. [en línea]

https://transparencia.municipalidadcuracavi.cl/1_07_Pladeco/2017/PLADECO_2016-2020.pdf

- Peña-Fernández, E., & Valenzuela-Palma, L. (2008). 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).

6.- ANEXOS

Anexo 1: Número de incendios forestales y superficie afectada en la temporada 2023-2024.

REGIÓN	NÚMERO DE INCENDIOS		SUPERFICIE AFECTADA	
	Período 2023-2024	Promedio Quinquenio	Período 2023-2024	Promedio Quinquenio
Metropolitana	542	398	8621.33	4538.96

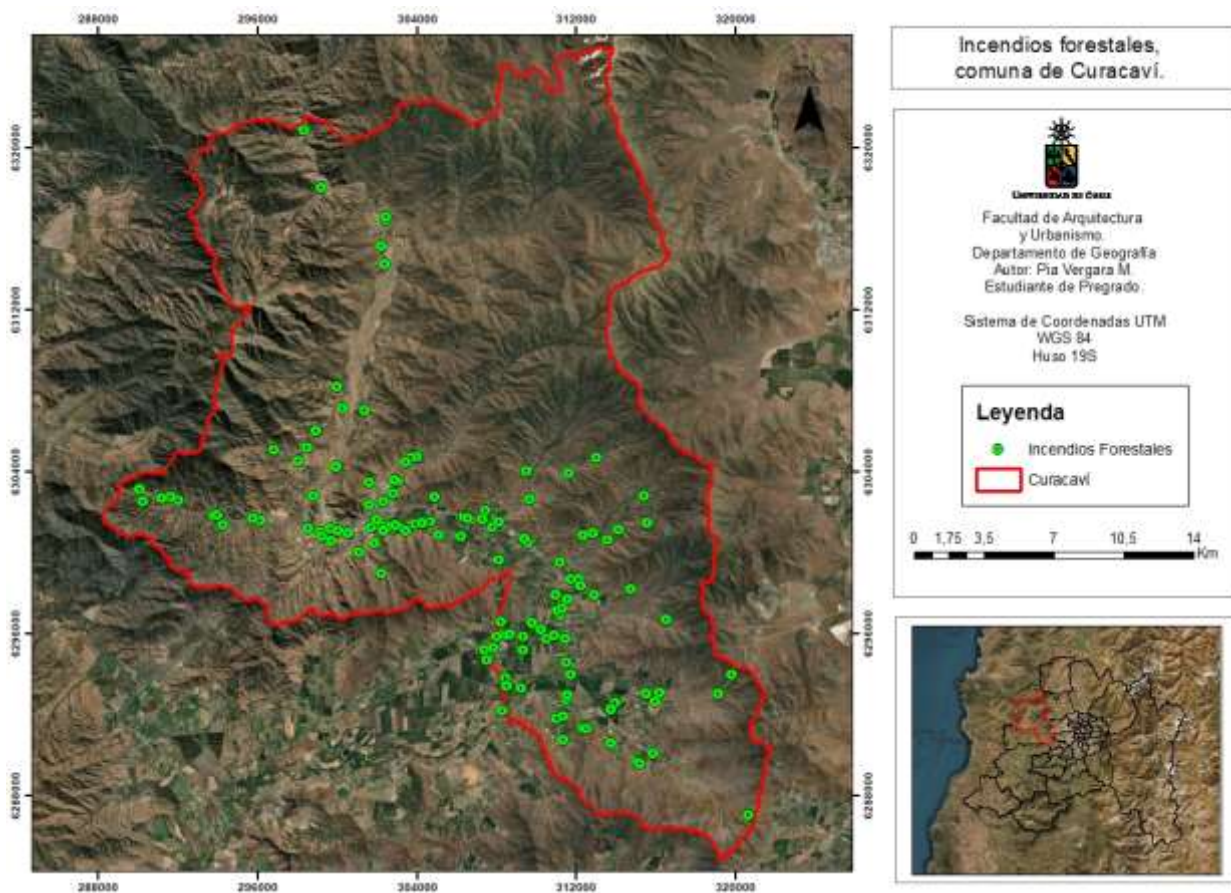
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Anexo 2: Número de incendios forestales y superficie afectada en la temporada 2023-2024 en Curacaví.

COMUNA	NÚMERO DE INCENDIOS		SUPERFICIE AFECTADA	
	Período 2023-2024	Promedio Quinquenio	Período 2023-2024	Promedio Quinquenio
Curacaví	28	31.4	1284.68	1595.25

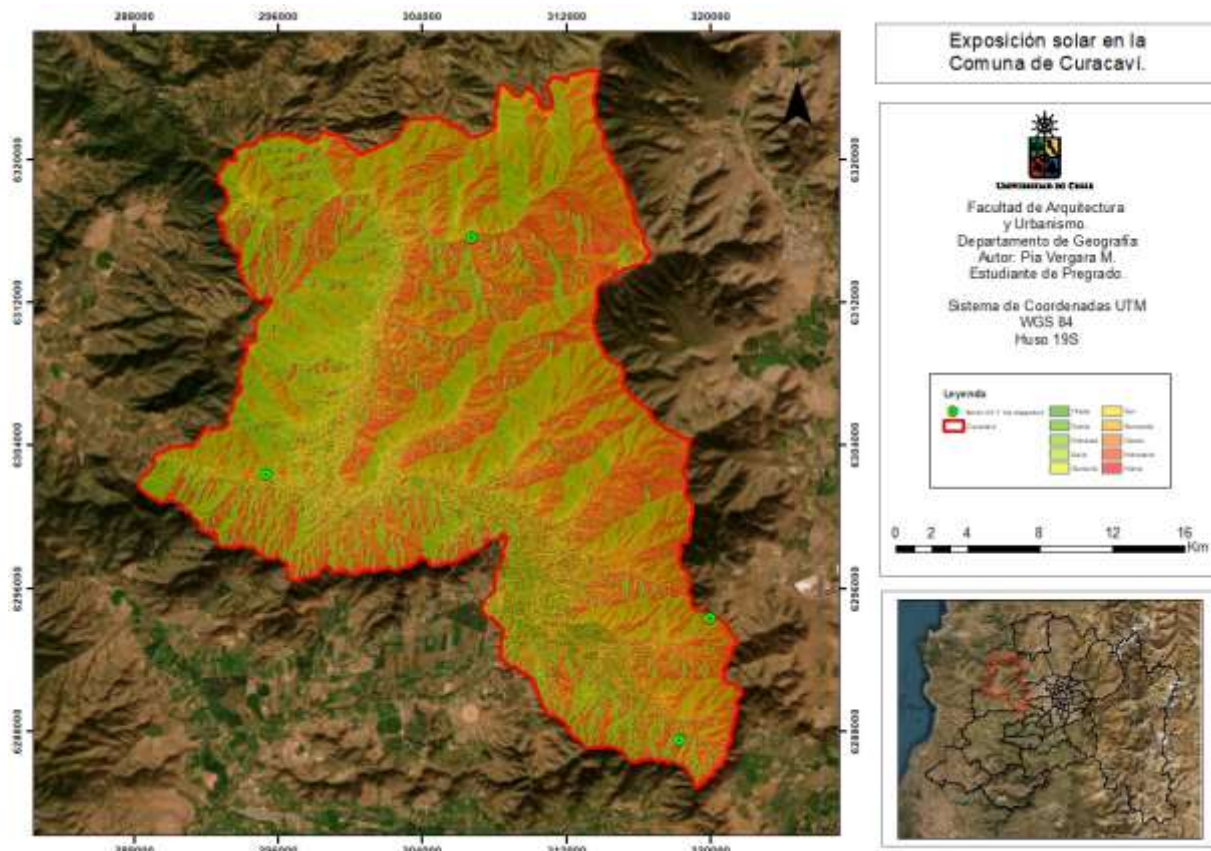
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Anexo 3: Ubicación de Incendios forestales comunes en la Comuna de Curacaví.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Anexo 4: Exposición solar en la comuna de Curacaví.



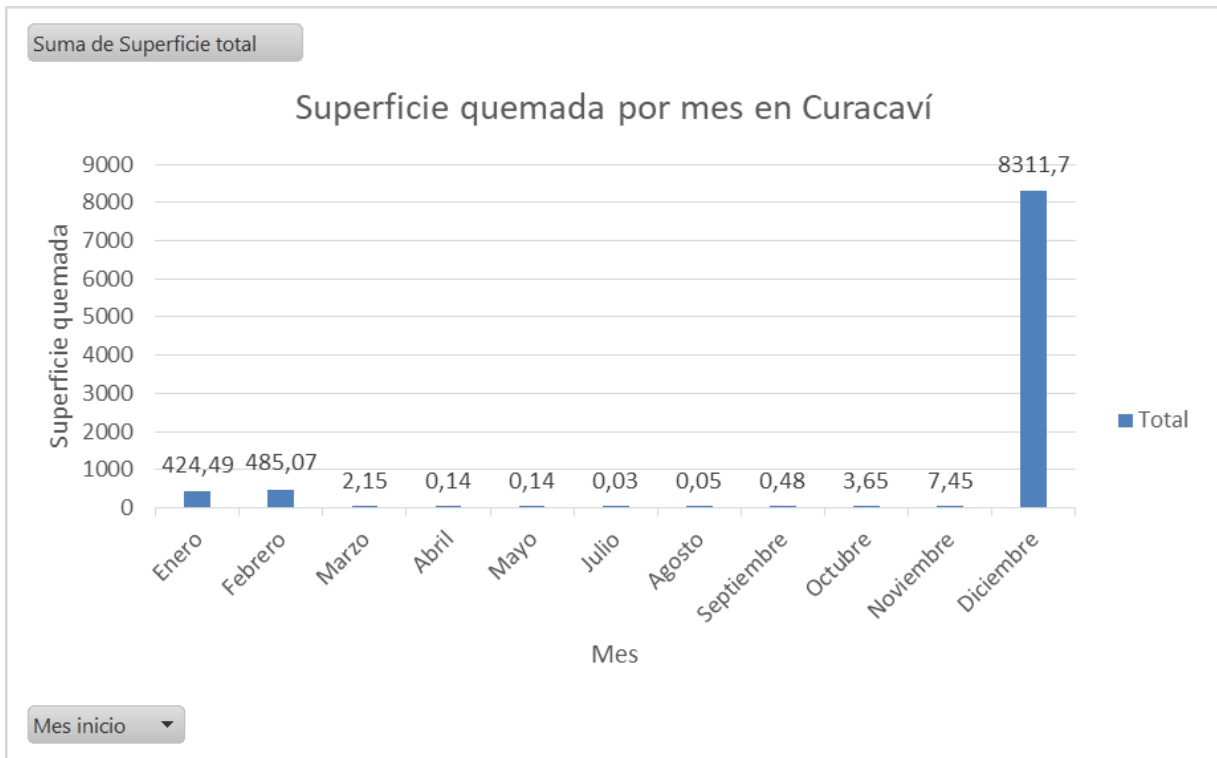
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Anexo 5: Combustible afectado por provincia en la Región Metropolitana.

Localidad	Número Incendios	PLANTACIONES AFECTADAS (ha)				VEGETACIÓN NATURAL AFECTADA (ha)				TOTAL FORESTAL	OTRAS SUP. AFECTADAS (ha)			TOTAL GENERAL
		Pino	Eucalipto	Otras Plantaciones	Subtotal Plantaciones	Arbolado Natural	Matorral	Pastizal	Subtotal Vegetación Natural		Agrícola	Desecho	TOTAL OTRAS SUP.	
Santiago	79		0,400		0,400	12,600	49,470	231,300	293,370	293,770		0,040	0,040	293,810
Cordillera	56	0,100			0,100	3,660	8,605	27,405	39,670	39,770	1,000	0,100	1,100	40,870
Chacabuco	81		0,010		0,010	114,310	790,710	1476,630	2381,650	2381,660	0,500	0,130	0,630	2382,290
Maipo	88	0,200	2,400	1,500	4,100	28,750	65,460	193,250	287,460	291,560	0,800	0,250	1,050	292,610
Melipilla	174	0,200	80,160	13,500	93,860	436,672	1795,418	3118,100	5350,190	5444,050	9,000	0,910	9,910	5453,960
Talagante	64		3,500		3,500	8,165	20,085	125,590	153,840	157,340		0,450	0,450	157,790
Total	542	0,500	86,470	15,000	101,970	604,157	2729,748	5172,275	8506,180	8608,150	11,300	1,880	13,180	8621,330

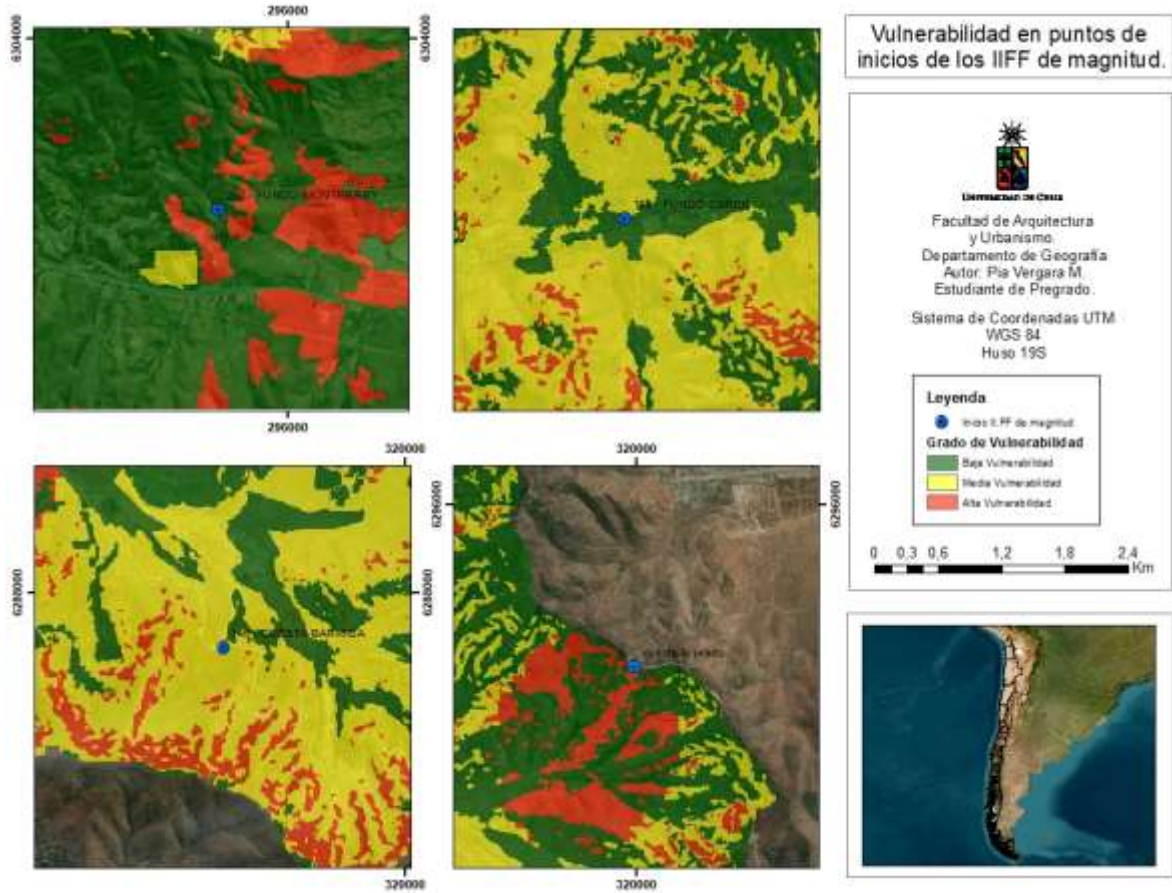
Fuente: SIDCO (CONAF), 2024.

Anexo 6: Superficie quemada por mes en la comuna de Curacaví.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Corporación nacional forestal (CONAF), 2024.

Anexo 7: Vulnerabilidad en los puntos de inicio de los incendios forestales de gran magnitud.



Fuente: Elaboración propia, 2024.