UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Magíster en Areas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

IMPACTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES DE MAGNITUD EN ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DE CHILE CENTRAL

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.

JORGE FAÚNDEZ PINILLA

Ingeniero Forestal

SANTIAGO - CHILE

2021

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Areas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

Profesor Guía	Nombre	Miguel Castillo
	Nota	
	Firma	
Profesor Co-guía	Nombre	Rafael Navarro
	Nota	
	Firma	
Profesor(a) Consejero(a)	Nombre	Claudia Cerda
	Nota	
	Firma	
Profesor(a) Consejero(a)	Nombre	Carlos Magni
	Nota	
	Firma	

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios.

Luego a mi madre. Las metas que he podido ir alcanzando, en gran parte se deben a todo su amor y a todo su esfuerzo.

Al profesor Miguel Castillo, por toda su ayuda y apoyo en este trabajo, por confiar en mí, por sus valiosos consejos y por alentarme a terminar este proyecto.

Al profesor Rafael Navarro, por su constante ayuda durante todo este proceso, por sus consejos y por los valiosos aportes al documento.

También agradecer a ambos (Miguel y Rafa), por el apoyo para realizar la estancia de investigación en la Universidad de Córdoba, España. Lugar donde inicié este proyecto y donde pude aprender mucho de lo aplicado en este trabajo.

A Jordi Brull, por todo su apoyo, sus consejos y aportes a este trabajo; A Jonathan Caviedes por sus críticas y sugerencias al documento; A Jorge Saavedra, por sus consejos y por sus aportes a la discusión. A la profesora Claudia Cerda, por su revisión y comentarios al documento. A Aldo D´Agostino, por su revisión y sugerencias en el resumen y la traducción, junto con valorar enormemente su constante apoyo y preocupación por sacar esto adelante.

ÍNDICE

1 RESUMEN 9

2 ABSTRACT 10

3 INTRODUCCIÓN 11

4 MATERIAL Y MÉTODOS 23

4.1 Material 23

4.1.1 Área de estudio 23

4.2 Método 23

4.2.1 Identificación de las áreas más recurrentes afectadas por Incendios Forestales de Magnitud en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central. 23

4.2.2 Caracterización y definición de áreas y perímetros de los sectores más recurrentes afectados por Incendios Forestales de Magnitud en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central. 25

4.2.3 Análisis descriptivo de la totalidad de Incendios Forestales de Magnitud identificados en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central. 27

4.2.4 Identificación de los daños y efectos causados por los Incendios Forestales de Magnitud que han ocurrido al interior y en áreas colindantes a las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central. 28

5 RESULTADOS 33

5.1 Identificación y caracterización de las áreas más recurrentes afectadas por Incendios Forestales de Magnitud en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central, en los últimos 20 años… 33

5.1.1 Incendios Forestales de Magnitud en el área de estudio 33

5.1.2 Áreas silvestres afectadas por Incendios Forestales de Magnitud. 34

5.1.3 Distribución espacial de Incendios Forestales de Magnitud. 36

5.1.4 Vegetación afectada por Incendios Forestales de Magnitud en Áreas Silvestres Protegidas. 36

5.1.5 Origen de los Incendios Forestales de Magnitud en Áreas Silvestres Protegidas. 37

5.2 Daños y efectos causados por los Incendios Forestales de Magnitud que han ocurrido al interior y en áreas colindantes a las Áreas Silvestres Protegidas de Chile central, en los últimos 20 años. 38

5.2.1 Daños a la conservación de los suelos. 38

5.2.2 Pérdida de biomasa forestal. 38

5.2.3 Severidad de los Incendios Forestales de Magnitud y efectos sobre la atmósfera. 39

5.2.4 Efectos sobre la calidad del agua. 39

5.2.5 Efectos sobre las formaciones vegetales o alteraciones en la composición de las especies. 39

5.2.6 Caso estudio: IFM en Reserva Nacional Lago Peñuelas (RNLP). 41

5.2.7 Directrices para el manejo y conservación de ASP afectadas por incendios forestales. 48

6 DISCUSIÓN 52

7 CONCLUSIONES. 61

8 BIBLIOGRAFÍA 63

9 ANEXOS 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Superficie afectada y ocurrencias de incendios forestales de magnitud en la zona central de Chile entre las temporadas 2000-2001 y 2019-2020. 16

Figura 4-1. Mapa de Chile Central con localización de Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), Santuarios de la Naturaleza y puntos de inicio de IFM entre las temporadas 2000-2001 y 2019-2020. Fuente: Elaboración propia. 24

Figura 4-2. Proceso para el cálculo del perímetro y nivel de severidad de un incendio forestal mediante dNBR. Incendio forestal “Melosilla”, con amenaza Reserva Nacional Lago Peñuelas (2019). Fuente: Elaboración propia adaptado de Eidenshink (2007). 26

Figura 4-3. Proceso metodológico para la integración de datos y análisis descriptivo. Fuente: Elaboración propia. 28

Figura 4-4. Imagen en falso color (vegetación en color rojo) que muestra un sector con pendiente superior a 45% y donde se ha perdido la cobertura vegetal (severidad alta) a causa de un incendio de magnitud. Incendio forestal “Agua Fría” con amenaza a Parque Nacional Radal Siete Tazas. Febrero, 2020. Fuente: Elaboración propia. 29

Figura 5-1. Áreas silvestres protegidas afectadas por Incendios Forestales de Magnitud y perímetro de Incendios Forestales de Magnitud. Fuente: Elaboración propia. 35

Figura 5-2. Cartografía de IFM periodo 2000-2020 con afectación a RNLP. Fuente: Elaboración propia. 42

Figura 5-3. Perímetro y severidad IFM Melosilla. Fuente: Elaboración propia. 43

Figura 5-4. Perímetro y severidad IFM RN Los Guanacos. Fuente: Elaboración propia. 46

Figura 5-5. Vegetación ribereña afectada en “Quebrada Los Lirios”, RNLP. Fuente: Elaboración propia. 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Marco estratégico institucional CONAF para la Conservación de la Diversidad Biológica.....13

Tabla 4-1. Rangos de severidad de áreas quemadas (Key y Benson, 2006).....26

Tabla 4-2. Valores base de carga de combustible disponible por formación vegetal identificada. 30

Tabla 4-3. Valores de eficiencia de la combustión (De Santis *et al.*, 2010).....31

Tabla 5-1. Distribución de unidades de ASP afectadas por IFM dentro de unidades geomorfológicas. 36

Tabla 5-2. Listado de unidades con inicio del incendio al interior del perímetro.....37

Tabla 5-3. Antecedentes generales incendio forestal Melosilla.....42

Tabla 5-4. Formaciones vegetales afectadas a causa del IFM Melosilla y nivel de severidad. ..44

Tabla 5-5. Pérdida de biomasa como consecuencia del IFM Melosilla. 46

Tabla 5-6. Estimación económica de pérdidas por IFM Melosilla.....47

Tabla 5-7. Emisiones de CO_2 por categorías de severidad por formación vegetal. IFM Melosilla. 48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 9-1. Antecedentes de IFM con afectación a ASP. 73

Anexo 9-2. Caracterización de IFM dentro del área de estudio. 75

Anexo 9-3. Listado de ASP en Chile central. 76

Anexo 9-4. Caracterización de áreas silvestres afectadas por Incendios Forestales de Magnitud. 78

Anexo 9-5. Distribución regional de Incendios Forestales de Magnitud en ASP. 80

Anexo 9-6. Vegetación afectada por Incendios Forestales de Magnitud en ASP por temporada. 81

Anexo 9-7. Origen de Incendios Forestales de Magnitud en ASP por temporada. 85

Anexo 9-8. Formaciones vegetales o uso del suelo en el lugar de origen del incendio. 89

Anexo 9-9. Superficie de suelos afectados por IFM dentro de ASP. 91

Anexo 9-10. Pérdida de biomasa como consecuencia de los Incendios Forestales de Magnitud en ASP. 92

Anexo 9-11. Superficie afectada por categorías de severidad y formación o uso de suelo. 95

Anexo 9-12. Emisiones de CO_2 por categorías de severidad y formación vegetal. 96

Anexo 9-13. Superficie de vegetación ribereña afectada por IFM al interior Unidades de ASP. 97

Anexo 9-14. Superficie afectada por piso de vegetación dentro de las unidades de ASP. 98

Anexo 9-15. Superficie afectada por categoría de severidad y piso de vegetación. 100

Anexo 9-16. Listado de especies en categoría de conservación y su categoría vigente. 101

Anexo 9-17. Especies en categoría de conservación afectadas por IFM por unidad de ASP y número de incendios. 102

Anexo 9-18. Ecosistemas en riesgo en el área de estudio. 103

Anexo 9-19. Respuesta al acceso a información pública. 104

1 RESUMEN

Las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) juegan un papel fundamental como refugios para la biodiversidad y para mantener procesos ecológicos incapaces de sobrevivir en los entornos con un mayor nivel de intervención. El patrimonio natural y los distintos procesos que albergan estas áreas se ven constantemente amenazados por diferentes factores, siendo uno de ellos los incendios forestales. La problemática mencionada sigue siendo un fenómeno poco investigado en nuestro país, existiendo una escasez de estudios al interior de las ASP. Por este motivo, el presente estudio busca evaluar los impactos de los Incendios Forestales de Magnitud (IFM) en áreas silvestres protegidas de chile central en los últimos 20 años (2000-2020), a través de la identificación y caracaterización de las áreas afectadas junto con los daños y efectos causados.

Con el objeto de precisar los sectores afectados se elaboró una cartografía del área quemada a partir de la utilización de registros históricos junto con la aplicación de herramientas de teledetección, específicamente a través del uso del índice espectral delta NBR (*Normalized Burn Ratio*). Esta cartografía se utilizó como base para identificar y caracterizar los daños y efectos producidos sobre la conservación de suelos, la pérdida de biomasa forestal, las formaciones vegetales, la atmósfera y la calidad del agua.

El resultado de la cartografía del área quemada permitió identificar 35 incendios con afectación a las ASP de Chile central, los que a su vez afectaron 17 unidades del SNASPE y Santuarios de la Naturaleza, siendo el P.N. Las Palmas de Cocalán y la R.N. Lago Peñuelas las que presentaron el mayor número de ocurrencias, mientras que las unidades S.N. Quebrada de Plata y P.N. Las Palmas de Cocalán las de mayor superficie afectada. Respecto a su origen, el punto de inicio de la mayor parte de estos siniestros se localizó fuera de los límites administrativos de las ASP y tuvieron su inicio en formaciones de bosque nativo y plantaciones. En relación a los principales daños y efectos causados, 16 ecosistemas fueron afectados por IFM, de los cuales 12 se encuentran bajo un nivel de riesgo importante. Adicionalmente, para los efectos sobre la calidad del agua se registró un total de 424,5 ha de vegetación ribereña afectada, mientras que un total de 15 unidades registraron daños a la conservación de los suelos. En cuanto a las emisiones de CO_2, se registró un total de 207.786 tCO_2 liberados a la atmósfera. Finalmente los resultados permitieron proponer cuatro diferentes directrices para el manejo y la conservación de estas áreas, las cuales se enfocaron a la reducción de ocurrencias, la prevención de IFM y el manejo post incendio en las ASP.

Palabras clave: Incendios Forestales de Magnitud, Áreas Silvestres Protegidas, zona central de Chile, cartografía del área quemada, Normalized Burn Ratio.

2 ABSTRACT

The wilderness protected areas (ASP) play an important role as a biodiversity refuge and in maintaining ecological processes unable to survive in environments with a high level of human intervention. The natural heritage and the processes that these areas harbor are constantly threatened by different factors; one of them is the wildfires. This problem continues to be a phenomenon not much investigated in our country, with a shortage of studies within the ASP. For this reason, this study seeks to evaluate the impacts of the magnitude wildfires (IFM) in the ASPs of central Chile in the last 20 years (2000-2020), through the identification and characterization of the affected areas along with the damages and effects caused.

In order to specify the affected sectors, a mapping of burned areas was made from historical records along with the application of remote sensing tools, specifically through the use of the spectral index delta NBR (*Normalized Burn Ratio*). This map was used as a basic tool to identify and characterize the damage and effects on soil conservation, loss of forest biomass, forest structure, atmosphere and water quality.

The burned area maps allowed for the identification of 35 wildfires affecting the ASPs of central Chile, which affected 17 SNASPE units and Nature Sanctuaries. P.N. Las Palmas de Cocalán and the R.N. Lago Peñuelas presented the highest number of wildfire occurrences, while the S.N. Quebrada de Plata and P.N. Las Palmas de Cocalán presented the largest affected area. The origin of most wildfires was located outside of the administrative limits of the ASPs and began in native forest and plantations. In relation to the main damages and effects caused, 16 ecosystems were affected by IFMs, 12 of which were under a significant level of risk. Additionally, in terms of the effects on water quality, a total of 424.5 ha of affected riparian vegetation was recorded, while a total of 15 units recorded damage to soil conservation. Regarding CO_2 emissions, a total of 207,786 tCO_2 were released into the atmosphere.

Finally, the results led to four different guideline recommendations for the management and conservation of these areas, which focused on the reduction of occurrences, prevention of large wildfires and post-fire management in the ASPs.

Keywords: Magnitude wildfires, wilderness protected areas, central zone of Chile, mapping burned areas, Normalized Burn Ratio.

3 INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas son reconocidas como el principal instrumento de conservación in situ de la biodiversidad del planeta (PNUD, 2015). Ellas están destinadas a mantener ecosistemas naturales, actuar como refugios para biodiversidad y mantener procesos ecológicos incapaces de sobrevivir en los entornos terrestres y marítimos con un mayor nivel de intervención. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, un área protegida es "*un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados*" (Dudley, 2008). En Chile, la definición de área protegida corresponde a "*Porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente, colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental*" (MMA, 2021). Específicamente el Ministerio del Medio Ambiente trata como áreas protegidas a las categorías que cumplen de forma sólida con los siguientes criterios: (i) tienen como objeto de conservación la biodiversidad, (ii) cuentan con planes de manejo y, (iii) tienen mecanismos institucionales para su planificación, designación y manejo. Sobre la base de los criterios mencionados las categorías definidas corresponden a Parque Nacional, Monumento Natural, Santuario de la Naturaleza, Reserva Forestal, Reserva Nacional, Reserva de Regiones Vírgenes, Reserva Marina, Áreas Marinas Costera de Múltiples Usos y Parque Marino (MMA, 2021).

Las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) juegan un importante papel como refugios para la biodiversidad y para mantener procesos vitales, como son el secuestro de carbono, la regulación hídrica, la formación de suelos, entre otros. Estas áreas benefician directamente a los seres humanos proveyendo bienes y servicios ecosistémicos, y conservando su patrimonio cultural. Esto es cierto a nivel mundial y también en Chile (PNUD, 2015). Dentro de los bienes y servicios que aportan los ecosistemas se encuentran: madera, leña, papel, productos medicinales, hongos, fibras, frutos, regulación del clima, control de la erosión, purificación y regulación del agua, secuestro de carbono, etc. El objetivo principal de las áreas protegidas es la conservación de la biodiversidad, pero también contribuyen de manera efectiva al desarrollo sustentable de los territorios en los que están insertas. Los servicios ecosistémicos que proveen las áreas protegidas de Chile demuestran que invertir en conservación de la biodiversidad tiene impactos positivos en el bienestar de la sociedad chilena (PNUD, 2015). En términos económicos, análisis recientes demuestran que los aportes de los servicios ambientales

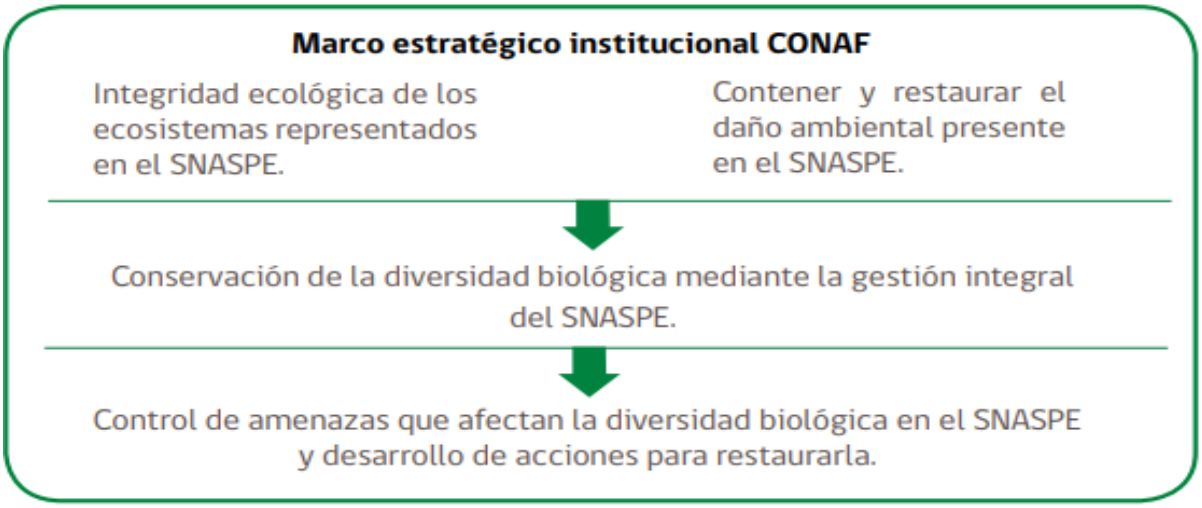
provistos por las áreas protegidas chilenas son significativos. El proyecto GEF-MMA-PNUD "Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile" el 2010, valoró económicamente los Servicios de Provisión (e.g. agua, alimentos, fibras, combustibles, turismo y recreación) en US$ 640 millones aproximadamente; los Servicios Culturales (e.g. diversidad cultural, ciencia y educación) en cerca de US$ 2 millones; y los Servicios de Regulación (e.g. polinización, regulación climática, atmosférica e hídrica) en US$ 1.600 millones. Esto, sumado al valor de herencia y de existencia, da como resultado que las áreas protegidas de Chile aportan más de US$ 2.000 millones por año (Figueroa, 2010).

Actualmente el principal mecanismo de gestión de ASP en Chile corresponde al SNASPE, el cual es administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), institución que desde el año 1970 ha comenzado con la creación y manejo de estas áreas (CONAF, 2013). Esta entidad dependiente del Ministerio de Agricultura tiene dentro de sus principales objetivos el constante fomento y la conservación de los recursos forestales, pero también, y de manera pionera en muchos aspectos, de la protección de la flora y de la fauna nativa del país. El sistema administrado por CONAF se compone actualmente por 106 unidades, distribuidas en 42 Parques Nacionales, 46 Reservas Nacionales y 18 Monumentos Naturales (CONAF, 2021a). Adicionalmente, bajo la administración de CONAF también se encuentran dos unidades pertenecientes a la categoría de área protegida definida como Santuarios de la Naturaleza (SN), los cuales corresponden al SN El Peral y SN Río Cruces. El resto de las unidades pertenecientes a la categoría S.N. dependen del Ministerio de Medio Ambiente, siendo anteriormente gestionadas por el Ministerio Educación y regidas por la Ley de Monumentos Nacionales (MMA, 2021).

La misión de CONAF y los objetivos estratégicos que de ella emanan, mantienen la preocupación institucional con relación a la conservación de la diversidad biológica a través de la protección de los recursos vegetacionales y la administración de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, para las actuales y futuras generaciones (CONAF, 2013). Dentro de las diversas actividades que se llevan a cabo en el SNASPE para la protección y la conservación de las bellezas escénicas naturales y de la flora y la fauna, se encuentra el *Programa para la Conservación de la Flora y Fauna Silvestre Amenazada de Chile* (creado el año 1999) el cual pone énfasis en las especies de flora y fauna nativa amenazada presentes en el SNASPE, en otros sitios de alto valor ecológico y en sectores ligados a la actividad forestal. En este programa se establecieron diferentes especies de flora y de fauna, prioritarias para su conservación en el SNASPE. Algunos de los criterios establecidos para la selección de

especies prioritarias para la conservación se encuentra el grado de amenaza de extinción de acuerdo con el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile, el grado de endemismo (especies propias y exclusivas del territorio chileno), la monotipia (cuando un género incluye sólo a una especie), la protección legal (especies que están protegidas por algún cuerpo legal) y las especies banderas (especies muy conocidas por la comunidad a nivel nacional) (CONAF, 1999a; CONAF, 2013). Otra de las acciones implementadas por CONAF en el marco de la conservación de la biodiversidad, se encuentra la Estrategia Nacional de Conservación de la Diversidad Biológica, la cual tiene su origen en convenciones internacionales, suscritas por nuestro país, como la de Cambio Climático (CMNUCC), Desertificación (CNULD) y de Diversidad Biológica (CDB). Esta estrategia incluye el desarrollo e implementación programas para la restauración de ecosistemas degradados, donde la Corporación Nacional Forestal ha estado implementado acciones directas para restaurar ambientes degradados en diversas áreas protegidas del estado desde hace más de una década (CONAF, 2014). La Tabla 3-1 resume el marco estratégico institucional de CONAF para la Conservación de la Diversidad Biológica mediante la gestión integral de las áreas silvestres protegidas del SNASPE.

Tabla 3-1. Marco estratégico institucional CONAF para la Conservación de la Diversidad Biológica.



Fuente: Productos estratégicos CONAF, 2014.

El patrimonio natural y los distintos procesos que albergan las áreas silvestres se ven constantemente amenazados por las actividades humanas. Numerosas actividades como la sobreexplotación de algunas especies, la modificación de sus hábitats, la acumulación de contaminantes y la introducción de especies exóticas, ponen en riesgo la sobrevivencia de estas especies, los servicios ecosistémicos que nos prestan y, con ello, degradan nuestro

patrimonio al tiempo que reducen nuestras opciones de desarrollo (PNUD, 2015). Una amenaza continua que afecta a las ASP son los incendios forestales, los cuales corresponden a disturbios naturales o antrópicos frecuentes en la mayoría de los ecosistemas de Chile, lo que ha generado profundos efectos en su biodiversidad, siendo reconocidos como uno de los principales impulsores de cambio en los ecosistemas terrestres que pueden provocar la pérdida, degradación y fragmentación de estos sistemas naturales (MMA, 2016). Esta amenaza se ha vuelto particularmente crítica en los territorios de Chile Mediterráneo, los cuales contienen una importante superficie de ecosistemas amenazados, donde los incendios potencian aún más las condiciones de amenaza de estos ecosistemas (Galleguillos *et al.,* 2020). Estos siniestros representan una causa significativa de pérdida del patrimonio natural nacional, donde en las últimas dos décadas (2000-2020) en promedio se han quemado 85.515 hectáreas de vegetación por año, afectando principalmente a vegetación natural, perdiéndose tanto su biodiversidad como los bienes y servicios ecosistémicos y sociales que esa vegetación presta (CONAF, 2020a). En la medida que la frecuencia e intensidad de los incendios forestales aumenta, la necesidad por recuperar los ecosistemas nativos es cada vez más patente (Fernández *et al*., 2010). En Chile, la presencia de un ecosistema de tipo mediterráneo, asociado a una marcada estacionalidad y la incidencia del factor humano, otorgan las condiciones necesarias para el inicio y propagación del fuego, y que en los últimos años ha ocasionado cuantiosos daños materiales, incluso la muerte de personas (Castillo, 2012). En verano, las altas temperaturas y la baja humedad relativa, y, por lo general, la nula presencia de precipitaciones y el elevado estrés hídrico de la vegetación conlleva una condición de alta inflamabilidad de la vegetación, tanto viva como muerta (Haltenhoff, 2010). Adicionalmente, los efectos del cambio climático se han comenzado a evidenciar durante el último tiempo a nivel local, tal y como plasma el documento “Estrategia para el Fortalecimiento de la Gestión de Incendios Forestales” (Gobierno de Chile, 2017), el cual indica una relación entre las variaciones en el clima durante el último periodo y un aumento en el daño a causa de los incendios forestales en Chile. Lo anterior ha contribuido a generar condiciones para el comportamiento extremo de los incendios forestales, a lo que se suma un mayor estrés hídrico en la vegetación, altas velocidades de propagación y una mayor resistencia al control, traduciéndose en una mayor probabilidad de generación de incendios de magnitud y/o conflictivos (Gobierno de Chile, 2017).

De acuerdo con las estadísticas de ocurrencia (número) y daño (superficie afectada) por Incendios Forestales 1964 – 2017 publicadas por CONAF (entidad responsable del control y prevención de incendios forestales a nivel nacional), en el quinquenio (2012-2017) se afectó

una superficie de 864.050 ha, superficie distribuida en un total de 32.092 incendios forestales (CONAF, 2020a). Solamente en la temporada de incendios 2016-2017 se vio afectada una superficie de 570.197 ha, distribuida en 5.274 incendios. Esa temporada dejó un saldo de destrucción nunca registrado en la zona centro sur de Chile (Gobierno de Chile, 2017). De esta última temporada, es importante destacar que cerca del 95% de la superficie afectada corresponde a incendios forestales de magnitud, los cuales han sido definidos como aquel incendio de 200 hectáreas o más de afectación, sustentada esta segmentación en la experiencia empírica del impacto sobre el medio ambiente que estos tienen y la carga de trabajo que requieren para su control (Haltenhoff, 2010). Al igual que en otras áreas del mundo, unos pocos incendios de magnitud en Chile alcanzan superficies entre mil y diez mil hectáreas quemadas, a veces más, y concentran los recursos de combate, concitan la preocupación nacional y, en conjunto, representan el 60% o más de la superficie afectada en el país. Su número es de sólo entre un 0,6 y un 0,9 % del total, pero su impacto es significativo (CONAF, 2018a). Al respecto, la experiencia indica que un bajo porcentaje de los incendios, por lo general menor al 1%, derivan a grandes incendios y estos por si solo explican el gran daño acumulado en algunas temporadas, al menos el 67% (Peña y Valenzuela, 2004). Estos grandes incendios, tienen importantes consecuencias a nivel ambiental, en el mismo momento del incendio hay una pérdida de vegetación, una posible pérdida de fauna, una contaminación del aire con propagación de humo y ceniza a la atmósfera, la quema de parte del suelo y modificación de sus propiedades. Hay efectos indirectos, como la contaminación de cursos y cuerpos de agua por cenizas, la erosión del suelo y la posible colmatación de embalses por sedimentos. A nivel social, suponen pérdidas humanas, de casas y de infraestructuras (Úbeda y Francos, 2018). Para el caso de Chile, sólo durante la temporada 2018-2019, el 70% del total de superficie quemada por los incendios atendidos por la CONAF correspondió a incendios de magnitud, donde se declara que más de la mitad de esta área afectada correspondió a formaciones vegetales nativas (bosque nativo, renoval nativo y matorral nativo). Sumado a esto, se estimó que los costos directos únicamente por las pérdidas de la vegetación afectada por los incendios de magnitud fueron de 80,4 MM USD y la liberación de dióxido de carbono como consecuencia de estos siniestros fue de 531.219 toneladas (CONAF, 2019a). En relación con datos y cifras históricas de incendios forestales de magnitud en el territorio chileno, la información que existe publicada a la fecha sólo contiene información general sobre la incidencia de estos incendios en relación a la ocurrencia (número de incendios) y daño (superficie afectada) a nivel nacional (CONAF, 2020a) y por otro lado, respecto a la ubicación

espacial de estos incendios (cartografía de perímetros y área quemada) solo existe información posterior a la temporada de incendios 2015-2016 (IDE, 2020).

Dentro de las macrozonas del país, la zona central es una de las que ha sufrido los mayores cambios a causa de los incendios forestales, siendo el paisaje vegetal nativo de Chile Central uno de los cuales claramente ha experimentado cambios regresivos en cuanto a su extensión, forma y riqueza que, en parte, se explica por la marcada estacionalidad de este fenómeno y por la alta presión antrópica derivada de la expansión de territorios (Castillo *et al*., 2012). En los últimos 20 años (periodo 2000-2020) la zona central ha tenido un total de 38.369 incendios forestales, los cuales han afectado una superficie total de 893.969 ha. De esta superficie un 82,9% (740.721 ha) corresponde a IFM distribuidos en 507 ocurrencias. La Figura 3-1 muestra las estadísticas históricas publicadas por CONAF de IFM en la zona centro del país, desde la región de Valparaíso a la región del Maule (CONAF, 2020a).

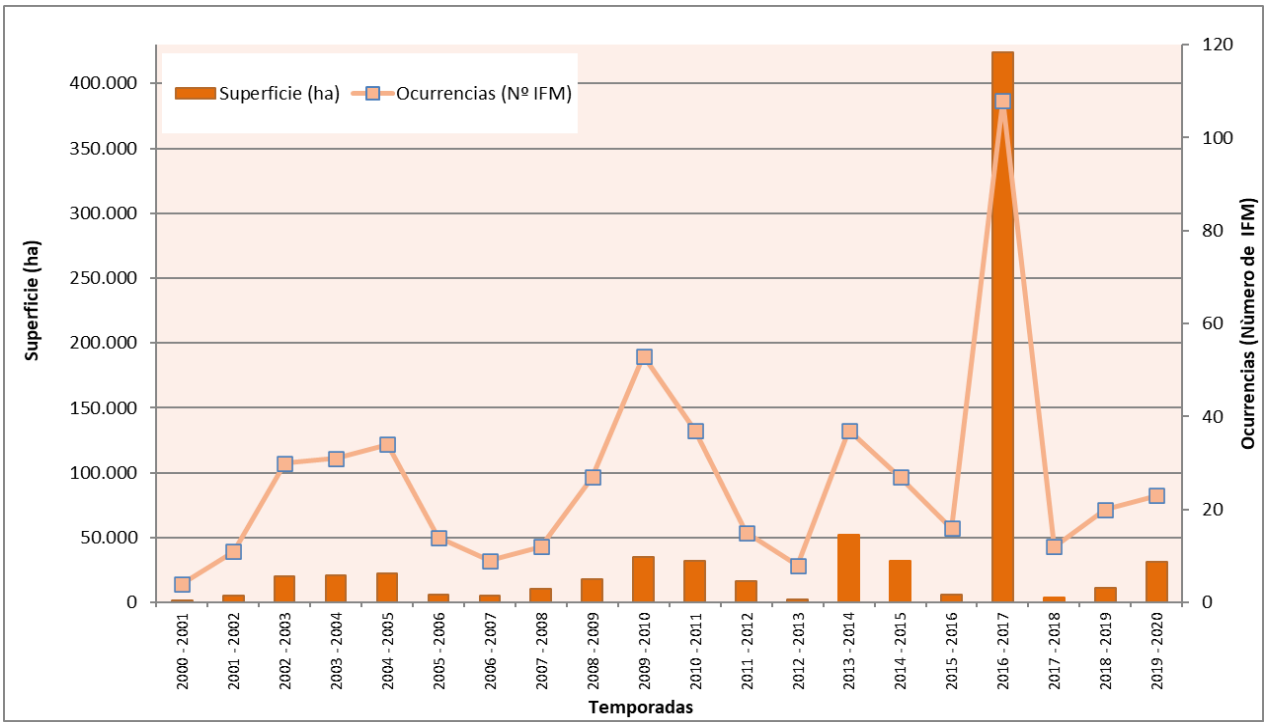


Figura 3-1. Superficie afectada y ocurrencias de incendios forestales de magnitud en la zona central de Chile entre las temporadas 2000-2001 y 2019-2020.

Esta zona de Chile tiene un alto valor ecológico ya que alberga los ecosistemas mediterráneos, los cuales son considerados como puntos prioritarios para la conservación a nivel mundial, ya que son áreas de alta concentración de especies endémicas, las cuales han experimentado aceleradas tasas de destrucción del hábitat (Myers *et al.* 2000, Ceballos y Ehrlich 2006). Por otro lado, esta ecorregión mediterránea es la única en Sudamérica (Dinerstein *et al.,* 1995;

Muñoz-Pedreros, 2010) y destaca por sus altos niveles de endemismos, con muchos géneros de plantas altamente diversificados y una alta riqueza de especies (Arroyo, 1999), albergando más del 39% de las especies de mamíferos chilenos, el 47% de las especies endémicas chilenas y el 65% de las especies amenazadas (Simonetti, 1999). Pese a la extensa cobertura del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile (SNASPE), algunas regiones ecológicas de Chile están inadecuadamente representadas (Mardones 1998), como es el caso de los ecosistemas mediterráneos, que cubren un 16% del territorio y que se despliega desde el norte de la Región de Coquimbo hasta el sur de la Región del Maule (Di Castri 1973). Sin embargo, sólo el 0,9% de estos ecosistemas están representados en el total del SNASPE (Mardones, 1998), estando subrepresentados (Mella y Simonetti 1994) y con cambios antropogénicos profundos en el paisaje (Greuter, 1995).

En relación con los incendios forestales al interior de las ASP, estos han sido descritos como una amenaza para la conservación de la biodiversidad. Dentro del Manual para la Planificación del Manejo de las Áreas Protegidas del SNASPE (CONAF, 2017) este fenómeno es declarado como una de las amenazas directas a los objetos de conservación biológicos de filtro grueso (ecosistemas y comunidades) y de filtro fino (especies y grupos de especies). Sin embargo, a pesar de que se reconozca a los incendios como uno de los principales factores que amenazan la conservación de la biodiversidad dentro de las ASP, no se han encontrado estudios y/o información histórica publicada sobre la totalidad de incendios forestales al interior de ASP y tampoco información sobre las ASP con mayor frecuencia de afectación, daños y efectos causados por incendios y cartografía de área quemada. Al revisar la información publicada sobre incendios forestales en ASP únicamente es posible encontrar información de eventos individuales (casos de estudio de un incendio en particular), específicamente estudios sobre casos emblemáticos de grandes incendios que han causado daños al interior de algunas ASP, como son los siniestros ocurridos en el Parque Nacional Torres del Paine, año 1985, 2005 y 2011 (CONAF, 2014; Navarro, *et al*., 2015), en la Reserva Nacional Los Ruiles, año 2017 (Valencia *et al*., 2018), en la Reserva Nacional China Muerta, año 2015 (Figueroa y Vergara, 2018), en la Reserva Nacional Malleco - Parque Nacional Tolhuaca, año 2002 (CONAF, 2014) y en el Parque Nacional La Campana (Villaseñor y Saiz, 1993; Saiz, 1993; Quintanilla, 1996).

En cuanto a las acciones de protección contra los incendios forestales al interior de las ASP, el organismo responsable corresponde a la CONAF, a través de la Gerencia de Protección contra Incendios Forestales. Las principales medidas que lleva a cabo esta institución para disminuir el número de incendios y la superficie afectada al interior de las ASP corresponden a medidas de

prevención y el control de incendios, donde la primera de estas tiene un enfoque en la educación y fiscalización dentro de estas áreas, las cuales se llevan a cabo principalmente mediante la entrega de información a los visitantes y el patrullaje preventivo al interior de las ASP. La segunda medida corresponde al control de incendios forestales al interior de las ASP, la cual sólo tiene dos acciones directas dirigidas a la protección contra incendios en estas áreas. Estas medidas son:

- Presencia de brigadas de incendios forestales al interior de algunas áreas protegidas. Específicamente 10 Parques nacionales, 7 Reservas Nacionales y 1 Monumento Natural cuentan con presencia de brigadas de incendios forestales al interior de las áreas protegidas, es decir 18 de 106 unidades del SNASPE tiene presencia de brigadas contra incendios forestales (consulta pública, Anexo 9-19). Donde la gran mayoría de estas brigadas no son exclusivas de cada ASP, sino más bien, tienen su base dentro del área administrativa, pudiendo estas brigadas ser asignadas a combatir incendios forestales fuera del ASP, es decir, no son de uso exclusivo para la protección del área silvestre.

- Torres de detección de incendios forestales al interior de algunas ASP. Específicamente 4 unidades del SNASPE cuenta con de torres de detección de incendios forestales operativas al interior de su límite administrativo (Anexo 9-19).

En cuanto al presupuesto destinado por el gobierno de Chile para la temporada de incendios forestales 2020-2021 es posible observar que del total asignado (M$72.389.810) las medidas que tienen relación directa con las ASP solo corresponden a un 2% (a M$1.895.547) (Anexo 9-19). Adicionalmente, es importante destacar que este cálculo involucra medidas que no son exclusivas de ASP (brigadas al interior de ASP, pero no de uso exclusivo para el área). Otro antecedente importante es el hecho que actualmente no existe un presupuesto específico asignado para la prevención y control de incendios forestales al interior de áreas silvestres protegidas por el estado, sino más bien este valor corresponde al cálculo de Operaciones Terrestres Asociadas a ASP (brigadas al interior de ASP) (Anexo 9-19). De lo mencionado anteriormente se desprende que no existe un presupuesto específico asignado a infraestructura contra incendios forestales al interior de ASP y tampoco existe un presupuesto específico asignado para silvicultura preventiva contra incendios forestales en ASP.

Dentro de las diferentes variables asociadas a los incendios forestales, la ocurrencia y el área afectada tienen una considerable trascendencia. El conocer los factores relacionados con el número, la localización y las causas de incendios forestales, o sea su ocurrencia son fundamentales para definir prioridades de protección (CONAF, 2015). La estadística histórica de

la ocurrencia de incendios y su localización ha sido la base de diferentes métodos para el análisis de riesgo de incendios forestales y determinación de prioridades de protección (Castillo *et al*., 2013). Una incidencia reiterada de incendios puede ocasionar graves problemas ambientales, sobre todo en aquellos ecosistemas representados por biotopos sensibles a la erosión y lixiviación de nutrientes, así como sobre aquellos biomas caracterizados por la presencia de la vegetación (Navarro *et al*., 2015). En este contexto la cartografía del área del área afectada por incendios forestales (perímetro, área quemada y severidad) juega un rol importante, principalmente para identificar áreas con mayor frecuencia de incendios, para conocer los factores relacionados a la localización y causas de incendios forestales, para comprender mejor el origen de la actividad del fuego, así como su relevancia para los ciclos biológicos y para ayudar en el manejo de incendios (Chuvieco *et al*., 2019). La cartografía histórica de incendios de un área ayuda a evaluar mejor el riesgo de un incendio e implementar medidas para reducir los riesgos y mejorar la caracterización del historial de incendios de un área (Birk y Simpson, 1980). Estos datos pueden ayudar a proporcionar un espacio y un marco temporal para comprender mejor las interrelaciones inmediatas y de largo plazo de agentes de cambio en áreas silvestres y factores de riesgo en estudios posteriores al incendio (Eidenshink *et al.*, 2007). El conocer con mayor detalle la ubicación de áreas que históricamente han sido amenazadas por incendios forestales tanto dentro como en sectores colindantes a los límites administrativos de un área silvestre además puede ayudar a definir zonas de amortiguación, que permitan controlar estas amenazas y/o reducir su efecto borde al interior del área protegida (CONAF, 2017). Desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, diferentes estudios muestran la importancia de tener una cartografía precisa de incendios históricos, que permita conocer la severidad de los incendios, la frecuencia dentro del área afectada y el tamaño del incendio, para así tener información que pueda establecer una línea base para el análisis de cambios y permitir a los científicos observar variaciones en las características posteriores a incendios forestales (Eidenshink *et al.*, 2007). De la misma manera, el conocer el área afectada por incendios a lo largo del tiempo permite entregar información para estudios relacionados con índices de biodiversidad y también contribuir a la elaboración de modelos de distribución de especies (Parr y Andersen, 2006), ya que áreas afectadas por incendios forestales pueden beneficiar la presencia y establecimiento de algunas especies por sobre otras y/o perjudicar la presencia de especies (Lyon *et al*., 2000). De la misma forma, la información del área quemada y el nivel de severidad permiten identificar si las especies vegetales afectadas pueden recuperarse en el tiempo y cuál es su tasa de recuperación, información útil para realizar proyecciones ecológicas (Key y Benson, 2006). En el caso particular de Chile,

estudios como los de Quintanilla (2000) sobre la Influencia del fuego en el desequilibrio ecológico de la vegetación en la zona mediterránea de Chile y el estudio realizado por Castillo *et al*. (2012) sobre el Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile, dejan en evidencia la importancia de identificar y caracterizar el área afectada por incendios históricos para poder evaluar los efectos en el tiempo de los incendios sobre las comunidades vegetales presentes en un área (patrones de cambio). Otro de los beneficios de contar con una cartografía de incendios forestales es el uso de esta información como una herramienta de apoyo para definir las acciones de restauración de áreas silvestres afectadas por incendios forestales. Diferentes estudios destacan el uso de la cartografía de incendios forestales para identificar las áreas afectadas, el grado de severidad del incendio forestal, la magnitud del daño y así definir acciones de restauración en función del nivel de severidad (Alloza *et al*; 2014; Consejería de Medio Ambiente Andalucía, 2006; Navarro *et al*., 2015). A su vez, la cartografía de incendios forestales permite elaborar una mejor caracterización de los combustibles presentes en un área determinada (variable directamente relacionada con el comportamiento del fuego). Este tipo de información es utilizada para evaluar mejor el riesgo de incendios e implementar medidas de reducción de esta variable, particularmente en lo asociado a las cargas de combustibles (Birk y Simpson, 1980). Finalmente, la cartografía histórica de incendios forestales posibilita estimar con mayor precisión los diferentes daños causados por incendios forestales, ya que permite cuantificar las pérdidas y daños causados por este tipo de siniestros (Charalabos *et al*., 2015).

Una forma de definir el área afectada por incendios forestales es a través de la aplicación de la tecnología satelital y de sistemas de información geográfica, los cuales juegan un papel importante en la evaluación, análisis y cuantificación de los incendios forestales debido a que el rango de técnicas y sensores remotos utilizados en este tipo de aplicaciones es muy amplio (Chuvieco, 2009). Diferentes investigadores han aplicado una gran cantidad de técnicas con tecnología satelital para identificar, evaluar y cuantificar áreas quemadas de incendios forestales en todo el mundo, además de cuantificar las emisiones producidas por estos (Vidal *et al*, 2017). La teledetección es considerada una técnica adecuada para el estudio de la severidad del fuego, ya que el proceso de combustión supone cambios en la reflectividad superficial asociados a la eliminación de la vegetación, la exposición del suelo, los cambios en el contenido de humedad y la aparición de nuevas cubiertas (Llovería, *et al*., 2014). El máximo exponente de estos cambios es el descenso en las regiones del visible e infrarrojo cercano (near infrared - NIR) y el incremento en la reflectividad del infrarrojo medio de onda corta (short wave infrared -SWIR) (Key y Benson, 2006). El índice NBR (*Normalized Burn Ratio*) ha sido sin

duda el índice espectral más utilizado para cartografiar el área quemada y los distintos niveles de daño que ha sufrido la vegetación a causa del incendio (severidad de incendios) (Key y Benson, 2006; De Santis y Chuvieco, 2009; Lentile *et al.,* 2006).

Tras todo lo descrito anteriormente es posible advertir que los incendios forestales son una amenaza importante para la conservación de las ASP; sin embargo, es un fenómeno poco estudiado en nuestro país, existiendo una escasez de estudios relacionados a incendios forestales al interior de las ASP y poca claridad de los efectos y pérdidas a causa de este fenómeno. Esta carencia de información conlleva a una desvalorización del patrimonio natural que finalmente se traduce en un escaso presupuesto destinado al manejo que permita disminuir la incidencia de los incendios en estas áreas. Muchas de las consecuencias y de los efectos de los incendios forestales en ASP se conocen en términos generales y basados principalmente en la experiencia internacional, siendo pocos los estudios que han identificado y descrito los efectos del fuego en áreas de conservación de la biodiversidad. El carecer de información precisa relacionada a incendios forestales, específicamente información histórica de áreas afectadas, reiteración, área recorrida por el fuego y efectos del fuego, entre otras, dificulta la evaluación y gestión del territorio. Adicionalmente, el conocer y comprender plenamente las implicancias de los incendios forestales permite, entre otras cosas, ayudar a los encargados de las tomas de decisiones a desarrollar una comprensión más integral del impacto de los incendios y, por lo tanto, conocer los beneficios de reducir la incidencia de estos (Lee *et al*., 2015). Por todo lo señalado anteriormente se hace necesario profundizar en la generación y análisis de información histórica asociada a los incendios forestales en ASP, comenzando por la identificación de los sectores afectados y la cartografía de incendios que hayan afectado estas áreas, la frecuencia de este tipo de fenómenos dentro y en los alrededores de las ASP, la identificación del origen y causa de los incendios, para así poder contar con información precisa que contribuya en estudios y trabajos enfocados en reducir la amenaza de incendios en áreas de conservación (trabajos de análisis de peligro y riesgo de incendios forestales; trabajos de silvicultura preventiva, entre otros) y mejorar la gestión integral de las ASP (actividades de restauración de ecosistemas degradados, efectos sobre la flora y fauna al interior de ASP, definición de zonas de amortiguación, entre otros). De la misma manera se hace necesario generar información que permita tener un acercamiento a los daños y efectos que ha causado este tipo de siniestros (cuantificación de pérdidas ambientales) y así aportar al conocimiento integral del impacto causado por los incendios forestales con el propósito de ejercer presión para aumentar las actividades de prevención y control de incendios dentro de las ASP. A causa de lo señalado anteriormente, este trabajo busca contribuir al conocimiento sobre los incendios

forestales de magnitud en ASP, siendo el objetivo principal de este estudio evaluar espacial y temporalmente el impacto de incendios forestales de magnitud desde el punto de vista de la presencia, la magnitud y los impactos producidos sobre las áreas silvestres protegidas en Chile Central. Para dar respuesta a lo mencionado anteriormente se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y caracterizar las áreas con mayor recurrencia de incendios forestales de magnitud en las áreas silvestres protegidas de Chile Central, en los últimos 20 años.

- Identificar los daños y efectos causados por los incendios forestales de magnitud que han ocurrido al interior y en áreas colindantes a las áreas silvestres protegidas de Chile Central, en los últimos 20 años y establecer directrices para el manejo y conservación de estas áreas.

4 MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Área de estudio

El estudio se realizó para los incendios forestales de magnitud (ahora en adelante IFM) que han afectado a las áreas silvestres que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) junto con las áreas protegidas catalogadas como Santuarios de la Naturaleza, las cuales están ubicadas en la zona central de Chile desde los 32º hasta los 36º de latitud sur, lo cual incluye las regiones V de Valparaíso, XIII Metropolitana de Santiago, VI del Libertador General Bernardo O`Higgins y VII del Maule (Figura 4-1).

4.2 MÉTODO

4.2.1 Identificación de las áreas más recurrentes afectadas por Incendios Forestales de Magnitud en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central.

La identificación de los IFM que han afectado a las ASP en Chile central durante los últimos 20 años (desde la temporada 2000-2001 hasta la temporada 2019-2020), se realizó a partir de la base de datos de los puntos de inicio de los incendios forestales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Dicha base de datos se solicitó a la Gerencia de Prevención de Incendios Forestales de esta institución. La solicitud de acceso a la información se realizó a través de la Ley de Transparencia relativo a la Ley N° 20.285, específicamente sobre Acceso a la Información Pública (respuesta a solicitud en Anexo 9-19: Respuesta acceso información pública). La base de datos fue tratada a través del software Microsoft Excel Professional Plus 2010. A través de esta herramienta se extrajeron aquellos incendios forestales cuya superficie de afectación corresponde a 200 o más hectáreas. Posteriormente, cada uno de los incendios de magnitud identificados se ubicaron espacialmente en función de sus coordenadas y se seleccionaron aquellos que se encuentren al interior o colindante a algún área silvestre protegida. En relación con los incendios colindantes, se seleccionaron aquellos que se encontraban cercanos a un área silvestre (distancia al área silvestre = 1.000 m) y posteriormente revisados mediante el uso de imágenes satelitales para verificar si efectivamente el incendio afecto alguna fracción del área de estudio. La información del área y ubicación de las ASP de la zona central se obtuvo desde las capas vectoriales definidas por el Ministerio del Medio Ambiente para las áreas silvestres objeto de este estudio (MMA, 2021).

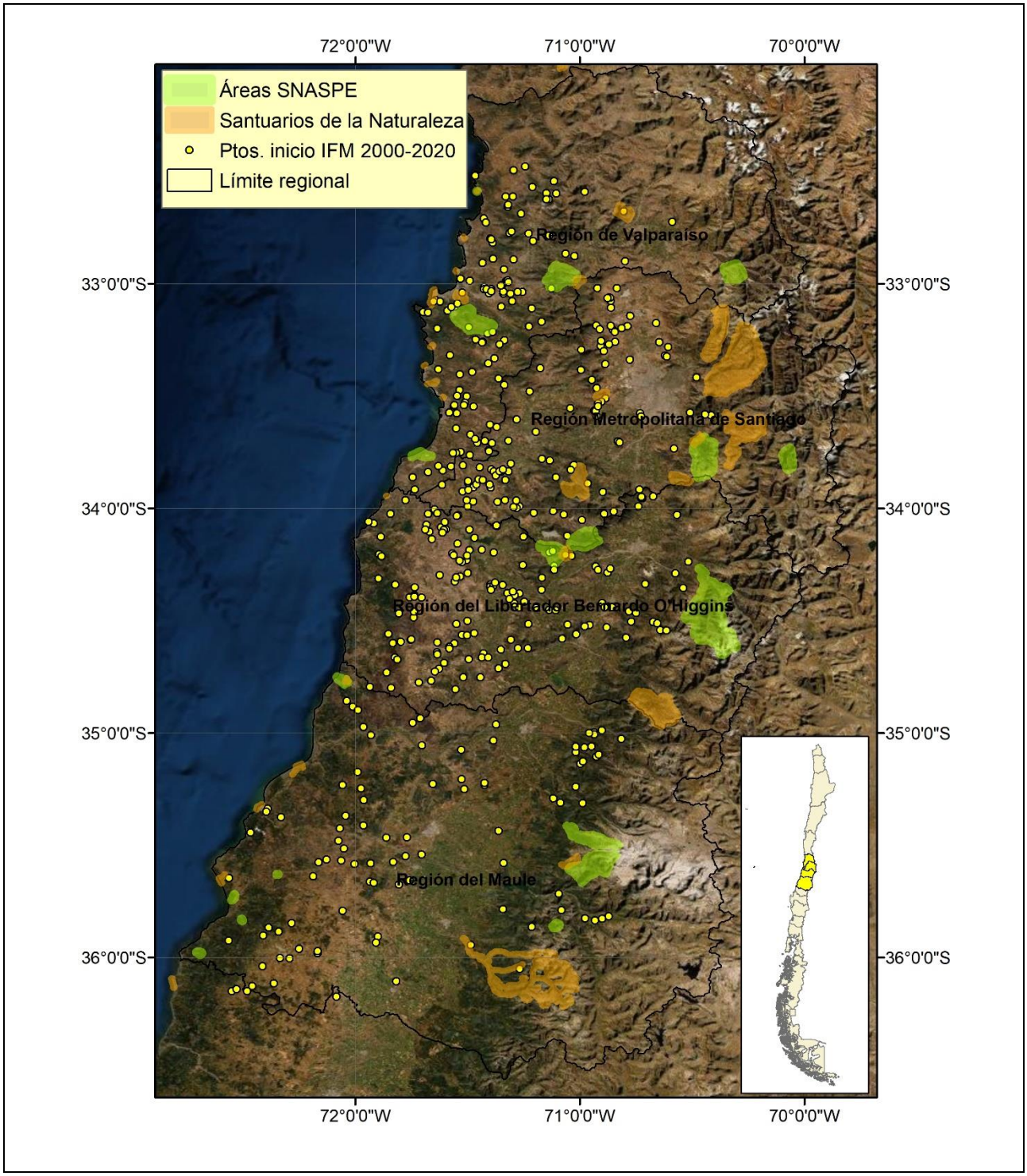


Figura 4-1. Mapa de Chile Central con localización de Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), Santuarios de la Naturaleza y puntos de inicio de IFM entre las temporadas 2000-2001 y 2019-2020. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Caracterización y definición de áreas y perímetros de los sectores más recurrentes afectados por Incendios Forestales de Magnitud en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central.

Para la definición del área y perímetro afectado por incendios forestales se usaron herramientas de teledetección, específicamente a través del procesamiento de imágenes satelitales del programa espacial Landsat, el cual contiene una cobertura global de datos multiespectrales adquiridos desde el año 1984 a una resolución espacial de 30 metros (Key y Benson, 2006) e imágenes Sentinel 2-A, la cual contiene una cobertura global de datos multiespectrales adquiridos desde el año 2015 a una resolución espacial de 10 metros (ESA, 2015). Con el fin de facilitar la identificación del área afectada por IFM, se aplicó a las imágenes satelitales el uso del índice de NBR (*Normalized Burn Ratio*), el cual es el resultado de normalizar la diferencia de reflectancias entre las porciones de infrarrojo de onda corta (SWIR) e infrarrojo cercano (NIR) del espectro electromagnético, según la fórmula [1] (Earth Lab, 2018).

$$NBR = \frac{NIR\text{-}SWIR}{NIR+SWIR} \quad [1]$$

Los valores del índice NBR tienen un rango que va desde -1.0 a +1.0, siendo los valores negativos aquellos que corresponden a áreas quemadas, los valores más cercanos a 0 corresponden a cicatrices de incendios antiguos y los valores más cercanos a 1 corresponden a vegetación viva (Key y Bensson, 2006). El contraste entre las reflectancias de estas bandas está relacionado con la presencia de vegetación viva. La vegetación viva es muy reflectiva en la banda del IR cercano y no tanto en la del IR medio, mientras que la que ha sufrido daños tiene cada vez valores de reflectividad más bajos en la banda del IR cercano y más altos en la del IR medio (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, 2017).

Para definir el perímetro y el área afectada por los incendios de magnitud se utilizó el NBR de dos imágenes (ambas imágenes en formato raster): una anterior y otra posterior al incendio, según la fórmula [2] (Key y Bensson, 2006).

dNBR = NBRpre incendio – NBRpost incendio [2].

Al aplicar esta diferencia se logró diferenciar con mayor claridad las áreas que no corresponden a área quemada de las áreas efectivamente quemadas. Respecto a los valores umbrales para discriminar entre área quemada y área no quemada se utilizarán los valores propuestos por Key y Bensson (2006) (Tabla 4-1; Figura 4-2), donde a partir de los valores de severidad baja (≥+0,1) se consideraron como área quemada.

Tabla 4-1. Rangos de severidad de áreas quemadas (Key y Benson, 2006).

Nivel de severidad	**Rango dNBR** (valores adimensionales)
Alto crecimiento post incendio	-0,500 - -0,251
Bajo crecimiento post incendio	-0,250 - -0,101
No quemado	-0,100 - +0,99
Severidad baja*	+0,100 - +0,269
Severidad media – baja*	+0,270 - +0,439
Severidad media – alta*	+0,440 - +0,659
Severidad alta*	+0,660 - +1,300

* Corresponden a aquellos valores considerados como área quemada.

Una vez diferenciadas las áreas afectadas por los incendios forestales se procedió a vectorizar cada uno de los incendios de magnitud identificados (proceso realizado a través del uso de herramientas de sistemas de información geográfica).

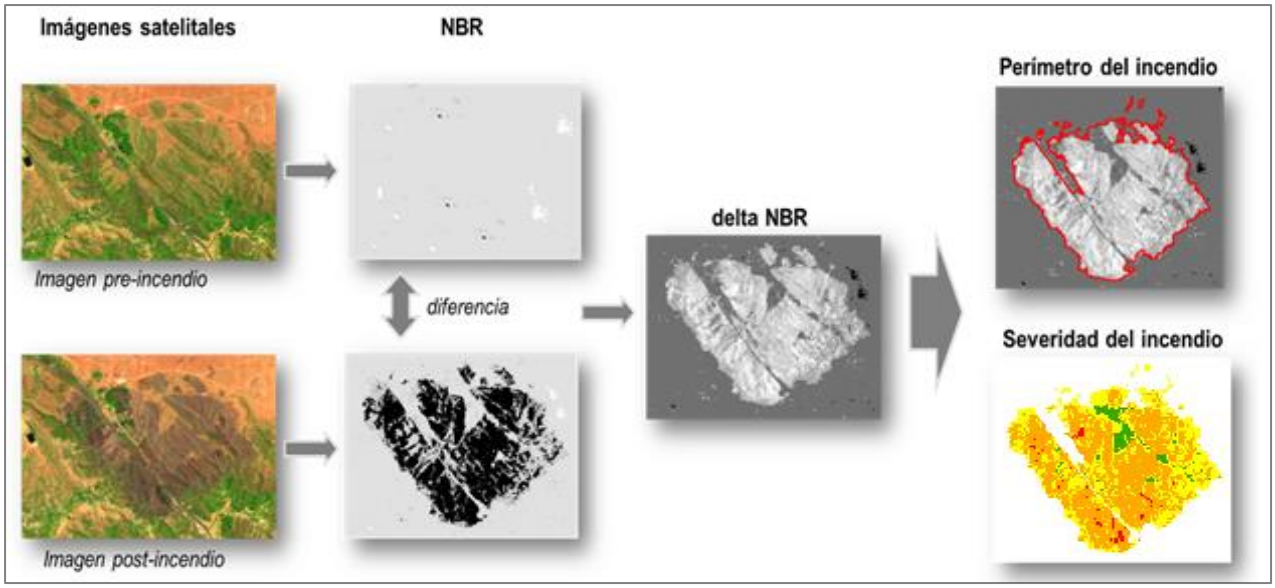


Figura 4-2. Proceso para el cálculo del perímetro y nivel de severidad de un incendio forestal mediante dNBR. Incendio forestal "Melosilla", con amenaza Reserva Nacional Lago Peñuelas (2019). Fuente: Elaboración propia adaptado de Eidenshink (2007).

4.2.3 Análisis descriptivo de la totalidad de Incendios Forestales de Magnitud identificados en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central.

Obtenidos los perímetros y las áreas de cada uno de los incendios de magnitud, se realizó un análisis estadístico descriptivo de la totalidad de eventos de magnitud identificados al interior del área de estudio. Dentro de este análisis se caracterizaron las variables siguientes: área afectada, número de incendios, origen del incendio (causa[1] y punto de origen), distribución espacial, vegetación afectada y uso de suelo para cada temporada de incendios forestales y para el periodo total de estudio. En cuanto a la distribución espacial, para la ubicación a nivel regional se utilizó la cobertura vectorial de la división Política Administrativa 2020 de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo del Gobierno de Chile, mientras que para la distribución espacial en las unidades geomorfológicas se utilizó el Mapa Geológico de Chile: versión digital del Servicio Nacional de Geología y Minería del Gobierno de Chile (SERNAGEOMIN, 2003). En relación con la vegetación afectada y uso del suelo, la información se obtuvo desde el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF-CONAMA-BIRF, 1997) y la cobertura de pisos vegetacionales (Luebert y Pliscoff, 2017). Para lograr componer en una matriz de datos la totalidad de la información antes mencionada, se integraron los atributos provenientes de la base de datos de CONAF (fecha de inicio, fecha de control, causa) y posteriormente se realizó un cruce de información entre el perímetro de cada incendio y las variables de estudio (ubicación espacial, vegetación, uso de suelo y unidades geomorfológicas), lo cual se ejecutó mediante el uso del software de información geográfica (SIG) QGis 3.12 Bucaresti (Figura 4-3).

[1] Los resultados de causa definidos por CONAF para cada incendio forestal no han sido periciados y validados en terreno en su totalidad, por lo cual pueden existir casos donde la causa ha sido determinada sin verificación posterior (Consulta pública, Anexo 9-19).

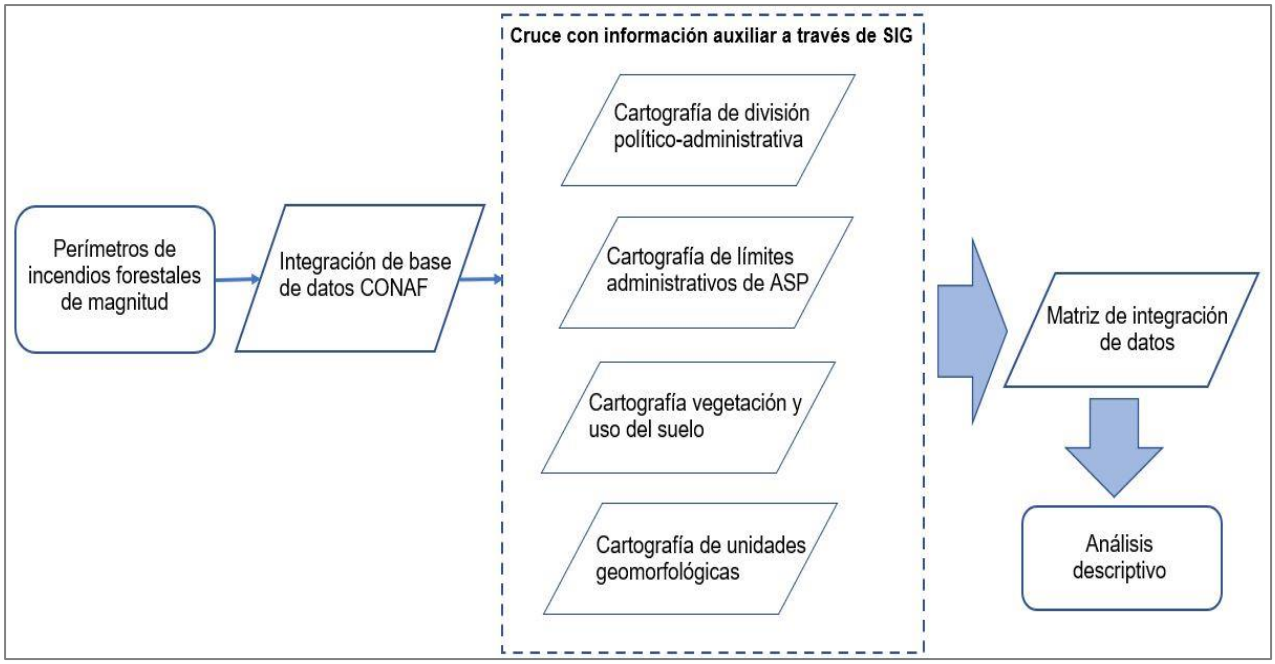


Figura 4-3. Proceso metodológico para la integración de datos y análisis descriptivo. Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Identificación de los daños y efectos causados por los Incendios Forestales de Magnitud que han ocurrido al interior y en áreas colindantes a las Áreas Silvestres Protegidas de Chile Central.

Utilizando como base los resultados obtenidos en el objetivo 1 se identificaron y caracterizaron los daños y efectos producidos por cada uno de los incendios forestales registrados dentro las áreas de conservación de la naturaleza. El enfoque de los daños fue sobre la conservación de los suelos y la pérdida de biomasa forestal, mientras que el enfoque de los efectos de los IFM fue sobre: las formaciones vegetales, la atmósfera y la calidad del agua. El área de estudio para identificar los daños y efectos correspondió al área al interior del perímetro de las ASP y los sectores colindantes a estas. Los sectores colindantes se definieron como aquellos que se encuentran dentro de una franja definida entre el límite administrativo del área silvestre y una distancia de 1.000 metros a partir de este límite. A continuación, se detalla el método para la identificación y caracterizaron de las variables mencionadas.

Daños a la conservación de los suelos.

Como primera etapa para identificar el daño al componente suelo se ubicó espacialmente aquellos sectores con pendientes superiores a 45%, donde adicionalmente el efecto de los

incendios forestales haya tenido como resultado la perdida de la cobertura vegetal presente en el área. Para determinar los sectores con pendientes superiores a 45% se utilizó el Modelo Digital de Terreno basado en imágenes ASTER (*Advance Space Borne Thermal Emisión and Reflection Radiometer*), mientras que para identificar la pérdida de la cobertura vegetal se utilizó el índice espectral NBR, y la diferencia de este índice entre fechas pre y post incendio (dNBR), lo cual mediante los valores de severidad del incendio permitió identificar qué áreas han quedado desprovistas de vegetación a causa de la incidencia del fuego (áreas con nivel de severidad alta) (Figura 4-4).

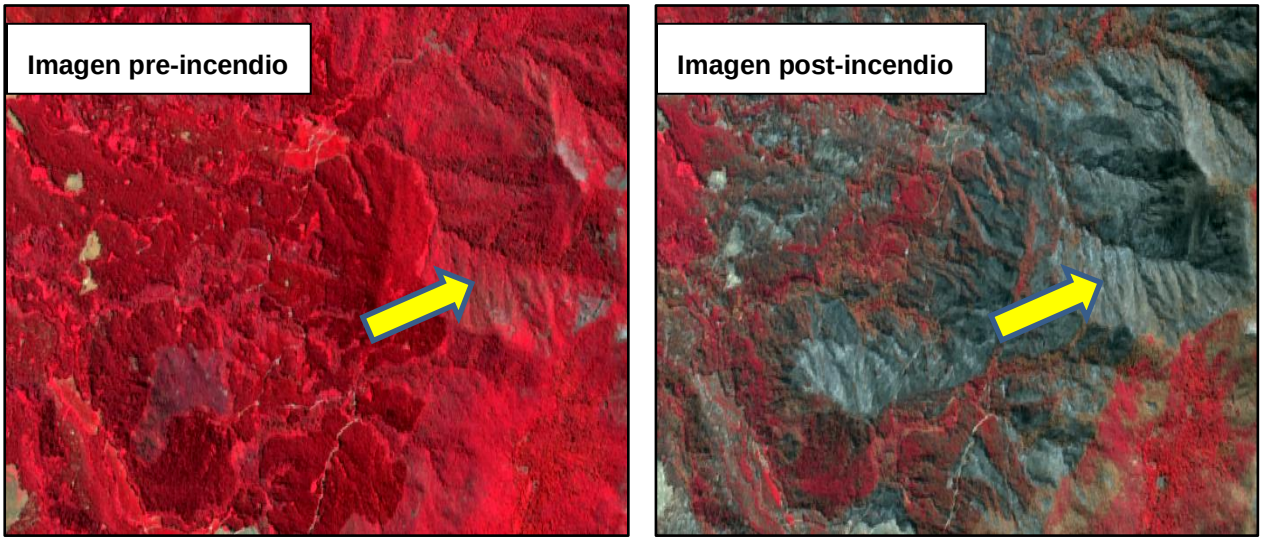


Figura 4-4. Imagen en falso color (vegetación en color rojo) que muestra un sector con pendiente superior a 45% y donde se ha perdido la cobertura vegetal (severidad alta) a causa de un incendio de magnitud. Incendio forestal “Agua Fría” con amenaza a Parque Nacional Radal Siete Tazas. Febrero, 2020. Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de biomasa forestal.

Como indicador para esta variable se utilizó la superficie de cubierta forestal afectada por incendios forestales. Para este cálculo se utilizaron los resultados obtenidos en el objetivo 1 (área de afectación y caracterización de vegetación afectada al interior del perímetro del incendio). Los valores de biomasa (ton/ha) se obtuvieron a través de los valores de carga de combustible disponible para cada formación vegetal, los cuales han sido descritos por el Laboratorio de Incendios Forestales de La Universidad de Chile (Julio *et al*., 1995). Estos valores están descritos para 31 modelos que representan las diferentes formaciones vegetales presentes en Chile (Pradera, Matorral, Renovales nativos, Arbolado nativo, Plantaciones forestales) (Tabla 4-2). Cada una de estas formaciones descritas fue homologada con las

formaciones vegetales obtenidas del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile para así obtener los resultados de biomasa afectada.

Tabla 4-2. Valores base de carga de combustible disponible por formación vegetal identificada.

Formación vegetal	Carga original (Ton/ha)
Pastizales, Praderas, Cereales y Estratos Herbáceo-Mesomórficos Densos.	6,84
Pastizales, Praderas, Cereales y Estratos Herbáceos Mesomórficos Ralos.	5,27
Chacarería y similares, Viñedos y Frutales.	6,49
Matorrales y Arbustos Mesomórficos Densos	29,23
Matorrales y Arbustos Mesomórficos Medios y Ralos	19,1
Plantaciones Jóvenes de Coníferas (4 a 11 años), con manejo.	40,87
Plantaciones Mayores de Coníferas (sobre 17 años), con manejo.	40,63
Plantaciones Jóvenes de Eucaliptus spp (4 a 10 años).	31,64
Plantaciones Adultas de Eucaliptus spp. (Sobre 10 años).	27,42
Plantaciones Latifoliadas y Mixtas	24,64

Fuente: Modelación de combustibles, Laboratorio de Incendios Forestales de La Universidad de Chile.

Efectos sobre la atmósfera

El indicador que se utilizó para esta variable corresponde a la Cantidad de CO_2 emitido a la atmósfera producto de la combustión de la vegetación afectada por incendios forestales. El método que se aplicó es el propuesto por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006). El cual se estima mediante la ecuación [3]:

$$L_{fuego} = A \times MB \times Cf \times Gef \times 10^{-3} \quad [3]$$

Donde:

L_{fuego}: Cantidad emisiones de Gases de Efecto Invernadero. En este caso CO_2 emitido.

A: Área quemada (ha).

MB: Masa de combustible disponible para la combustión (Mg por ha de materia seca).

Cf: Factor de combustión (adimensional).

Gef: Factor de emisión (g • kg-1 de materia seca quemada).

El área quemada (**A**) se obtuvo a partir de la caracterización y la definición de áreas y perímetros (objetivo 1). La masa de combustible disponible para la combustión (**MB**) se obtuvo

desde los valores base de carga de combustible disponible por formación vegetal (valores definidos por el Laboratorio de Incendios Forestales de La Universidad de Chile). El factor de combustión (**Cf**) utilizado corresponde a los valores de eficiencia de la combustión propuestos por De Santis *et al.* (2010) (Tabla 4-3) y el factor de emisión (**Gef**) utilizado corresponde al propuesto por el IPCC (2006), el cual para el cálculo de emisiones de CO_2 corresponde a 1.569 ($g \bullet kg^{-1}$ de materia seca quemada).

Como el factor de combustión puede presentar variaciones en la cantidad de combustible consumido en los diferentes sectores al interior del perímetro del incendio forestal, se realizó un ajuste de este valor en función de la severidad del incendio forestal, para lo cual se calculó la tasa de consumo del incendio mediante el cálculo de la severidad del incendio forestal. La severidad del incendio se obtuvo mediante el método propuesto por Key y Bensson (2006) (ver Tabla 4-1). Mientras que el ajuste del factor de combustión se basó en la metodología propuesta por De Santis *et al.* (2010) la cual asocia los niveles de severidad y tipo de vegetación a la cantidad de combustible consumido (Tabla 4-3). Los tipos de vegetación afectada por cada incendio forestal se obtuvieron de las formaciones vegetales del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.

Tabla 4-3. Valores de eficiencia de la combustión (De Santis *et al.*, 2010).

Severidad del incendio (Tasa de consumo)	**Factor de combustión (Cf) ajustado por tipo de vegetación o Eficiencia de la combustión**			
	Pasto	**Matorral**	**Coníferas**	**Bosque**
Baja	0,83	0,71	0,25	0,25
Moderada	0,9	0,84	0,47	0,4
Alta	0,98	0,95	0,65	0,56

Efectos sobre la calidad del agua

El indicador que se utilizó para esta variable corresponde a la superficie de vegetación ribereña afectada por IFM al interior de ASP en Chile central. La elección de este indicador se debe a la influencia que presenta esta zona de transición entre un cuerpo de agua y el ambiente terrestre contiguo, con la calidad del agua de los cursos de agua colindantes (Lena *et al*., 1995). Para identificar los sectores afectados se utilizaron áreas de franjas de amortiguación (*buffer o strip area*) a lo largo de los cursos de agua presentes al interior del área de estudio. La distancia de la franja mencionada corresponde a 30 m (Gayoso y Gayoso, 2003) y la información respectiva

a los cursos de agua se obtuvo de la cobertura vectorial de redes hidrográficas del Ministerio de Bienes Nacionales, mientras que la información de la presencia y vegetación afectada provendrá del el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.

Efectos sobre las formaciones vegetacionales o alteraciones en la composición de las especies.

Para evaluar la destrucción total o parcial de las formaciones vegetales se utilizó como base las comunidades vegetales que fueron afectadas por los IFM, para ello se trabajó la información del área y perímetro afectado obtenido en el objetivo 1, la cual se cruzó con la información de cobertura de pisos vegetacionales descritas en la Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile (Luebert y Pliscoff, 2017).

Para dar cuenta del grado de afectación del fuego sobre la vegetación (destrucción total o parcial de la vegetación) se aplicaron los valores de severidad del incendio forestal, los cuales fueron calculados mediante el método propuesto por Key y Bensson (2006).

Adicionalmente se identificaron aquellas formaciones vegetales que albergan especies en categoría de conservación. Para ello se diferenciaron aquellas formaciones vegetales afectadas por IFM que contienen especies en algún grado de amenaza para su conservación. Específicamente aquellas formaciones que contienen especies arbóreas y/o arbustivas en alguna categoría de conservación de acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 14º proceso de clasificación, MMA 2020a). La información de la composición de especies se obtuvo desde el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, complementado con la información disponible en las caracterizaciones vegetacionales contenidas dentro del Registro Nacional de Áreas Protegidas (MMA, 2020b).

5 RESULTADOS

5.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS MÁS RECURRENTES AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES DE MAGNITUD EN LAS ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DE CHILE CENTRAL, EN LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS.

5.1.1 Incendios Forestales de Magnitud en el área de estudio

Durante las veinte temporadas de incendios forestales analizadas (2000-2001 a 2019-2020) un total de 35 incendios de magnitud afectaron total o parcialmente[2] las áreas silvestres que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado junto con las áreas protegidas catalogadas como Santuarios de la Naturaleza en Chile Central (ahora en adelante ASP). La superficie total afectada por los 35 IFM fue de 239.647,0 ha, dentro de la cual un 5,5% (13.187,2 ha) afectó a las ASP (área de ASP más franja colindante) y un 94,5 % (226.459,8 ha) se encuentra fuera del área definida. En el Anexo 9-1, se encuentra el detalle de cada uno de los incendios identificados en las veinte temporadas analizadas (nombre incendio, temporada, causa, coordenadas inicio, superficie afectada total, superficie afectada en ASP).

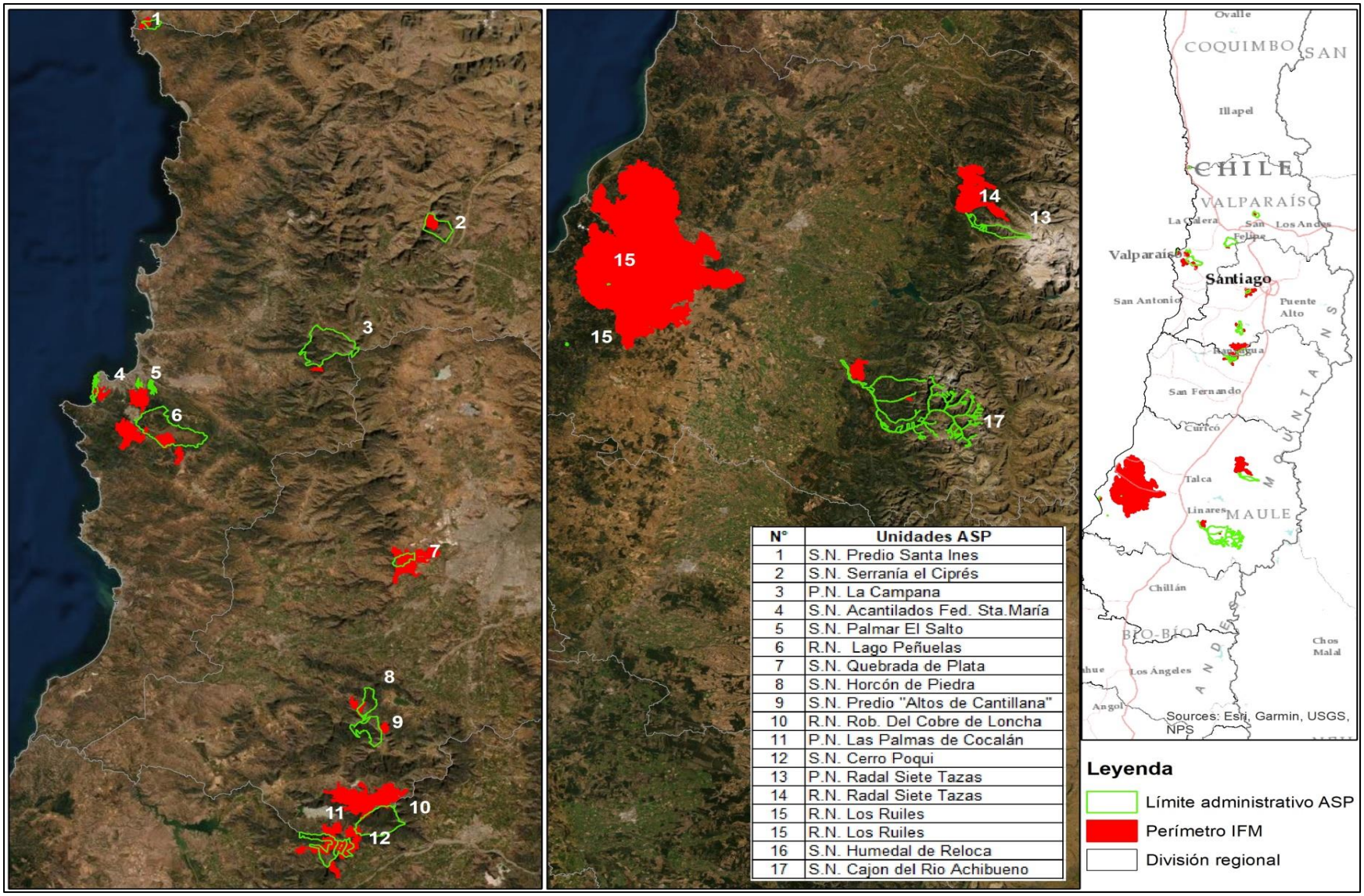
Las temporadas que presentaron el mayor número de ASP afectadas por IFM correspondieron a 2009-2010 y 2019-2020 (5 ASP) y 2016-2017 (6 ASP). Respecto al número de IFM que afectaron ASP, las temporadas 2016-2017 (8 IFM) y 2019-2020 (6 IFM) fueron las que presentaron el mayor número de eventos de magnitud (Anexo 9-2). En relación con el daño por IFM, la temporada con mayor superficie total afectada por IFM fueron los años 2016-2017 y 2019-2020 con 207.868 ha y 19.799,7 ha respectivamente, mientras que las temporadas con la menor superficie total afectada por IFM fueron las temporadas 2001-2002, 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007 y 2012-2013 las cuales no presentaron superficie afectada por incendios mayores a 200 ha. En relación con la superficie afectada dentro de las ASP, las temporadas 2016-2017 y 2009-2010 correspondieron a las de mayor superficie afectada, con 4.013,7 y 1825,7 ha respectivamente, a diferencia de las temporadas 2001-2002, 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007 y 2012-2013 las cuales no presentaban superficie afectada por este tipo de eventos de magnitud.

[2] Entendiéndose como daño parcial cuando solo una fracción de la superficie total del IFM afectó el ASP y su área colindante.

5.1.2 Áreas silvestres afectadas por Incendios Forestales de Magnitud.

En la zona centro de Chile se encuentra un total de 53 ASP, de las cuales 35 corresponden a la categoría Santuarios de la Naturaleza, 3 a la categoría Parques Nacionales, 13 a la categoría Reservas nacionales y 2 a la categoría Monumentos Naturales (detalle en Anexo 9-3. Listado de ASP en Chile central). De las ASP mencionadas, un total de 17 unidades se han visto afectadas por IFM a lo largo de los últimos 20 años, dentro de las cuales 10 corresponden a la categoría Santuarios de la Naturaleza, 3 a la categoría Parques Nacionales y 4 a Reservas Nacionales (Anexo 9-4 y Figura 5-1). Los Santuarios de la Naturaleza corresponde a la categoría con mayor número de incendios y mayor superficie afectada con 21 IFM y 6.930,0 ha respectivamente.

En cuanto a las unidades más afectadas por IFM durante las últimas 20 temporadas las unidades Las Palmas de Cocalán y Lago Peñuelas presentan el mayor número de IFM, con 7 y 6 IFM respectivamente. En cuanto al daño en términos de superficie afectada, las unidades Quebrada de Plata y Las Palmas de Cocalán son las que presentan la mayor superficie afectada con 2.640,5 y 2.338,4 ha respectivamente. Mientras que un total de 8 unidades presentaron reiteración de IFM, es decir tuvieron afectación en la misma área en distintos periodos (traslape o superposición de área quemada), las cuales corresponden a los santuarios Acantilados Federico Santa María, Cerro Poqui, Horcón de Piedra, Palmar El Salto, Quebrada de Plata, al parque nacional Las Palmas de Cocalán y las reservas nacionales Lago Peñuelas y Roblería del Cobre de Loncha (Anexo 9-4).



N°	Unidades ASP
1	S.N. Predio Santa Ines
2	S.N. Serranía el Ciprés
3	P.N. La Campana
4	S.N. Acantilados Fed. Sta.María
5	S.N. Palmar El Salto
6	R.N. Lago Peñuelas
7	S.N. Quebrada de Plata
8	S.N. Horcón de Piedra
9	S.N. Predio "Altos de Cantillana"
10	R.N. Rob. Del Cobre de Loncha
11	P.N. Las Palmas de Cocalán
12	S.N. Cerro Poqui
13	P.N. Radal Siete Tazas
14	R.N. Radal Siete Tazas
15	R.N. Los Ruiles
15	R.N. Los Ruiles
16	S.N. Humedal de Reloca
17	S.N. Cajon del Rio Achibueno

Figura 5-1. Áreas silvestres protegidas afectadas por Incendios Forestales de Magnitud y perímetro de Incendios Forestales de Magnitud. Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Distribución espacial de Incendios Forestales de Magnitud.

Respecto a la distribución a nivel regional de los IFM que han afectados ASP de Chile central, el mayor número de IFM se encuentran localizados en la región de Valparaíso (14 IFM), mientras que la región que presenta el menor número de este tipo de siniestros lo presenta la región del Maule (5 IFM) (Anexo 9-5 y Figura 5-1). En relación con el daño, la región de O'Higgins es la que presenta la mayor superficie afectada de ASP a causa de IFM, con una superficie de 4.164,8 ha, mientras que la región del Maule presenta la menor superficie afectada de ASP por IFM (1.203,7 ha).

En relación con la ubicación espacial de las unidades de ASP afectadas por IFM dentro de las unidades geomorfológicas definidas para el territorio continental de Chile (Cordillera de la Costa, Depresión intermedia, Cordillera de los Andes), la mayor parte de las unidades se ubica en la Cordillera de la Costa (7 unidades), seguida por las unidades ubicadas en la Depresión intermedia (6 unidades) y finalmente las menos afectadas unidades ubicadas en Cordillera de los Andes (4 unidades) (Tabla 5-1). En términos de superficie afectada, la unidad Cordillera de la Costa corresponde a las con mayor superficie afectada (12.136,2 ha), a diferencia de la unidad Depresión intermedia la cual presenta la menor superficie afectada (471,1ha).

Tabla 5-1. Distribución de unidades de ASP afectadas por IFM dentro de unidades geomorfológicas.

Unidad Geomorfológica	Nº de Santuarios	Nº de Parques Nacionales	Nº de Reservas Nacionales	Nº total de unidades ASP	Superficie afectada (ha)
Cordillera de la Costa	5	0	2	7	12.136,2
Depresión intermedia	3	1	2	6	471,2
Cordillera de los Andes	2	1	1	4	579,8
Total	**10**	**2**	**5**	**17**	**13.187,2**

5.1.4 Vegetación afectada por Incendios Forestales de Magnitud en Áreas Silvestres Protegidas.

Las formaciones vegetales afectadas a lo largo del horizonte temporal del estudio fueron Bosque Nativo achaparrado, Bosque Nativo Adulto, Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas, Bosque nativo–renoval, Matorral Arborescente, Matorral nativo, Praderas, Formación de suculentas, Plantaciones forestales, Terrenos de uso agrícola, Estepa andina central y Otros usos. La formación con mayor frecuencia de incendios correspondió a Bosque nativo – renoval, la cual se ha visto afectada durante 19 de las 20 temporadas analizadas, seguida por la

formación Matorral Arborescente la cual se ha visto afectada en 11 de las 20 temporadas analizadas. En términos de superficie, las formaciones más afectadas corresponden al Bosque nativo – renoval de *Cryptocarya alba y Lithrea caustica* con 1.992,1 ha (temporada 2016-2017) y al Bosque nativo – renoval de *Nothofagus glauca* con 1.077,9 ha (temporada 2009-2010). El Anexo 9-6 muestra la superficie afectada de cada una de las formaciones vegetales identificadas para cada una de las temporadas de incendios forestales.

5.1.5 Origen de los Incendios Forestales de Magnitud en Áreas Silvestres Protegidas.

Para la totalidad de las ASP de la zona central se han identificado un total de 8 causas generales de origen de los incendios de magnitud (Accidentes eléctricos, actividades recreativas, faenas agrícolas y pecuarias, faenas forestales, incendios de causa desconocida, incendios intencionales, quema de desechos, tránsito de personas vehículos o aeronaves), siendo las causas “Tránsito de personas vehículos o aeronaves” (12 IFM) e “Incendios intencionales” (12 IFM) las de mayor frecuencia. En relación con las causas específicas para el “Transito Tránsito de personas vehículos o aeronaves” la de mayor frecuencia corresponde al “Uso de fuego por transeúntes”, mientras que para “Incendios intencionales” la causa específica de mayor frecuencia corresponde a “Otros intencionales no clasificados” (Anexo 9-7).

En relación con la ubicación del punto de inicio (donde se origina el incendio) de cada uno de los 35 IFM que han afectado ASP en la zona centro de Chile, únicamente 4 IFM han tenido su origen dentro del límite administrativo de cada ASP, el resto (31 IFM) de los puntos de inicio se ubicaron espacialmente fuera de este límite. La Tabla 5-2 muestra las unidades de ASP que han tenido el origen del incendio al interior del límite administrativo del ASP.

Adicionalmente, respecto a las formaciones vegetales o uso del suelo en el lugar de origen del incendio se tiene que un total de 18 incendios tuvo origen en bosque nativo renoval, 9 en plantaciones forestales, 4 en praderas y matorrales, 2 en terrenos agrícolas ,1 en zona urbana y 1 sin información (Anexo 9-8).

Tabla 5-2. Listado de unidades con inicio del incendio al interior del límite administrativo del ASP.

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Coordenadas de inicio del IFM (UTM, huso 19)	
		Este	Norte
Santuario Naturaleza	Cerro Poqui	309.980	6.213.006
	Serranía el Ciprés	330.865	6.383.119
Parque Nacional	Las Palmas de Cocalán	303.404	6.213.980

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Coordenadas de inicio del IFM (UTM, huso 19)	
		Este	Norte
Reserva Nacional	Lago Peñuelas	267.500	6.324.500

5.2 DAÑOS Y EFECTOS CAUSADOS POR LOS INCENDIOS FORESTALES DE MAGNITUD QUE HAN OCURRIDO AL INTERIOR Y EN ÁREAS COLINDANTES A LAS ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DE CHILE CENTRAL, EN LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS.

5.2.1 Daños a la conservación de los suelos.

Un total de 15 ASP presentan áreas donde los incendios forestales se han localizado en sitios con pendientes mayores o iguales a 45% y adicionalmente han tenido como efecto la pérdida de cobertura vegetal. De estas unidades, 9 corresponden a la categoría Santuario de la Naturaleza, 3 a la categoría Parque Nacional y 3 a la categoría Reserva Nacional (Anexo 9-9). La superficie total de suelos afectados corresponde a 1.783,8 ha, donde la categoría Santuario Naturaleza es la que muestra el mayor daño en términos de superficie (822,1 ha). En relación con las unidades con mayor nivel de daño del componente suelo se encuentran el Parque Nacional Las Palmas de Cocalán (455,4 ha) y la Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (450,3 ha).

5.2.2 Pérdida de biomasa forestal.

El total de biomasa consumida como consecuencia de los IFM al interior de las ASP de la zona central fue de 289.283,1 toneladas, de las cuales 141.653,6 toneladas se encuentran en áreas correspondientes a Santuarios de la Naturaleza, 51.664,6 toneladas en Parques Nacionales y 95.965,0 en Reservas Nacionales (Anexo 9-10). A nivel de unidades, el Santuario de la Naturaleza Quebrada de Plata y el Parque Nacional Las Palmas de Cocalán son los con mayor biomasa consumida a causa de incendios de magnitud (50.398,0 y 47.841,0 ha respectivamente).

5.2.3 Severidad de los Incendios Forestales de Magnitud y efectos sobre la atmósfera.

De acuerdo con el análisis de severidad de las áreas afectadas por IFM al interior de las ASP de la zona central de Chile las categorías Media y Baja representan la mayor superficie afectada con 7.287,9 ha y 3.869,1 ha respectivamente (Anexo 9-11), mientras que la categoría de severidad Alta es la que representa la menor superficie afectada con 925,0 ha. En cuanto a las formaciones afectadas, el Bosque nativo – renoval es el que representa la mayor superficie afectada con niveles de severidad de mayor superficie en las categorías media y baja.

En relación con las emisiones de CO_2 por categorías de severidad y formación vegetal, la categoría de severidad Media corresponde a la de mayor cantidad de toneladas de CO_2 emitidos a causa de la quema de la combustión de la vegetación con 137.170,8 tCO_2 emitidas (Anexo 9-12), a diferencia de la categoría de severidad alta, la cual corresponde a la de menor cantidad de CO_2 emitido con 21.430,2 tCO_2. Dentro de la categoría de severidad media, la formación vegetal Matorral Arborescente es la que más contribuye en el $C0_2$ emitido, mientras que dentro de la categoría de severidad alta la formación vegetal Bosque nativo – renoval es la que más contribuye en el $C0_2$ emitido.

5.2.4 Efectos sobre la calidad del agua.

De las 17 ASP afectadas por IFM un total de 13 de estas unidades han tenido algún nivel de afectación en la vegetación ribereña y sus cursos de agua colindantes.

El total de superficie de vegetación ribereña afectada por IFM al interior de las Áreas Silvestres Protegidas en Chile central corresponde a 424,5 ha. A nivel de categoría de ASP, la mayor superficie afectada se encuentra en la categoría de Santuario de la naturaleza con 174,3 ha (Anexo 9-13). A nivel de unidades de ASP, las con mayor superficie de vegetación ribereña afectada corresponden a el Parque Nacional Las Palmas de Cocalán y la Reserva Nacional Lago Peñuelas con 121,5 y 82,3 ha respectivamente.

5.2.5 Efectos sobre las formaciones vegetales o alteraciones en la composición de las especies.

Respecto a la vegetación afectada a causa de los IFM al interior de las ASP, un total de 16 pisos de vegetación se han visto afectados a lo largo de las últimas 20 temporadas de incendios forestales, los cuales se distribuyen en 6 formaciones vegetales diferentes (Bosque caducifolio,

Bosque esclerófilo, Bosque espinoso, Matorral bajo de altitud, Matorral esclerófilo, Matorral espinoso). La formación vegetal con mayor superficie afectada corresponde al Bosque esclerófilo, donde los pisos Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus* y Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica* representan la mayor superficie afectada dentro de esta formación. El Anexo 9-14 muestra el detalle de los pisos de vegetación afectados por IFM al interior de cada unidad de ASP.

En cuanto al grado de afectación o nivel de daño de la vegetación se observa que un 8,4% (1.105,3 ha) de la superficie total afectada por incendios forestales no afectó a la vegetación presente (No quemado), un 29,3% (3.869,1 ha) se encuentra en la categoría de severidad Baja, un 55,3% (7.287,9 ha) en la categoría de severidad Media y un 7,0% (925,0 ha) en la categoría de severidad Alta. Dentro de los pisos de vegetación afectados con mayor categoría de severidad se encuentran el Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum* y el Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus* (Anexo 9-15).

En relación con los pisos de vegetación donde se ha observado el mayor nivel de daño en términos de severidad y reiteración (misma área afectada en diferentes eventos) se encuentran el Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa* y *Ribes punctatum*, el Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica*, el Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*, el Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithrea caustica* y *Cryptocarya alba* y el Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* y *Prosopis chilensis.*

Respecto a las unidades que forman hábitat de especies en categoría de conservación, y de acuerdo con el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE), al interior del área de estudio se encuentran un total de 17 especies bajo algún nivel de amenaza para su conservación, dentro de las cuales 3 especies se encuentran en la categoría En Peligro, 9 especies en la categoría Vulnerable, 4 especies en la categoría Casi Amenazada y 4 especies en la categoría Preocupación Menor. El Anexo 9-16 muestra el listado de especies en categoría de conservación, su categoría vigente y el Decreto Supremo en el cual se oficializó su estado de conservación.

Las ASP con mayor número de especies en categoría de conservación afectadas por incendios forestales corresponden a las unidades Santuario de la naturaleza Serranía el Ciprés (6 especies), Santuario de la naturaleza Predio Santa Inés (5 especies), Parque Nacional Las

Palmas de Cocalán (5 especies), y Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (5 especies). Dentro de las especies consideradas en categoría de conservación, las más afectadas en la mayor cantidad de unidades de ASP han sido el arbusto suculento *Echinopsis chiloensis* (en 10 unidades), la hierba perenne *Puya chilensis* (en 8 unidades), y el árbol *Nothofagus glauca* (en 5 unidades) (Anexo 9-17).

5.2.6 Caso estudio: IFM en Reserva Nacional Lago Peñuelas (RNLP).

La RNLP posee una superficie de 9.262,3 ha y se encuentra ubicada en la Región de Valparaíso, provincia y comuna de Valparaíso. Esta reserva es una de las ASP que mantiene ecosistemas de tipo mediterráneo, sistema natural de muy baja representatividad, donde sólo el 0,9% de estos ecosistemas están representados en el total del SNASPE (Mardones 1998). Esta unidad junto con el Parque Nacional La Campana (PNLC) han sido definidas como Reserva de Biosfera debido a que posee una alta diversidad biológica y ecosistémica (Weber 1986, CONAF 1994, Elórtegui y Moreira-Muñoz 2002). En la RNLP existe un bosque esclerófilo costero de clima mediterráneo que se encuentra en una crítica situación a nivel nacional (Muñoz-Pedreros *et al.,* 2010). Este tipo de bosque corresponde al piso de vegetación esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus,* el cual de acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se encuentra como un ecosistema terrestre de Chile bajo riesgo, específicamente calificado en la categoría Vulnerable (Pliscoff, 2015).

Al revisar la información publicada sobre incendios forestales en el área de la reserva, se identifica a los incendios forestales como uno de los principales factores de amenaza para la conservación de la fauna y la conservación del bosque esclerófilo al interior de la reserva y se hace referencia general a sectores afectados por incendios y años de afectación (CONAF, 1986; CONAF, 1999b). El último Plan de Manejo publicado por CONAF para esta unidad (PMF-R.N. Lago Peñuelas, 1999) declara para el intervalo de tiempo entre 1991 y 1998 una superficie afectada de 1.217,9 ha distribuidas en 7 ocurrencias, siendo en promedio una superficie afectada de 173,9 ha por incendio.

A largo del horizonte de estudio del presente trabajo se ha identificado para la R.N.L.P un total de 6 IFM con una superficie afectada total de 1.762,8 ha, teniendo un promedio por incendio de 293,8 ha (Figura 5-2). De estos 6 siniestros identificados se ha seleccionado como caso de

estudio el Incendio forestal “MELOSILLA”, el cual ocurrió durante la temporada de incendios 2019-2020. Los antecedentes generales de este incendio los muestra la Tabla 5-3.

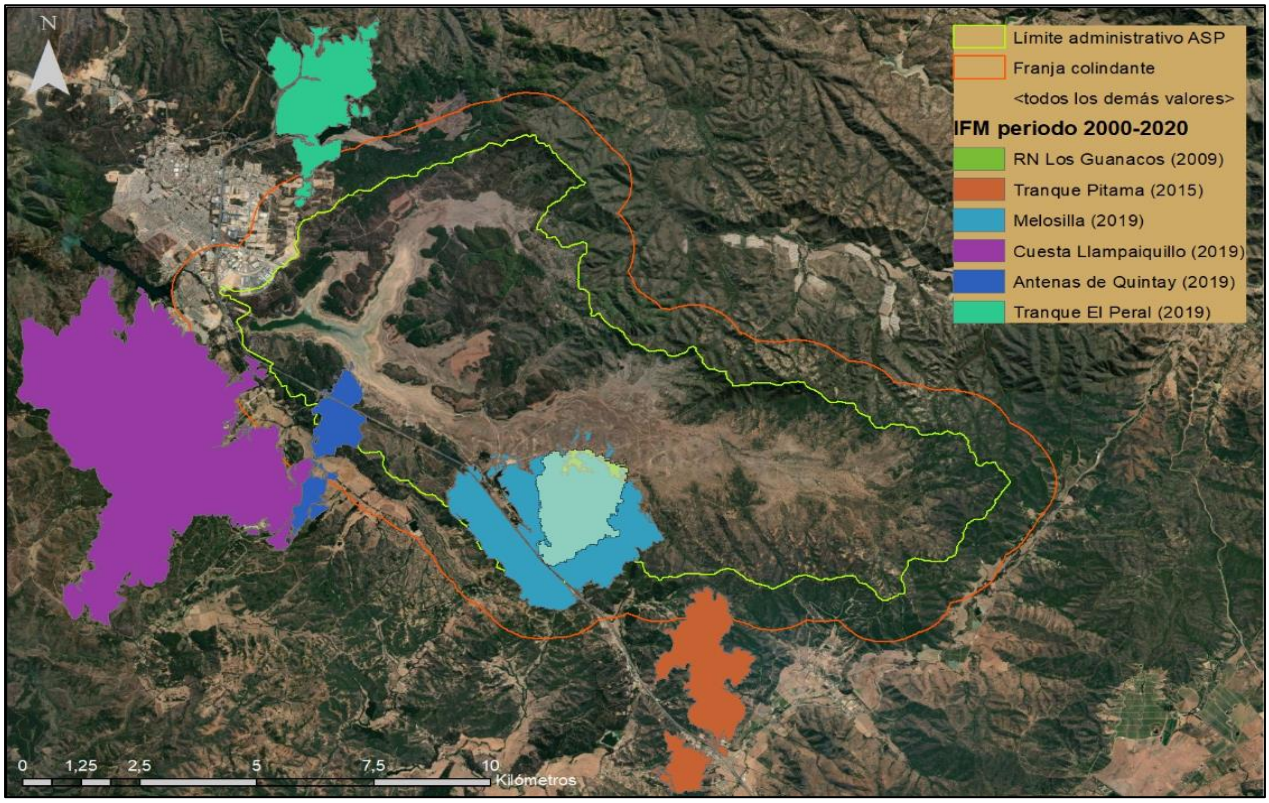


Figura 5-2. Cartografía de IFM periodo 2000-2020 con afectación a RNLP. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-3. Antecedentes generales incendio forestal Melosilla.

Fecha de inicio	15-noviembre-2019
Fecha de control del incendio forestal	21-noviembre-2019
Coordenada de inicio (WGS84 / 19S)	268.411 - 6.322.619
Superficie total afectada (ha)*	1.048,9
Causa general	Incendios intencionales
Causa específica	Uso de fuego por transeúntes

*Superficie calculada en el presente trabajo mediante índice espectral dNBR.

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización y análisis de los diferentes impactos e implicancias de este IFM sobre el área silvestre protegida RNLP.

- **Cartografía área quemada**

La superficie total afectada del IFM Melosilla corresponde a 1.048,9 ha, de las cuales la totalidad del área quemada se encuentra dentro del área de estudio definida para la RNLP. En relación con los diferentes niveles de severidad dentro del área quemada un 1,3% (14,0 ha) afectó con severidad alta, un 54,3% (569,2 ha) con severidad media, un 32,2% con severidad baja (337,9 ha) y un 12,2% corresponden a áreas no quemadas al interior del perímetro del incendio (127,7 ha) (Figura 5-3).

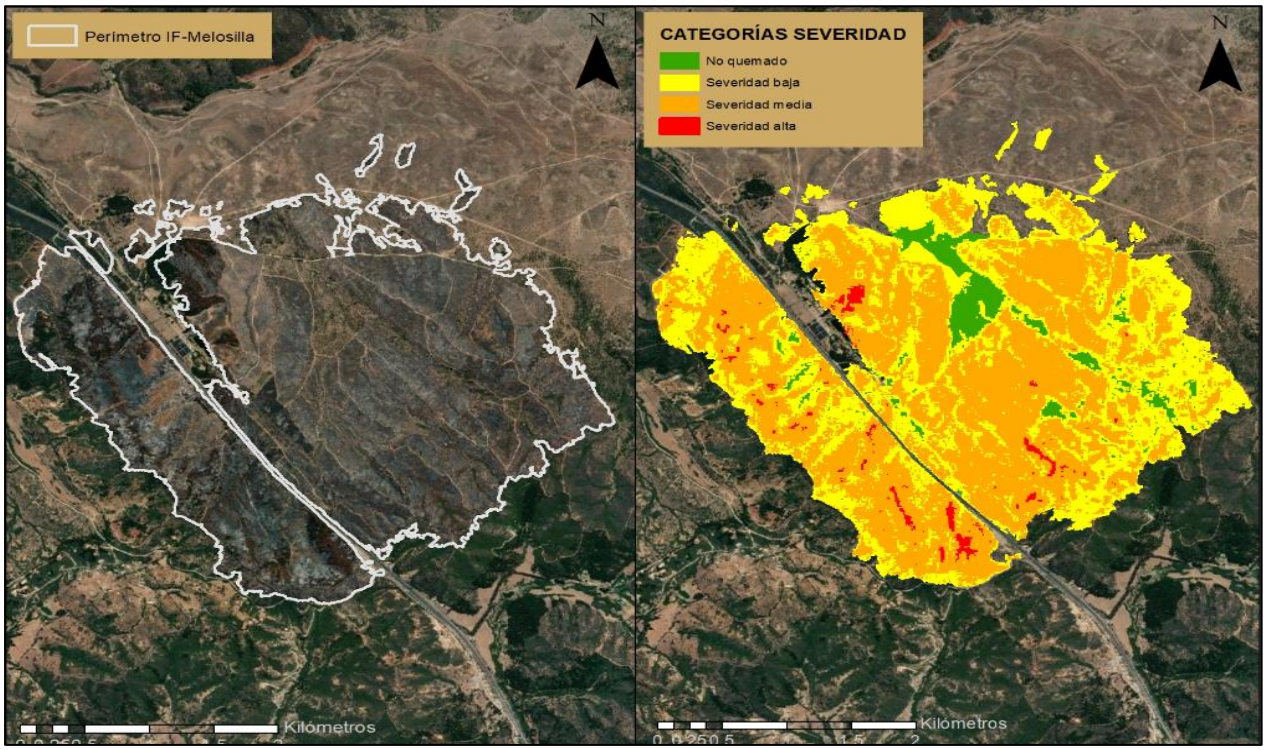


Figura 5-3. Perímetro y severidad IFM Melosilla. Fuente: Elaboración propia.

Al interior de la RNLP los principales sectores afectados por este incendio forestal corresponden al sector Los Lirios, sendero Las Orquídeas, sendero Los Petrilos y sendero Los Coipos.

- **Flora y vegetación afectada**

Respecto a la vegetación afectada y utilizando la cobertura del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile y la cobertura de Pisos vegetacionales, la formación vegetal con mayor superficie afectada corresponde a Plantaciones forestales (498,0 ha), seguida por Bosque nativo (259,2 ha) y Matorral arborescente (256,8 ha). Con relación al nivel

de severidad del incendio forestal Melosilla, estas formaciones corresponden a las con mayor superficie afectada con niveles de severidad más altos (Severidad alta y Severidad media) (Tabla 5-4). Mientras que en base a la cobertura de pisos vegetacionales, la totalidad del área afectada corresponde al piso vegetacional *Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus*, formación que como se mencionó anteriormente se encuentra calificada dentro de los ecosistemas de riesgo en Chile.

Tabla 5-4. Formaciones vegetales afectadas a causa del IFM Melosilla y nivel de severidad**.**

Formación vegetal	Superficie por categorías de severidad (ha)				
	No quemado	**Severidad baja**	**Severidad media**	**Severidad alta**	**TOTAL**
Plantaciones forestales	9,2	183,9	298,5	6,4	**498,0**
Bosque nativo	15,6	82,4	153,8	7,4	**259,2**
Matorral Arborescente	76,8	64,9	115,0	0,1	**256,8**
Praderas	25,3	5,2	0,9	0,0	**31,4**
Otros usos	0,8	1,5	1,1	0,0	**3,4**
Total general	**127,7**	**337,9**	**569,2**	**14,0**	**1.048,9**

En cuanto a la flora afectada por el IFM Melosilla y de acuerdo con el estudio "*Flora y vegetación de la Reserva Nacional Lago Peñuelas, Reserva de la Biósfera, Región de Valparaíso*" (Hauensteina *et al.*, 2009) el cual contiene una estación de muestreo localizada dentro del área afectada, específicamente ubicada en el sector "Los Lirios", mediante el inventario florístico realizado se observa la presencia de diferentes elementos característicos de del bosque esclerófilo mediterráneo, tales como la presencia de especies arbóreas como *Quillaja saponaria, Schinus latifolia, Cryptocarya alba*, junto a especies arbustivas, como *Schinus polygamus, Baccharis linearis, Berberis actinacantha, Eryngium paniculatum y Satureja gilliesii.* Específicamente, la flora identificada en el sector registró la presencia de las especies arbóreas *Acacia caven, Maytenus boaria, Quillaja saponaria* y *Schinus latifolia*; *Peumus boldus, Lithraea caustica, Escallonia pulverulenta* y la trepadora *Muehlenbeckia hastulata*. En cuanto al estrato herbáceo, se encontraron las especies *Agrostis capillaris*, *Avena barbata*, *Poa annua, Festuca sp., Bromus hordeaceus, Briza minor* y *Leontodon saxatilis.* Los resultados publicados indican la presencia de comunidades florísticas que se corresponden con las descritas para el piso vegetacional Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus.*

- **Reiteración y daños permanentes**

A pesar de que no se encontraron estudios que permitan comparar o hacer un seguimiento de los efectos posteriores al IFM Melosilla, los resultados del presente estudio permiten inferir daños importantes en la vegetación y flora descrita en el área afectada, específicamente sobre las áreas con presencia del ecosistema Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus.* Esto se debe principalmente a dos variables que se asocian al daño permanente a causa del área recorrida por el fuego, las cuales corresponden a la recurrencia de estos eventos en una misma área (reiteración) y el nivel de severidad del incendio. Respecto a la frecuencia, en la misma área de afectación del IFM Melosilla se registró durante la temporada de incendios forestales 2008-2009 el IFM RN Los Guanacos, el cual afectó una superficie de 396,6 ha, de las cuales el 75% presentó niveles de severidad medios y altos (Figura 5-2 y Figura 5-4). Este traslape de incendios dentro del horizonte de tiempo estudiado sumado a la severidad de cada uno de estos eventos dan cuenta de que existen áreas donde probablemente la vegetación presente ha sufrido cambios a causa del fuego, pudiendo en algunos casos quedar parcial o totalmente destruida incluso en algunos casos dejando el suelo totalmente descubierto.

Complementando lo mencionado anteriormente, el área de la cual se tiene registros de terreno (estación de muestreo en sector Los Lirios) fue afectada por ambos IFM (Melosilla y RN Los Guanacos) los cuales tuvieron una superposición espacial completa (Figura 5-2). Teniendo en cuenta que la publicación de este estudio es anterior a la ocurrencia de ambos IFM, es posible inferir que áreas de este sector con presencia del Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus* se encuentran con niveles de daño que podrían ser permanentes.

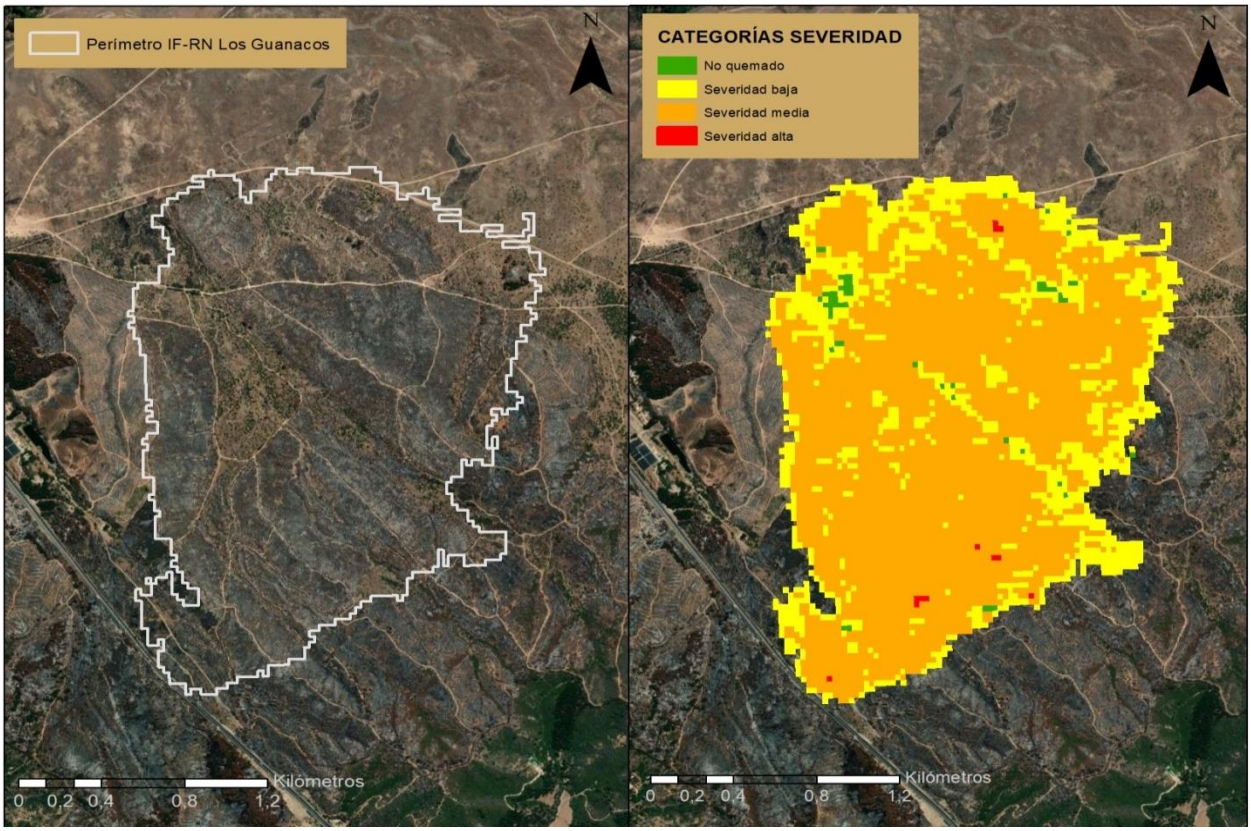


Figura 5-4. Perímetro y severidad IFM RN Los Guanacos. Fuente: Elaboración propia.

- **Pérdida de biomasa forestal.**

El total de biomasa consumida como consecuencia de los IFM Melosilla corresponde a 27.974,6 toneladas, las cuales se distribuyen entre las formaciones vegetales correspondientes a Plantaciones forestales, Bosque nativo, Matorral arborescente y praderas (Tabla 5-5).

Tabla 5-5. Pérdida de biomasa como consecuencia del IFM Melosilla.

Formación vegetal afectada	Pérdida de biomasa (ton)
Plantaciones forestales	19.707,2
Bosque nativo - renoval	5.111,9
Matorral arborescente	2.604,9
Praderas	550,6
Total	**27.974,6**

Desde la perspectiva económica y de acuerdo con la valoración del uso directo de las formaciones que se han perdido a causa del IFM Melosilla, al considerar como pérdida total las áreas con presencia de bosque nativo y plantaciones forestales afectadas con niveles de

severidad altos y medios se obtiene un valor estimado de pérdidas de 32.574 Unidades de Fomento (Tabla 5-6).

Tabla 5-6. Estimación económica de pérdidas por IFM Melosilla.

Formación vegetal	Superficie por categorías de severidad (ha)			Valor (UF/ha)*	Valor total (UF)
	Severidad media	Severidad alta	Total		
Plantaciones forestales	298,5	6,4	498	55	27.390
Bosque nativo	153,8	7,4	259,2	20	5.184
Total	**452,30**	**13,80**	**757,20**	**75,00**	**32.574**

* Valor en UF obtenidos desde valorización de daños por tipo de combustible.

- **Efectos sobre la calidad del agua.**

Un total 44,6 ha de vegetación ribereña y cursos de agua colindantes al interior de la RNLP se vieron afectados por el IFM Melosilla (Figura 5-5). El curso de agua afectado corresponde a la "Quebrada Los Lirios", el cual se encuentra en el sector sur de la reserva.

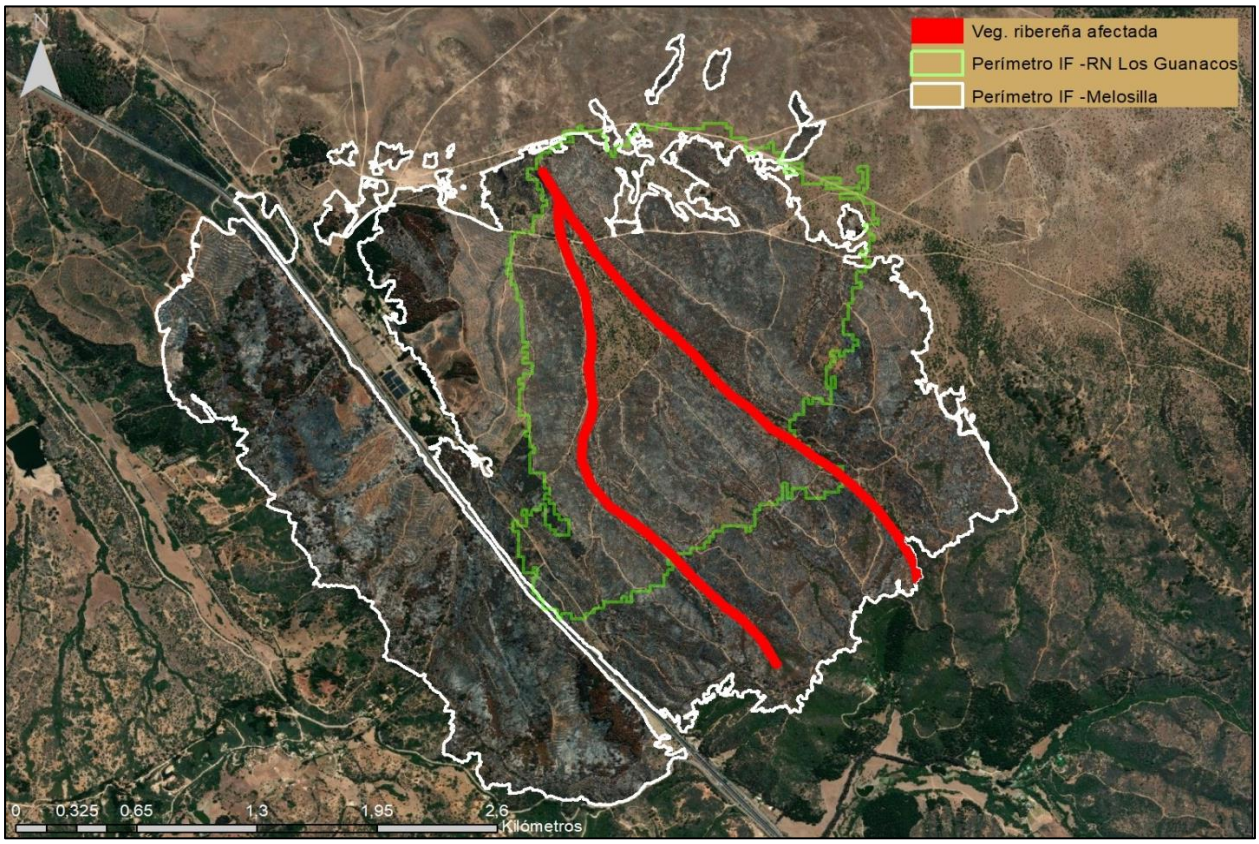


Figura 5-5. Vegetación ribereña afectada en "Quebrada Los Lirios", RNLP. Fuente: Elaboración propia.

- **Efectos sobre la atmósfera.**

En relación con las emisiones de CO_2 a causa de la vegetación consumida durante el IFM Melosilla y en función de los diferentes niveles de severidad un total de 10.749,4 toneladas de CO_2 se liberaron a la atmósfera, siendo las plantaciones forestales y el bosque nativo las formaciones con mayor aporte de CO_2 emitido (Tabla 5-7).

Tabla 5-7. Emisiones de CO_2 por categorías de severidad por formación vegetal. IFM Melosilla.

Formación vegetal	Emisiones de CO_2 por categorías de severidad (tCO_2)			Emisiones total (tCO_2)
	Alta	Media	Baja	
Plantaciones forestales	1.459,1	4.700,3	248,6	6.407,9
Bosque nativo - renoval	637,4	1.913,3	137,6	2.688,3
Matorral Arborescente	1.107,5	490,6	0,9	1.599,0
Praderas	46,5	7,6	0,0	54,1
Emisiones totales	**3.250,5**	**7.111,7**	**387,1**	**10.749,4**

5.2.7 Directrices para el manejo y conservación de ASP afectadas por incendios forestales.

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se proponen cuatro diferentes directrices de manejo las cuales apuntan a conservar los ecosistemas nativos que protegen las ASP a través de la reducción de ocurrencias, prevención de Incendios Forestales de Magnitud y manejo post incendio. A continuación, se indican las directrices sugeridas a implementar en las diversas instancias que tienen relación con la planificación y operatividad relacionada a la prevención, la ocurrencia y el manejo posterior de incendios forestales en ASP.

1) Fortalecimiento en la planificación y ejecución de patrullajes preventivos y otras actividades preventivas en áreas colindantes a las ASP.

De acuerdo con la definición descrita por la CONAF (2021b), los patrullajes preventivos constituyen una herramienta preventiva de disuasión y detección temprana de riesgos y de la ocurrencia de incendios forestales. Estos se basan en el recorrido, principalmente terrestre, en donde se buscan situaciones de peligro y amenazas que podrían potencialmente facilitar el inicio y propagación del fuego en sectores definidos previamente en base a la prioridad de protección, frecuencia de incendios, motivación o causalidad de incendios, pronóstico de condiciones meteorológicas, condición de vegetación combustible, entre otros.

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo fue posible identificar que el lugar de origen (punto de inicio) de la mayor parte de los IFM que afectaron ASP se localizó fuera de los límites administrativos de las áreas silvestres analizadas (30 de 35 IFM tuvieron su origen fuera del límite administrativo) y adicionalmente, las causas específicas más frecuentes que iniciaron estos siniestros correspondieron a el “Uso de fuego por transeúntes” y “Incendios intencionales”. Por estos motivos se hace necesario implementar dentro de las prioridades de protección a las franjas colindantes a los límites administrativos de las ASP y en ellas establecer rutas de patrullaje que permitan prevenir la ocurrencia de incendios forestales o la detección temprana de focos de incendios para evitar la propagación y generación de incendios de gran superficie y así controlar estas amenazas y/o reducir su efecto borde al interior del área protegida. Adicionalmente, se debe mejorar la capacidad de personal adecuado para la realización de estas actividades, con el objeto de maximizar la cobertura de vigilancia en estas áreas, ya que en la actualidad existe una carencia de trabajadores que puedan llevar a cabo esta función.

Esta planificación de actividades debiese formar parte de los planes de manejo respectivos a cada ASP, junto con los protocolos de ejecución de patrullajes preventivos ante incendios forestales desarrollados por los organismos técnicos encargados de esta materia tanto en el ámbito público (CONAF) y otras instituciones del ámbito privado.

Sumado a que el inicio de los IFM tuvo en su mayoría origen fuera de las ASP, los resultados indican que el punto de inicio de un número importante de incendios analizados fue en zonas donde la carga y continuidad del combustible son factores favorables para el inicio y propagación de incendios (plantaciones forestales, zonas agrícolas, praderas y matorrales). Por lo cual, ambos factores hacen necesaria la evaluación y ejecución de actividades de silvicultura preventiva en las áreas que rodean los límites de las ASP, específicamente actividades enfocadas a disminuir la carga y la continuidad del combustible presente, con el objetivo principal de evitar el avance de los incendios hacia las áreas de conservación.

2) Elaboración de una cartografía de área quemada y de severidad de incendios forestales para cada unidad del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

Los resultados del método aplicado han permitido identificar con mayor detalle la ubicación espacial de las áreas que históricamente han sido amenazadas por incendios forestales tanto dentro como en sectores colindantes a los límites administrativos de un área silvestre. Principalmente el método permitió conocer la severidad de los incendios, la frecuencia dentro del área afectada y el tamaño del incendio.

Este tipo de información se sugiere sea generada continuamente para las próximas temporadas de incendios forestales y que los resultados sean integrados a los planes de manejo respectivo a cada área silvestre protegida con el objeto de poder utilizar esta información para:

- Identificar las zonas al interior de las ASP afectadas por incendios forestales, e identificar factores de riesgo en estudios posteriores al incendio.

- Establecer una línea base para el análisis de cambios posteriores a los incendios forestales. Específicamente para investigaciones que permitan evaluar los efectos en el tiempo de los incendios sobre las comunidades vegetales presentes en un área (patrones de cambio, tasas de recuperación, capacidad de resiliencia y dinámica de recuperación de áreas quemadas, entre otras).

3) Utilización de la cartografía de área quemada y severidad de IFM como instrumento de apoyo para elaborar las propuestas de restauración al interior de ASP.

En el presente trabajo el método utilizado para cartografiar el área recorrida por el fuego y los efectos del fuego al interior del área quemada (severidad) han permitido identificar espacialmente los sectores afectados y los diferentes niveles de daño ocasionados por los IFM al interior de las ASP de Chile central.

Estos resultados y la aplicación de esta metodología para futuros incendios en áreas protegidas pueden ser utilizadas como una herramienta de apoyo para elaborar propuestas de restauración dentro de las áreas silvestres afectadas. Concretamente esta información puede ser utilizada para proponer áreas prioritarias de actuación en función del nivel de daño y como apoyo para la definición de técnicas más adecuadas para la restauración de los sectores degradados por IFM.

En este mismo lineamiento, la metodología propuesta y los resultados de afectación a la conservación de los suelos y los efectos sobre la calidad del agua debiesen ser utilizados como indicadores de priorización para la elaboración de propuestas de restauración o rehabilitación de estas áreas.

4) Incorporación de los ecosistemas terrestres en riesgo y que han sido afectados históricamente por IFM al Análisis de Riesgo de Incendios Forestales a Nivel Nacional.

En el marco de la planificación estratégica y operativa en torno a la Política Pública de Gestión de Reducción de Riesgo de Desastres, la CONAF es el organismo encargado de analizar y definir las zonas de riesgo de incendios forestales en el territorio nacional (CONAF, 2019b).

Esta zonificación del riesgo mediante el análisis de diferentes variables (ambientales, sociales y económicas) permite principalmente apoyar la planificación estratégica, priorizar recursos para la prevención y control de incendios forestales y tomar decisiones en la planificación del ordenamiento territorial. Dentro del Análisis de Riesgo de Incendios Forestales a Nivel Nacional uno de los factores considerados corresponde a la vulnerabilidad de ecosistemas, entendiéndose como sistemas más susceptibles a pérdidas, daños o trastornos a causa de los incendios forestales (CONAF, 2021c).

En base a lo mencionado anteriormente se propone integrar para los próximos análisis de riesgo de incendios forestales de la zona centro del país a aquellos ecosistemas terrestres en riesgo y que han sido afectados históricamente por IFM, los cuales en el presente proyecto de grado han sido definidos como aquellos pisos de vegetación afectados por IFM a lo largo de los últimos 20 años y que se encuentren bajo un nivel de riesgo importante, ya sea por la reducción en su distribución y/o la distribución geográfica restringida y/o la degradación ambiental que ha sufrido durante los últimos años (criterio definido por el estudio *Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile, Pliscoff, 2015*).

Al utilizar los resultados de la clasificación mencionada se obtuvo un total de 12 de los 16 pisos de vegetación afectados se encuentran bajo un nivel de riesgo importante, de los cuales 8 de estos ecosistemas se encuentran bajo la categoría Vulnerable, 3 bajo la categoría En Peligro Crítico y 1 bajo la categoría En Peligro (Anexo 9-18).

Esta incorporación de los ecosistemas terrestres en riesgo y que han sido afectados históricamente por IFM al Análisis de Riesgo de Incendios Forestales permitiría reducir la amenaza de degradación y/o pérdida de estos ecosistemas a causa de incendios forestales, principalmente gracias a que estás áreas tendrían mayor priorización para la asignación e implementación de recursos para la prevención, la mitigación, la preparación para la respuesta y la respuesta ante incendios forestales (ej.: instalación de infraestructura preventiva, silvicultura preventiva, asignación de recursos para el combate, entre otras).

6 DISCUSIÓN

- **Incendios Forestales de Magnitud en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile central en los últimos 20 años.**

Durante las veinte temporadas de incendios forestales analizadas se identificó un total de 35 IFM con una superficie de 13.187,2 ha que afectaron ASP, donde el mayor número de este tipo de eventos (29 IFM / 82,9%) y la mayor superficie afectada (12.065,60 ha / 91,5%) se observó a partir del verano del año 2010 en adelante, comportamiento que sigue la tendencia de los datos históricos de superficie afectada por IFM en la zona central publicados por CONAF (Figura 3-1), encontrándose el mayor daño y ocurrencia a partir de la temporada 2009-2010. Este periodo de mayor afectación podría relacionarse al cambio en el régimen de precipitaciones en la zona centro, episodio denominado Mega-sequía, la cual se extiende entre 2010 y 2020, acumulando diez años consecutivos de déficit de precipitaciones (DMC, 2020). Este fenómeno corresponde al período seco de mayor duración y extensión territorial desde mediados del siglo pasado (CR2, 2015). Además, este fenómeno ha estado ocurriendo durante la década más cálida registrada en Chile central, teniendo como efecto un aumento en la pérdida de agua por evaporación, un mayor déficit hídrico y temperaturas máximas que se han incrementado de manera muy pronunciada en los últimos diez años. Con estas temperaturas más altas, ha aumentado la pérdida de agua desde zonas cubiertas por nieve (sublimación), cultivos y vegetación natural (evapotranspiración), y lagos y embalses (evaporación), exacerbando el déficit hídrico. Estos rasgos son consistentes con el cambio climático ocasionado por la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera terrestre (CR2, 2015). La persistencia de la Mega-sequía mencionada ha comenzado a producir un deterioro de la vegetación en gran parte de Chile central, lo cual se ha manifestado sobre la vegetación a través de la perdida de vigor (menor contenido de humedad y pérdida de clorofila), lo cual se traduce en mayor disponibilidad de combustible vivo para incendios forestales. Esto se ha reflejado en los estudios temporales del índice espectral NDVI y EVI, los cuales indican disminuciones importantes respecto a condiciones normales (CONAF, 2018b; CR2, 2015). Ambas variables meteorológicas (temperatura y precipitaciones) que afectan la condición de la vegetación, están dentro de los principales factores que influyen en el comportamiento de los incendios forestales y que permiten crear las condiciones necesarias para la ocurrencia de grandes incendios forestales (NWCG, 2008). Este comportamiento se ha documentado en diferentes estudios los cuales relacionan el cambio en las condiciones climáticas en el último tiempo y el aumento en el daño provocado por incendios forestales (González *et al*., 2011; de Groot *et al*., 2012).

Específicamente para el caso de las ASP el documento de análisis "*Efectos del Cambio Climático en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado"* (CONAF, 2018c) proyecta que este cambio en las variables meteorológicas mantendrá a las ASP expuestas a mayores temperaturas y a una disminución en la cantidad de precipitaciones, manifestando que además de las implicancias de estos cambios sobre la distribución y abundancia de las especies de flora y fauna, el mayor impacto que afrontarán estos ecosistemas será el evidente riesgo de aumento en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales de gran magnitud y sus efectos sobre los ecosistemas nativos (CONAF, 2018c), lo cual es posible observar en los resultados del presente estudio. Adicionalmente, distintos estudios indican que este aumento en las ocurrencias y superficie afectada por incendios forestales a causa del cambio climático tiene como objetos particularmente vulnerables a aquellos ecosistemas remanentes y de baja representatividad (González *et al*., 2011; Marquet *et al*., 2019). Respecto a los ecosistemas en riesgo, el estudio *"Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile"* (Pliscoff, 2015) muestra el estado de riesgo de los ecosistemas en Chile y la clasificación de ellos en diferentes categorías de acuerdo con su grado de amenaza, utilizando los pisos de vegetación como unidad de análisis símil de ecosistemas. Destaca dentro de sus resultados que la zona geográfica donde se concentran los ecosistemas terrestres que han sufrido una mayor pérdida de superficie natural en términos históricos y recientes corresponde a la zona de Chile Central.

Al utilizar los resultados de la clasificación mencionada anteriormente, se obtiene que en el presente trabajo un total de 12 de los 16 pisos de vegetación que se han visto afectados a lo largo de las últimas 20 temporadas de incendios forestales se encuentran bajo un nivel de riesgo importante, ya sea por la reducción en su distribución y/o la distribución geográfica restringida y/o la degradación ambiental que ha sufrido durante los últimos años. De estos ecosistemas 8 se encuentran bajo la categoría Vulnerable, 3 bajo la categoría En Peligro Crítico y 1 bajo la categoría En Peligro (Anexo 9-18)**.** Como se mencionó en la sección directrices, estas áreas identificadas en el presente trabajo deberían ser consideradas como objetos de análisis para reducir la amenaza de degradación y/o pérdida de estos ecosistemas a causa de incendios forestales. Para ello se sugiere considerar estos sectores como de alta prioridad dentro de los planes de manejo de cada área silvestre afectada y sus respectivos sistemas de priorización general de amenazas y cómo estas pueden afectar a sus objetos de conservación en el futuro. Adicionalmente incorporar esta información a los análisis de riesgo de incendios a

nivel nacional y regional, donde estás áreas identificadas debiesen tener una ponderación mayor en el ítem de vulnerabilidad y valor ecológico del combustible.

Es importante mencionar que para la relación observada de aumento de IFM en ASP y cambio en las condiciones climáticas del último periodo, se debe tener presente que el horizonte de tiempo ocupado en el presente trabajo (20 años), permite observar este patrón de cambió en el aumento de superficie afectada, pero tan solo en un intervalo de dos décadas. Por lo cual es recomendable poder analizar si esta tendencia es posible de observar en un horizonte de tiempo mayor a dos décadas. Particularmente el presente estudió presentó dos desventajas que no permitieron realizar un análisis de mayor temporalidad, una corresponde a las bases de datos históricas de CONAF, las cuales sólo existen registros a partir del año 1976, siendo los más completos y fidedignos a partir del año 2002 (consulta pública, Anexo 9-19). Por otro lado, se tiene como limitante el acceso a imágenes satelitales gratuitas de periodos anteriores que permitan identificar el área recorrida por el fuego, siendo las imágenes más antiguas a partir del año 1984 y corresponden programa espacial Landsat 5 (Key y Benson, 2006).

- **Áreas silvestres afectadas por Incendios Forestales de Magnitud.**

En relación con las categorías de ASP estudiadas, un total de 53 ASP se encuentran en la zona centro de Chile, de las cuales 35 corresponden a la categoría Santuarios de la Naturaleza, 3 a la categoría Parques Nacionales, 13 a la categoría Reservas nacionales y 2 a la categoría Monumentos Naturales. De este total fue posible determinar que 17 unidades fueron afectadas por incendios forestales durante el periodo analizado, dentro de las cuales 10 unidades corresponden a la categoría Santuarios de la Naturaleza, 3 a la categoría Parques Nacionales y 4 a Reservas nacionales, siendo la categoría Santuario de la Naturaleza la con mayor ocurrencias y superficie afectada durante el horizonte de tiempo evaluado. A su vez, esta última categoría mencionada representa la mayor superficie protegida dentro de la zona centro del país y, además, como se mencionó anteriormente supera en número de unidades a las categorías Parque Nacional y Reserva Nacional, lo cual es una de las variables que podría explicar la mayor ocurrencia y daño a causa de IFM en los últimos 20 años. Adicional a lo mencionado, otro factor que podría incidir en el alto número de ocurrencias y superficie afectada dentro de los santuarios está relacionado a que esta categoría no cuenta con la totalidad de sus unidades bajo un sistema de administración organizado, siendo únicamente las unidades S.N El Peral y S.N Río Cruces las que se encuentran administradas por CONAF (CONAF, 2020b). Esto podría estar influyendo en la presencia de grandes incendios al interior

de las unidades bajo esta categoría debido a que muchos de los santuarios no cuentan con un sistema de administración definido para todas las unidades que lo componen, a diferencia de las categorías Parque Nacional y Reserva Nacional que se encuentran bajo la administración y gestión de CONAF. Por lo tanto, la mayoría de estas unidades carecen de acciones que ayuden a la prevención y control de incendios, como son: La presencia de guardaparques, el control de visitantes, la presencia de brigadas contra incendios forestales al interior unidades, sistemas de vigilancia preventiva, entre otras.

Por lo mencionado anteriormente, y dado los ecosistemas que se encuentran en riesgo y que han sido afectados por IFM, en el horizonte de tiempo evaluado al interior de los Santuarios de la Naturaleza (Anexo 9-14; Anexo 9-18) es importante la implementación de medidas que ayuden a reducir la ocurrencia y mejorar la capacidad de respuesta frente a incendios forestales que afecten estas áreas. Una alternativa de mejora es integrar a los Santuarios de la Naturaleza a la administración de CONAF o crear un sistema de administración organizado para estas unidades.

A nivel de unidades de ASP afectadas, una de las unidades con mayor ocurrencia y superficie afectada por incendios de magnitud fue la R.N. Lago Peñuelas, la cual presentó 6 IFM y una superficie afectada de 1.762,8 ha, teniendo un promedio por incendio de 293,8 ha. Al revisar la información publicada sobre incendios forestales en el área de la reserva, se identifica a los incendios forestales como uno de los principales factores de amenaza para la conservación de la fauna y la conservación del bosque esclerófilo al interior de la reserva y se hace referencia general a sectores afectados por incendios y años de afectación (CONAF, 1986; CONAF, 1999b). El último Plan de Manejo publicado por CONAF para esta unidad (PMF-R.N. Lago Peñuelas, 1999) declara para el intervalo de tiempo entre 1991 y 1998 una superficie afectada de 1.217,9 ha distribuidas en 7 ocurrencias, siendo en promedio una superficie afectada de 173,9 ha por incendio. Este valor es un 40,8% inferior al presentado en el presente trabajo, en el cual para esta unidad se identificaron estos eventos entre los años 2009 y 2020. Este aumento en la última década se relaciona con la tendencia antes mencionada, la cual indica un aumento en superficie afectada en respuesta a los cambios en las condiciones ambientales sufridas durante la última década. En relación con la información disponible para esta reserva reconocida como una de las unidades de mayor ocurrencia y superficie afectada (CONAF, 1999b), el total de información disponible no está actualizada (anterior al año 2000) y no contiene cartografía de las áreas afectadas y sectores de mayor frecuencia de incendios, por lo cual la información sobre identificación y caracterización de IFM generada en el presente

estudio puede ser un aporte en la actualización de la información en el PMF del área silvestre y en la elaboración de estudios de riesgo y prevención de incendios forestales, junto con estudios y proyectos relacionados a la restauración de las áreas degradadas por los incendios identificados.

Al observar la distribución espacial de los IFM y las ASP afectadas, los resultados muestran que el mayor número de incendios se encuentran localizados en las ASP de la región de Valparaíso (sector costa). Por otra parte, la mayor cantidad de las áreas silvestres afectadas se encuentran en los sectores cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, mientras que las unidades ubicadas en el sector cordillera de los Andes fueron las menos afectadas. Estos resultados pueden responder a que las unidades ubicadas en sectores cordilleranos se encuentran generalmente alejadas de carreteras, centros urbanos y zonas de interfaz donde confluyen viviendas y áreas forestales, en las cuales las actividades antrópicas tienen mayor influencia. Las intervenciones humanas y su relación con los incendios forestales se encuentran ampliamente documentadas en Chile y el mundo, donde la mayoría de los incendios son provocados por el hombre (Pew y Larsen, 2001; Stephens, 2005; Díaz-Hormazábal y González 2016). En el caso puntual del área de estudio, este comportamiento ha sido documentado en el estudio “Influencia de la heterogeneidad del paisaje en la ocurrencia de incendios forestales en Chile Central” (Altamirano *et al.,* 2013) el cual dentro de sus resultados indica que la distancia a las ciudades se asocia negativamente con la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales, mostrando la fuerte influencia que tienen las actividades humanas en la ocurrencia de incendios en Chile Central. Además, señala que existe una mayor probabilidad de ocurrencia de incendios en zonas localizadas preferentemente en la zona oeste de Chile central debido entre otros factores a que es una de las áreas más turísticas en Chile, recibiendo un alto número de visitantes cada año, especialmente en verano.

Estos resultados indican la importancia de reforzar las actividades de monitoreo y control de incendios forestales al interior y en áreas colindantes a las ASP ubicadas en el sector de la costa de la zona centro de Chile, especialmente durante la época estival, donde adicional a las condiciones meteorológicas favorables para la propagación y ocurrencia de grandes incendios existe un mayor riesgo de ocurrencia por actividades humanas.

- **Origen y causa de los Incendios Forestales de Magnitud en Áreas Silvestres Protegidas.**

Respecto a las causas y ubicación de los puntos de inicio de los incendios que han afectado las áreas protegidas, las causas específicas más frecuentes que iniciaron IFM correspondieron al "Uso de fuego por transeúntes" y "Incendios intencionales". Junto con ello, la ubicación de los puntos de inicio de los IFM se localizó en su mayoría fuera de los límites administrativos de las áreas silvestres analizadas (31 IFM tuvieron su origen fuera del límite administrativo). Estos resultados en conjunto pueden servir de apoyo para el análisis y la toma de decisiones futuras de zonificación de cada área silvestre, específicamente para definir zonas de amortiguación en los alrededores de los límites administrativos de cada ASP. Dentro de estas zonas debieran concentrarse las actividades de prevención de incendios (patrullaje preventivo, silvicultura preventiva, educación ambiental, entre otras) y la detección temprana para el control de incendios forestales (instalación de torres de observación, observación remota de focos de incendios, entre otras). Complementando lo mencionado anteriormente, en futuros estudios dentro de estas zonas, debiese profundizarse en las razones que subyacen a las causas del origen del incendio ("Uso de fuego por transeúntes" y "Incendios intencionales".) para así comprender de mejor forma los motivos de la conducta de los habitantes y así focalizar de manera más efectiva los esfuerzos de prevención.

- **Ecosistemas afectados por Incendios Forestales de Magnitud en Áreas Silvestres Protegidas. Ecosistemas en riesgo, reiteración y daño permanente.**

Si bien en los ecosistemas nativos de Chile central es poco el conocimiento de los efectos permanentes que pueden tener los incendios forestales, algunos de los estudios de efectos del fuego sobre los sistemas naturales indican cambios que son importantes para la conservación de la biodiversidad de un área determinada. En los diferentes estudios que se han encontrado con relación a los efectos post fuego sobre los ecosistemas en la zona centro del país (Armesto y Gutiérrez, 1978; Araya. y Ávila, 1981; Montenegro *et al*., 1983; Villaseñor y Sáiz, 1993; Quintanilla y Castro, 1998; Quintanilla y Reyes, 1999; Montenegro *et al.,* 2004) es posible observar que dentro de los principales efectos que pueden provocar alteraciones a la conservación de un ecosistema se encuentran: cambios en la estructura y fisonomía del paisaje preexistente antes del fuego, cambios en la densidad y cobertura de especies, aparición de especies introducidas, degradación y hasta eliminación de comunidades vegetales, efectos negativos tanto en los patrones sucesionales como en la diversidad vegetal y alteración en la

regeneración de algunas especies vegetales. A su vez, la mayoría de estas publicaciones indican que el nivel y permanencia en el tiempo de estos efectos dependen principalmente de factores como: las características propias de cada planta para resistir el fuego (adaptaciones morfológicas), la severidad del incendio y la reiteración del incendio en una misma área.

Si bien es cierto que no forma parte de los objetivos del presente proyecto de grado el caracterizar los efectos permanentes de los incendios forestales sobre los ecosistemas naturales dentro de las ASP, los resultados igualmente nos permiten identificar de forma indirecta la posible existencia de cambios y daños en el largo plazo que podrían tener incidencia en la conservación de ecosistemas amenazados. Esto debido a que los resultados permitieron identificar y caracterizar el área quemada, junto con la severidad al interior del perímetro del incendio y además la posibilidad de identificar la recurrencia de IFM en un mismo sector. Dentro de los ecosistemas afectados con niveles de severidad importantes (Severidad media y Severidad alta) y con reiteración de IFM se encontraron 5 pisos de vegetación distribuidos en 8 unidades de ASP diferentes. La mayor parte de estos ecosistemas afectados se encuentra bajo algún nivel de riesgo de acuerdo a la clasificación del Ministerio del Medio Ambiente (Pliscoff, 2015).

Estos resultados, como primera etapa de evaluación del daño a causa de IFM en ASP, son un aporte al escaso conocimiento que existe actualmente sobre esta materia en Chile. Esta información debiese ser complementada mediante levantamiento y análisis de información en terreno con el fin de conocer y caracterizar en detalle cuales han sido los cambios provocados por la reiteración y severidad de IFM en estos sectores al interior de las ASP y así identificar como ha sido el cambio de estos ecosistemas (cambios irreversibles, o si existe una recuperación en el tiempo, cambios significativos en la estructura, cobertura y composición de las especie, etc.) y en función de este tipo de análisis generar información que permita conocer de mejor forma la respuesta de los ecosistemas nativos de Chile central ante este tipo de siniestros.

- **Daños a la conservación de los suelos, efectos sobre la atmósfera y calidad del agua.**

La superficie total con daños a la conservación de los suelos a causa de IFM corresponde a 1.783,8 ha. Esta área afectada representa un valor bajo al considerar la superficie total de área cubierta con vegetación al interior de las ASP y el horizonte de tiempo analizado. Se debe tener presente que este valor se obtuvo a partir de las variables pérdida de cobertura vegetal y

pendiente (>45%), siendo esta última variable considerada por la relación que tiene con la mayor susceptibilidad de erosión de los suelos al encontrarse descubierta. Sin embargo, pendientes menores (a las definidas en el método) que tengan pérdida de cobertura vegetal también pueden ser suelos susceptibles a la erosión, sobre todo al considerar los efectos adicionales a la pérdida de cobertura vegetal que tienen los incendios forestales sobre el suelo como son la lixiviación de nutrientes (Rosales-Rodríguez *et al*., 2018), problemas con la infiltración del agua, el aumento del flujo superficial del agua e hidrofobicidad (Shakesby, 2011; Caon, 2014). De igual forma los efectos sobre la calidad del agua evaluados a través de la superficie de vegetación ribereña afectada por IFM también pueden ser considerados como un área con poca afectación (424,5 ha) al tener presente la superficie total de área cubierta con vegetación al interior de las ASP y el horizonte de tiempo analizado. Sin embargo, se debe considerar que además de la influencia que presenta la vegetación ribereña afectada sobre la calidad del agua de los cursos de agua colindantes, existen otros tipos de efectos causados sobre la calidad del agua a causa de los incendios forestales que no han sido evaluados en el presente proyecto de grado, como son los cambios producidos a nivel de las cuencas hidrográficas y que influyen sobre el ciclo hidrológico. Estos cambios se manifiestan a través de las modificaciones que podría producir este tipo de siniestros sobre las tasas de infiltración (disminución), sobre cambios en la disponibilidad de agua y el aumento del escurrimiento superficial (Lloret y Zedler, 2009) lo cual también tiene directa relación con la calidad del agua.

Por lo tanto, se debe tener en cuenta que estos resultados permiten tener una referencia de los sectores con mayor daño a la conservación de suelos y calidad del agua y es donde debiesen focalizarse los esfuerzos para recuperar estas áreas y disminuir el daño en el tiempo, pero no dimensiona la totalidad de superficie de suelos y calidad de agua afectados a causa de los IFM.

Referente a las emisiones de CO_2 a causa de los IFM es posible observar que a pesar de que ASP son reconocidas por ser importantes sumideros de carbono, estas también pueden ser fuentes de emisiones de gases. La conservación de estas áreas permite la presencia de bosques permanentes, lo cual es una de las condiciones que dan ventaja en el almacenamiento de carbono por sobre otras áreas que no están bajo alguna figura de conservación, siendo estas últimas en muchos casos sometidas a cambios en el uso del suelo (deforestación, sustitución de bosque nativo) (Cano *et al.,* 2016). A pesar de que las ASP no se encuentran sometidas a estas amenazas, la característica de sumidero de carbono no siempre es así, ya que en muchos casos la degradación del bosque y alteraciones externas como los incendios forestales pueden terminar convirtiendo los sumideros en fuentes de emisiones. A pesar de que

no fue parte de los objetivos del presente estudio el determinar el balance neto de carbono (pérdidas o ganancias) de la vegetación presente en las ASP, si es posible evidenciar la influencia que tienen los incendios forestales en transformar áreas que pudieron ser sumideros de carbono en áreas emisoras de carbono debido a la combustión de la vegetación. Al observar los resultados del presente proyecto de grado, en los últimos años se han visto afectadas más de 10.000 ha de vegetación al interior de las ASP de la zona centro del país con una cantidad estimada de 207.786 tCO_2 liberadas a la atmósfera. Estos valores son aún más preocupantes, si se considera que investigaciones en la zona central del país indican que los montos máximos de stock de carbono del Bosque esclerófilo están siendo cada vez menores y que en el futuro bajo el escenario del cambio climático se prevé una mayor presión sobre estos ecosistemas, elemento que ayudaría en la degradación de su stock de carbono (Pliscoff, 2012).

7 CONCLUSIONES

El procesamiento de imágenes satelitales en conjunto con la base histórica de puntos de inicio de incendios permitió elaborar una cartografía del área quemada para los Incendios Forestales de Magnitud ocurridos durante un periodo de 20 años (2000 al 2020). Esta cartografía posibilitó discriminar con precisión el área quemada para los sectores ubicados dentro y alrededor de las áreas silvestres protegidas de Chile central. A su vez, esta información espacial fue la base para identificar y caracterizar la frecuencia, la severidad, el origen y las causas de estos siniestros junto con permitir identificar los daños y los efectos sobre la conservación de suelos, la pérdida de biomasa forestal, las formaciones vegetales, la atmósfera y la calidad del agua.

Como resultado de este análisis histórico se identificaron un total de 35 incendios con afectación a las ASP de Chile central, los que a su vez afectaron 17 unidades del SNASPE y Santuarios de la Naturaleza, siendo el P.N. Las Palmas de Cocalán y la R.N. Lago Peñuelas las que presentaron el mayor número de ocurrencias, mientras que las unidades S.N. Quebrada de Plata y P.N. Las Palmas de Cocalán fueron las de mayor superficie afectada. Adicionalmente, un total de 8 unidades presentaron reiteración de IFM, es decir tuvieron afectación en la misma superficie en distintos periodos (traslape o superposición de área quemada).

Respecto al origen y causa de los incendios de magnitud, la mayor parte de los puntos de inicio de estos siniestros se localizaron fuera de los límites administrativos de las ASP y tuvieron su inicio en formaciones de bosque nativo y plantaciones, siendo las causas más frecuentes que iniciaron estos siniestros el “Uso de fuego por transeúntes” e “Incendios intencionales”. En relación con los principales daños y efectos causados, 16 ecosistemas fueron afectados por IFM, de los cuales 12 se encuentran bajo un nivel de riesgo importante. Adicionalmente, para los efectos sobre la calidad del agua se registró un total de 424,5 ha de vegetación ribereña afectada, mientras que un total de 15 unidades registraron daños a la conservación de los suelos. En cuanto a las emisiones de CO_2, se contabilizó un total de 207.786 tCO_2 liberados a la atmósfera.

Los resultados permitieron proponer cuatro diferentes directrices para el manejo y conservación de las áreas silvestres protegidas, las cuales se enfocaron a la reducción de ocurrencias, la prevención de Incendios Forestales de Magnitud y el manejo post incendio.

Finalmente, este tipo de estudio debiese ser considerado como una herramienta de apoyo en el marco de la nueva institucionalidad que actualmente se propone para la administración del

sistema nacional de áreas protegidas, específicamente en la relación al manejo de la amenaza de incendios forestales sobre estas áreas de conservación.

8 BIBLIOGRAFÍA

ALTAMIRANO A., SALAS C., YAITUL V., SMITH-RAMIREZ C. y ÁVILA A. 2013. Influencia de la heterogeneidad del paisaje en la ocurrencia de incendios forestales en Chile Central. Revista de Geografía Norte Grande (55):157-170.

ALLOZA J., GARCIA S., BAEZA J., GIMENO T., VALLEJO V., ROJO L. y MARTINEZ A. 2014. Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación. Madrid, España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 188p.

ARAYA S. y ÁVILA G. 1981. Rebrote de arbustos afectados por fuego en el matorral chileno. Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (14):107-113.

ARMESTO J. y GUTIÉRREZ J. 1978. El efecto del fuego en la estructura de la vegetación de Chile central. Anales del Museo de Historia Natural (11):43-48.

ARROYO M. 1999. Criterios e indicadores para la conservación de la biota de los ecosistemas mediterráneos. Revista Chilena de Historia Natural 72(4):473-474.

BIRK E. y SIMPSON R. 1980. Steady state and the continuous input model of litter accumulation and decomposition in Australian eucalypt forests. Ecology (61):481-485.

CANO J., SARTORI A., QUINTANILLA O. y VERÓNICA OYARZÚN V. 2016. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal Subnacional de Chile. Santiago, Chile. CONAF. 128p.

CAON L., VALLEJO V. R., RITSEMA C. J., y GEISSEN V. 2014. Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems. Earth-Science Reviews (139):47-58.

CASTILLO M. 2012. Los incendios forestales en chile un problema permanente y creciente. Ambiente Forestal (12):30-34.

CASTILLO M., GARFIAS R., GUILLERMO J. y GONZÁLEZ L. 2012. Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile. Interciencia 37(11):796-804.

CASTILLO M., GARFIAS R., JULIO G. y CORREA L. 2013. Incendios forestales en Chile. Análisis general de riesgos. En: 'Riscos: Naturais, Antrópicos e Mistos'. Portugal. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra. Portugal. pp.639-650; 667-678.

CEBALLOS G. y EHRLICH P. 2006. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. Proceedings of the National Academy of Sciences (103):19374-19379.

CHARALABOS K., SIFAKIS N. y PAPOUTSIS I. 2015. Wildfire Rapid Detection and Mapping and Post-fire Damage Assessment in Greece. Earthzine magazine (4):1-8.

CHUVIECO E. 2009. Detección y análisis de incendios forestales desde satélites de teledetección. Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 103(1):173-181.

CHUVIECO E., MOUILLOT F., VAN DER WERFC G., SAN MIGUEL J., TANASEA M., KOUTSIASE N., GARCÍA M., YEBRAF M., PADILLAG M., GITASH I., HEILI A., HAWBAKERJ T. y GIGLIOK L. 2019. Historical background and current developments for mapping burned area from satellite Earth observation. Remote Sensing of Environment (225):45-64.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 1986. Plan de manejo reserva forestal Lago Peñuelas. Valparaíso, CONAF. 179p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 1999a. Programa para la conservación de la flora y fauna silvestre amenazada de Chile. Santiago, Chile. CONAF. 129p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 1999b. Plan de Manejo Reserva Nacional Lago Peñuelas. Valparaíso, Chile. CONAF. 100p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2013. CONAF en las Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Conservando la flora y fauna amenazada. Santiago, Chile. CONAF. 155p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2014. Restauración ecológica en Áreas Silvestres Protegidas del Estado experiencias y desafíos que contribuyen a la conservación de la diversidad biológica del país. Santiago, Chile. CONAF. 20p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2015. Plan de protección contra incendios forestales para la comuna de Puerto Varas región de Los Lagos. Puerto Montt, Chile. CONAF. 33p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2017. Manual para la planificación del manejo de las áreas protegidas del SNASPE. Santiago, Chile. CONAF. 230p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2018a. [en línea] <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/> [consulta: 11 julio 2019].

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2018b. Estado de la vegetación (análisis ganancia y pérdida NDVI .En: PRESENTACIÓN PERSPECTIVA trimestral. Santiago, Chile. CONAF. 50p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2018c. Efectos del Cambio Climático en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Santiago, Chile. CONAF. 76p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2019a. Análisis temporada 2018-2019. En: CURSO TÉCNICAS de prevención y análisis de incendios forestales: 16 y 17 de mayo de 2019. Talca, Chile. CONAF. 55p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2019b. Informe Cuenta Pública Participativa Gestión 2019. Santiago, Chile. CONAF. 86p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2020a. [en línea] <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/> [consulta: 10 diciembre 2020].

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2020b. [en línea] <https://www.conaf.cl/parques-nacionales/normativa-y-reglamento/planes-de-manejo-santuario-de-la-naturaleza/> [consulta: 15 diciembre 2020].

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2021a. [en línea] <http://www.parquesnacionales.cl/que-es-el-snaspe/#1510943255251-18331449-35cc> [consulta: 05 enero 2021].

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2021b. Protocolo para la planificación y ejecución de patrullajes preventivos ante incendios forestales. En: PRESENTACIÓN PROTOCOLO para la planificación y ejecución de patrullajes preventivos. Santiago, Chile. CONAF. 6p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2021c. Análisis de Riesgo por Incendios Forestales Atacama a Magallanes. En: PRESENTACIÓN DE Análisis de Riesgo por Incendios Forestales a nivel nacional. Santiago, Chile. CONAF. 50p.

CONAF-CONAMA-BIRF. 1997. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile. 89p.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. 2006. Restauración de zonas incendiadas en Andalucía. Sevilla, España. Consejería de Medio Ambiente. 267p.

CR2 (CENTRO DE CIENCIA DEL CLIMA Y LA RESILIENCIA). 2015. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro. Informe a la Nación. Santiago, Chile. CR2. 27p.

DE GROOT W., FLANNIGAN M. y STOCKS B. 2012. El Cambio Climático y los Incendios Forestales. En: CUARTO SIMPOSIO Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de

los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales. Ciudad de México, México. On fire economics, planning and policy. 12p.

DE SANTIS A. y CHUVIECO E. 2009. GeoCBI: a modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data. Remote Sensing of Environment 113(3):554-562.

DE SANTIS A., ASNER G. P., VAUGHAN P. J. y KNAPP D. E. 2010. Mapping burn severity and burning efficiency in California using simulation models and Landsat imagery. Remote Sensing of Environment 114(7):1535-1545.

DÍAZ-HORMAZÁBAL I. y GONZÁLEZ M.E. 2016. Análisis espacio-temporal de incendios forestales en la región del Maule, Chile. Bosque 37(1):147-158.

DI CASTRI F. 1973. Climatographical comparison between Chile and the western coast of North America. En: Mediterranean-type ecosystems: origins and structure. Berlin, Germany. Springer-Verlag. pp.21-36.

DINERSTEIN E., OLSON D.M., WEBSTER A.L., PRIMM S.A., BROOKBINDER M.P. y LEDEC G. 1995. A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. Washington, D. C., USA. The World Bank. 152p.

DMC (DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE). 2020. [en línea] <http://blog.meteochile.gob.cl/2020/06/01/2020-un-nuevo-ano-de-megasequia/> Consulta:

[20 agosto 2020].

DUDLEY N. 2008. Guidelines for Applying Protected Área Management Categories. Gland, Switzerland. International Union for Conservation of Nature. 143p.

EARTH LAB. 2018. [en línea] <https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/multispectral-remote-sensing-modis/normalized-burn-index-dNBR/> [consulta : 15 agosto 2019].

EIDENSHINK J., SCHWIND K., BREWER Z., QUAYLE B. y HOWARD S. 2007. A project for monitoring trends in burn severity. Fire Ecology 3(1):3-21.

ELÓRTEGUI S. y MOREIRA-MUÑOZ A. 2002. Parque Nacional La Campana: Origen de una Reserva de la Biósfera en Chile Central. Santiago, Chile. Taller La Era. 176p.

ESA (EUROPEAN SPACE AGENCY). 2015. Sentinel-2 User Handbook. ESA Standard Document. 64p.

FERNÁNDEZ I., MORALES N., OLIVARES L., SALVATIERRA J., GÓMEZ M. y MONTENEGRO G. 2010. Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Santiago, Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, PUC. 162p.

FIGUEROA E. 2010. Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile. Santiago, GEF-MMA-PNUD. 233p.

FIGUEROA N. y VERGARA F. 2018. Reserva Nacional China Muerta: Consideraciones en torno a la conservación biocultural de la naturaleza, los incendios forestales y la herida colonial en territorios indígenas. Cultura-hombre-sociedad 28(1):102-127.

GALLEGUILLOS M., CASTILLO I. y MONCADA M. 2020. Impactos en la biodiversidad en la zona mediterránea de Chile. En: Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Santiago, Chile. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. pp.39-42.

GAYOSO J. y GAYOSO S. 2003. Diseño de zonas ribereñas: Requerimientos de un ancho mínimo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 12p.

GOBIERNO DE CHILE. 2017. Estrategia para el Fortalecimiento de la Gestión en Incendios Forestales. Santiago, Chile. Ministerio del Interior y Seguridad Pública. 40p.

GONZÁLEZ M.E., LARA A., URRUTIA R. y BOSNICH J. 2011. Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33º - 42º S). Bosque 32(3):215-219.

GREUTER W. 1995. Extinctions in Mediterranean areas. Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences (344):41-46.

HALTENHOFF H. 2010. Los grandes incendios forestales en Chile 1985-2009. Documento de Trabajo N°539. Santiago, Chile. CONAF. 79p.

HAUENSTEINA A., MUÑOZ-PEDREROS A., YÁNEZ J., SÁNCHEZ P., MÖLLER P., GUIÑEZ B. y GIL C. 2009. Flora y vegetación de la Reserva Nacional Lago Peñuelas, Reserva de la Biósfera, Región de Valparaíso, Chile. Bosque 30(3):159-179.

IDE (Infraestructura de Datos Espaciales). 2020. [en línea] <https://www.ide.cl/index.php/noticias/item/966-corporacion-nacional-forestal-conaf-dispone-

informacion-territorial-vinculada-a-incendios-forestales-y-uso-de-suelo> [consulta: 03 diciembre 2020].

INSTITUTO NACIONAL DE TÉCNICA AEROESPACIAL. 2017. [en línea] <http://www.inta.es/opencms/export/sites/default/INTA/es/blogs/copernicus/BlogEntry_1500630790681> [consulta: 12 agosto 2019].

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4: Agriculture, forestry and other land use. Kanagawa, Japan. Institute for Global Environmental Strategies. pp 42-49.

JULIO G., CASTILLO M. y PEDERNERA P. 1995. Modelación de combustibles. En: ACTAS DEL Taller Internacional sobre Prognosis y Gestión en control de incendios Forestales. Santiago, Chile. pp. 111-127.

KEY C. y BENSON N. 2006. Landscape assessment: Sampling and analysis methods: Firemon: Fire effects monitoring and inventory system. General Technical Report. USDA. Vegetation fire emissions and their impact on air pollution and climate. Atmospheric Environment (43):107-116.

LEE C., SCHLEMME C., MURRAY J. y UNSWORTH R. 2015. The cost of climate change: Ecosystem services and wildland fires. Ecological Economics (116):261-269.

LENA B.M., PINAY G., FUGLSANG A. y RUFFINONI C. 1995. Structure and function of buffer strips from a water quality perspective in agricultural landscapes. Landscape and Urban Planning 31(1-3):323-331

LENTILE L.B., HOLDEN Z. A., SMITH S., FALKOWSKI M. J., HUDAK A. T., MORGAN,P., LEWIS S. A., GESSLER P. E. y BENSON N. C. 2006. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. International Journal of Wildland Fire 15(3):319-345.

LUEBERT F. y PLISCOFF P. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 316p.

LLORET F., y ZEDLER P. 2009. Fire effects on soils and restoration strategies. En: The effect of forest fire on vegetation. New Hampshire, Science Publishers Inc. pp.257-295.

LLOVERÍA R., PÉREZ-CABELLO F., GARCÍA-MARTÍN A., VLASSOVA L. y DE LA RIVA FERNÁNDEZ J. 2014. La severidad del fuego: Revisión de conceptos, métodos y efectos ambientales. Geoecología, cambio ambiental y paisaje (1):427-440.

LYON L., TELFER E. Y SCHREINER D. 2000. Direct effects of fire and animal responses. En: SMITH J.K. Wild land fire in ecosystems: effects of fire on fauna. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp. 17–23.

MARDONES G. 1998. Representatividad Biogeográfica del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Revista Geográfica de Chile Terra Australis (43):31–44.

MARQUET P., ALTAMIRANO A., ARROYO M., FERNÁNDEZ M., GELCICH S., GÓRSKI K., HABIT E., LARA A., MAASS A., PAUCHARD A., PLISCOFF P., SAMANIEGO H. y SMITH-RAMÍREZ C. 2019. Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago, Chile. Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 318p.

MELLA J. y SIMONETTI J. 1994. Representación de poblaciones viables: Conservación de mamíferos en las áreas silvestres protegidas de Chile. Santiago, Chile. Ambiente y Desarrollo (10):72-78.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2016. Informe del estado del medio ambiente. Santiago, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. 553p.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2020a. [en línea] <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/> [consulta: 22 agosto 2020].

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2020b. [en línea] <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=10> [consulta: 22 agosto 2020].

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2021. [en línea] <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/areas-protegidas/> [consulta: 21 enero 2021].

MONTENEGRO G., ÁVILA G. y SCHATTE P. 1983. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean matorral. Canadian Journal of Botany 61(6):1804-1808.

MONTENEGRO G., GINOCCHIO R., ALEJANDRO S., KEELY J. y GÓMEZ M. 2004. Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. Revista chilena de historia natural 77(3):455-464.

MUÑOZ-PEDREROS A., GIL C., YÁÑEZ J. y RAU J. 2010. Raptor habitat management and its implication on the biological control of the Hantavirus. European Journal of Wildlife Research (56):703-715

MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G. y KENT J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature (403):853-858.

NWCG (NATIONAL WILDFIRE COORDINATION GROUP). 2008. [en línea] <https://www.nfpa.org/-/media/Files/Training/certification/CWMS/S-190-Intro-to-Wildland-Fire-Behavior.ashx.> [consulta: 22 agosto 2020].

NAVARRO R., OLAVE F., HAYA A. y CASTILLO M. 2015. Metodología para la elaboración de un plan de restauración postincendio en Chile: La experiencia del Parque Nacional de Torres del Paine. Anales Instituto Patagonia 43(1):53-73.

PARR C. y ANDERSEN A. 2006. Patch mosaic burning forbiodiversity conservation: a critique of the pyrodiversityparadigm. Conservation Biology (20):1610-1619.

PEÑA-FERNÁNDEZ E. y VALENZUELA-PALMA L. 2004. Incremento de los Incendios Forestales en Bosques Naturales y Plantaciones Forestales en Chile. En: SEGUNDO SIMPOSIO internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global. Córdoba, España. 18p.

PEW K. y LARSEN C. 2001. GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada. Forest Ecology and Management 140(1):1-18.

PLISCOFF P., ARROYO M. y CAVIERES L. 2012. Predicciones de cambios en los principales tipos de vegetación de Chile bajo cambio climático basados en un estudio preliminar: Modelos, incertidumbres y adaptación de la investigación para un mundo de biodiversidad dinámica. Anales Instituto Patagonia 40(1): 81-86.

PLISCOFF P. 2015. Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Santiago, Chile. Ministerio del Medio Ambiente. 63p.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2015. Conservando el patrimonio natural de Chile el aporte de las áreas protegidas. Santiago, Chile. Asociación Kauyeken. 132p.

QUINTANILLA V. 1996. Alteraciones por el fuego en la cordillera de la Costa de Chile mediterráneo. Antecedentes en un parque nacional. Pirineos (147):97-113.

QUINTANILLA V. y CASTRO R. 1998. Seguimiento de las cubiertas vegetales postincendios en la zona mediterránea costera de Chile". Serie Geográfica (7):147-154.

QUINTANILLA V. y REYES C. 1999. Modificaciones por efecto del fuego en el bosque esclerófilo de quebradas húmedas de Chile central y su incidencia en la palma chilena. Revista Geográfica de Chile (44):7-18.

QUINTANILLA V. 2000. Influencia del fuego en el desequilibrio ecológico de la vegetación en la zona mediterránea de Chile: casos de estudio. Investigación geográfica (34):1-14.

ROSALES-RODRÍGUEZ J., ESQUIVEL-SEGURA E., MACEVEDO-TAPIA M., GONZÁLEZ-ORTEGA M. y CARTES-RODRÍGUEZ E. 2018. Situación pre y post-incendio, de un ecosistema del tipo forestal Roble-Hualo, Región del Maule, Chile. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 16(38):55-68.

SAIZ F. 1993. Incendios Forestales en el Parque Nacional La Campana, Sector Ocoa, V Región, Chile. Problema e Incidencia de Incendios Forestales en Chile. Anales del Museo de Historia Natural Valparaíso 21(1):5-13.

SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería). 2003. MAPA GEOLOGICO DE CHILE: VERSION DIGITAL. Chile. Subdirección Nacional de Geología. Esc. 1:1.000.000.

SHAKESBY R. A. 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions. EarthScience Reviews 105(3):71-100.

SIMONETTI J. 1999. Diversity and conservation of terrestrial vertebrates in mediterranean Chile. Revista Chilena de Historia Natural (72):493-500.

STEPHENS S. 2005. Forest fire causes and extent on United States Forest Service Lands. International Journal of Wildland Fire (14):213–222.

ÚBEDA X. y FRANCOS M. 2018. Incendios forestales. Un fenómeno global. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Universitat de Barcelona 23(1.253):1-8.

VALENCIA D., SAAVEDRA J., BRULL J. y SANTELICES R. 2018. Severidad del daño causado por los incendios forestales en los bosques remanentes de Nothofagus alessandrii Espinosa en la Región del Maule de Chile. Gayana Botánica 75(1):531-534.

VIDAL P., DE SANTIS A., PÉREZ W. y HONEYMAN P. 2017. Use of remote sensing tools for severity analysis and greenhouse gases estimation in large forest fires. Case study of La Rufina forest fire, VI Region of L. G. B. O´Higgins, Chile. Revista de Teledetección (50): 59-69.

VILLASEÑOR R. y SAIZ F. 1993. Incendios forestales en el Parque Nacional la Campana sector Ocoa, V region, Chile. Efecto sobre el estrato arbustivo-arbóreo. Anales del Museo de Historia Natural Valparaíso 21(1):15-26.

WEBER C. 1986. Conservación y uso racional de la naturaleza, en áreas protegidas. Ambiente y Desarrollo (2):165-181.

9 ANEXOS

Anexo 9-1. Antecedentes de IFM con afectación a ASP.

Nombre incendio	Temporada	Causa	Coordenadas inicio		Superficie total	Superficie en ASP**
			UTM E	UTM N		
CAJÓN DE ACULEO	2000-2001	Desconocida	Sin info.*	Sin info.*	229,4	229,3
LOMA NEGRA	2003-2004	Desconocida	261500 E	6334500 S	630,9	185,9
RESERVA LONCHA	2005-2006	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	310500 E	6222500 S	208,9	208,9
DUNAS CHANCO	2007-2008	Faenas forestales	720763 E	6052607 S	263,9	100,8
R.N.LOS GUANACOS	2008-2009	Incendios de causa desconocida	267500 E	6324500 S	396,6	396,5
PELUMPEN	2009-2010	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	301500 E	6344500 S	217,4	122,9
LOS BRONCES	2009-2010	Incendios intencionales	312500 E	6212500 S	1.922,0	1.593,3
LOS MOLLES	2009-2010	Actividades recreativas	253500 E	6337500 S	370,1	109,6
LA PALMERIA	2010-2011	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	304500 E	6215500 S	2.043,7	1.313,2
PALMAS DE COCALÁN	2010-2011	Faenas agrícolas y pecuarias	304500 E	6214500 S	242,0	242,0
ALTOS CANTILLANA	2011-2012	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	318500 E	6248500 S	404,9	175,4
HIJUELA MEDIO	2013-2014	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	309980 E	6213006 S	245,2	245,2
RINCONADA MAIPU	2013-2014	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	325012 E	6290674 S	1.066,3	632,7
LA PALMERIA	2014-2015	Faenas agrícolas y pecuarias	303404 E	6213980 S	595,0	564,4
LA PALMERIA 2	2014-2015	Accidentes eléctricos	304822 E	6214749 S	254,3	10,5
TRANQUE PITAMA	2014-2015	Actividades recreativas	270498 E	6318513 S	505,4	46,9
CURVA EL PARQUE	2014-2015	Quema de desechos	260036 E	6334439 S	561,1	1,1
EL TREBAL	2015-2016	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	323323 E	6288919 S	263,3	63,7
SECTOR EL ASIENTO	2015-2016	Incendios intencionales	330865 E	6383119 S	759,2	759,2
CAJON DE PEJERREYES	2016-2017	Quema de desechos	295901 E	6008007 S	199,8	130,2
CUESTA BARRIGA	2016-2017	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	321922 E	6287989 S	481,6	124,5
TALAMI	2016-2017	Faenas agrícolas y pecuarias	316425 E	6230260 S	8.050,6	692,5

Nombre incendio	Temporada	Causa	Coordenadas inicio		Superficie total	Superficie en ASP**
			UTM E	UTM N		
LAS MAQUINAS	2016-2017	Incendios de causa desconocida	745497 E	6029554 S	192.157,5	523,1
LLEPO	2016-2017	Incendios intencionales	275881 E	6019267 S	2.760,7	326,5
PARCELA REGIMIENTO MAIPO	2016-2017	Incendios intencionales	252656 E	6336937 S	262,3	260,7
RUTA LAS PALMAS	2016-2017	Incendios intencionales	262614 E	6336197 S	443,8	136,7
CUESTA LO PRADO	2016-2017	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	321264 E	6295703 S	3.511,7	1.819,8
PEAJE PICHIDANGUI 2	2017-2018	Tránsito de personas , vehículos o aeronaves	262426 E	6437750 S	463,3	420,9
FUNDO SANTA ROSA	2018-2019	Faenas agrícolas y pecuarias	311215 E	6255099 S	336,4	109,1
CUESTA LLAMPAIQUILLO	2019-2020	Actividades recreativas	257949 E	6322365 S	2.524,9	84,5
MELOSILLA	2019-2020	Incendios intencionales	268411 E	6322619 S	1.048,9	1.048,9
PARRAL PUREN 1	2019-2020	Incendios intencionales	308516 E	6205857 S	521,0	196,2
ANTENAS DE QUINTAY	2019-2020	Incendios intencionales	262640 E	6324453 S	217,2	161,7
TRANQUE EL PERAL	2019-2020	Incendios de causa desconocida	262733 E	6332377 S	500,8	27,3
AGUA FRÍA	2019-2020	Incendios intencionales	311694 E	6085450 S	14.986,9	123,1

* No existe información de donde comenzó el incendio forestal.

**Considera franja colindante.

Anexo 9-2. Caracterización de IFM dentro del área de estudio.

Temporada	Nº de ASP afectadas por temporada	Nº Incendios que afectaron ASP	Superficie total afectada por IFM (ha)	Superficie afectada en ASP (ha)
2000-2001	1	1	229,4	229,4
2001-2002	0	0	0,0	0,0
2002-2003	0	0	0,0	0,0
2003-2004	1	1	630,9	185,9
2004-2005	0	0	0,0	0,0
2005-2006	1	1	208,9	208,9
2006-2007	0	0	0,0	0,0
2007-2008	1	1	263,9	100,8
2008-2009	1	1	396,6	396,6
2009-2010	5	3	2.509,5	1.825,7
2010-2011	2	2	2.285,7	1.555,3
2011-2012	1	1	404,9	175,4
2012-2013	0	0	0,0	0,0
2013-2014	3	2	1.311,5	877,9
2014-2015	3	4	1.915,8	623,0
2015-2016	2	2	1.022,5	822,9
2016-2017	6	8	207.868,0	4.013,7
2017-2018	1	1	463,3	420,9
2018-2019	1	1	336,4	109,1
2019-2020	5	6	19.799,7	1.641,7
Total	**34**	**35**	**239.647,0**	**13.187,2**
Máximo	***6***	***8***	***207.868,0***	***4.013,7***
Mínimo	***0***	***0***	***0,0***	***0,0***
Promedio	***3,7***	***3,9***	***34.346,6***	***1.507,9***

Anexo 9-3. Listado de ASP en Chile central.

Categoría	Nombre	Categoría	Nombre
Santuario Naturaleza	El Zaino - Laguna El Copín	Santuario Naturaleza	Humedal de Tunquén
Santuario Naturaleza	Predio Santa Ines	Santuario Naturaleza	Cajón del Rio Achibueno
Santuario Naturaleza	Bosque de Calabacillo de Navidad	Santuario Naturaleza	El Ajial
Santuario Naturaleza	Humedal Río Maipo	Santuario Naturaleza	Quebrada de Plata
Santuario Naturaleza	Isla de Cachagua	Santuario Naturaleza	Quebrada de Córdova
Santuario Naturaleza	Islote o Peñón de Peña Blanca	Santuario Naturaleza	Humedal de Putu
Santuario Naturaleza	Islote Pájaros Niños	Santuario Naturaleza	Cerro Poqui
Santuario Naturaleza	Laguna El Peral	Santuario Naturaleza	rocas de constitucion
Santuario Naturaleza	Serranía el Ciprés	Reserva Nacional	El Yali
Santuario Naturaleza	Campo dunar de la punta de Concón	Reserva Nacional	Lago Peñuelas
Santuario Naturaleza	Roca Oceánica	Reserva Nacional	Rio Blanco
Santuario Naturaleza	Las Petras de Quintero y su Entorno	Reserva Nacional	Río de los Cipreses
Santuario Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	Reserva Nacional	Roblería del Cobre de Loncha
Santuario Naturaleza	Palmar El Salto	Reserva Nacional	Altos de Lircay
Santuario Naturaleza	Sector del Cerro El Roble	Reserva Nacional	Federico Albert
Santuario Naturaleza	Las Torcazas de Pirque	Reserva Nacional	Laguna Torca
Santuario Naturaleza	Predio Cascada de las Ánimas	Reserva Nacional	Los Bellotos del Melado
Santuario Naturaleza	Predios San Francisco de Lagunilla y Quillayal	Reserva Nacional	Los Queules
Santuario Naturaleza	Predio Sector "Altos de Cantillana	Reserva Nacional	Los Ruiles
Santuario Naturaleza	San Juan de Piche	Reserva Nacional	Radal Siete Tazas
Santuario Naturaleza	Horcón de Piedra	Reserva Nacional	Rio Clarillo

Categoría	Nombre	Categoría	Nombre
Santuario Naturaleza	Los Nogales	Monumento Natural	Isla Cachagua
Santuario Naturaleza	Yerba Loca	Monumento Natural	El Morado
Santuario Naturaleza	Humedal de Reloca	Parque Nacional	La Campana
Santuario Naturaleza	Laguna Torca	Parque Nacional	Las Palmas de Cocalan
Santuario Naturaleza	Predio El Morrillo	Parque Nacional	Radal Siete Tazas
Santuario Naturaleza	Alto Huemul		

Anexo 9-4. Caracterización de áreas silvestres afectadas por Incendios Forestales de Magnitud.

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Temporada	Nº incendios	Superficie afectada (ha)	Reiteración (Traslape de superficie-ha)
Santuario de la Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	2009-2010	1	109,6	43,5
		2016-2017	1	260,7	
		Total	**2**	**370,3**	
	Cajón del Rio Achibueno	2016-2017	2	456,7	0,0
		Total	**2**	**456,7**	
	Cerro Poqui	2009-2010	1	1.095,7	72,0
		2010-2011	1	0,4	
		2013-2014	1	244,7	
		Total	**3**	**1.340,8**	
	Horcón de Piedra	2000-2001	1	229,4	0,2
		2018-2019	1	109,1	
		Total	**2**	**338,5**	
	Humedal de Reloca	2007-2008	1	100,8	0,0
		Total	**1**	**100,8**	
	Palmar El Salto	2003-2004	1	185,9	95,5
		2014-2015	1	1,1	
		2016-2017	1	136,7	
		2019-2020	1	3,2	
		Total	**4**	**326,9**	
	Predio Santa Inés*	2017-2018	1	420,9	0,0
		Total	**1**	**420,9**	
	Predio Sector "Altos de Cantillana"	2011-2012	1	175,4	0,0
		Total	**1**	**175,4**	
	Quebrada de Plata	2013-2014	1	632,7	618,2
		2015-2016	1	63,7	
		2016-2017	2	1.944,1	
		Total	**4**	**2.640,5**	
	Serranía el Ciprés	2015-2016	1	759,2	0,0
		Total	**1**	**759,2**	
Total categoría Santuario de la Naturaleza			**21**	**6.930,0**	**--**
Parque Nacional	La Campana	2009-2010	1	122,9	0,0
		Total	**1**	**122,9**	

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Temporada	Nº incendios	Superficie afectada (ha)	Reiteración (Traslape de superficie-ha)
	Las Palmas de Cocalán	2009-2010	1	11,9	123,1
		2010-2011	2	1.554,9	
		2013-2014	1	0,5	
		2014-2015	2	574,9	
		2019-2020	1	196,2	
		Total	**7**	**2.338,4**	
	Radal Siete Tazas	2019-2020	1	114,6	0,0
		Total	**1**	**114,6**	
Total categoría Parque Nacional			**9**	**2.575,9**	**--**
Reserva nacional	Lago Peñuelas	2008-2009	1	396,6	364,4
		2014-2015	1	47,0	
		2019-2020	4	1.319,2	
		Total	**6**	**1.762,8**	
	Los Ruiles	2016-2017	1	523,1	0,0
		Total	**1**	**523,1**	
	Radal Siete Tazas	2019-2020	1	8,5	0,0
		Total	**1**	**8,5**	
	Roblería del Cobre de Loncha	2005-2006	1	208,9	60,6
		2009-2010	1	485,6	
		2016-2017	1	692,4	
		Total	**3**	**1.386,9**	
Total categoría Reserva Nacional			**11**	**3.681,3**	**--**
		Total	**41,0 ****	**13.187,2**	
		Máximo	***7,0***	***2.640,5***	
		Mínimo	***1,0***	***8,5***	
		Promedio	***2,4***	***775,7***	

* El área del Predio Santa Inés comparte superficie en la V región y IV región, por esta razón el IFM en este santuario se considera administrativamente como parte de la V región.

** El valor es superior al total de IFM registrados (35) debido a situaciones donde un mismo IFM afectó a 2 o más unidades de ASP.

Anexo 9-5. Distribución regional de Incendios Forestales de Magnitud en ASP.

Región	Temporada	Nº Incendios*	Superficie afectada ASP (ha)
Valparaíso	2003-2004	1	185,9
	2008-2009	1	396,6
	2009-2010	2	232,5
	2014-2015	2	48,1
	2015-2016	1	759,2
	2016-2017	2	397,4
	2017-2018	1	420,9
	2019-2020	4	1.322,4
Total Valparaíso		**14**	**3.763,0**
Metropolitana	2000-2001	1	229,4
	2005-2006	1	208,9
	2011-2012	1	175,4
	2013-2014	1	632,7
	2015-2016	1	63,7
	2016-2017	3	2.636,5
	2018-2019	1	109,1
Total Metropolitana		**9**	**4.055,7**
O'Higgins	2009-2010	1	1.593,2
	2010-2011	2	1.555,3
	2013-2014	1	245,2
	2014-2015	2	574,9
	2019-2020	1	196,2
Total O´Higgins		**7**	**4.164,8**
Maule	2007-2008	1	100,8
	2016-2017	3	979,8
	2019-2020	1	123,1
Total Maule		**5**	**1.203,7**
Total		**35**	**13.187,2**
Máximo por temporada		***4***	***2636,5***
Mínimo por temporada		***1***	***48,1***
Promedio		***1,5***	***573,4***

* La región a la que pertenece el incendio está definida por la ubicación del punto de inicio del IFM.

Anexo 9-6. Vegetación afectada por Incendios Forestales de Magnitud en ASP por temporada.

Temporada	Formación o uso de suelo	Especie(s) dominantes	Superficie total afectada ASP (ha)	Porcentaje afectado por temporada
2000-2001	Bosque nativo – renoval	*Cryptocarya alba / Lithrea caustica*	194,5	84,8
	Matorral nativo	*Colliguaja odorifera / Trevoa trinervis*	28,1	12,2
	Matorral Arborescente	*Cryptocarya alba / Lithrea caustica*	6,7	2,9
	Formación de suculentas	*Puya chilensis / Eryngium paniculatum*	0,1	0,0
		Total temporada	**229,4**	**100,0**
2003-2004	Bosque nativo - renoval	*Acacia caven / Cryptocarya alba*	176,9	95,1
	Otros usos*	Sin identificación	9,0	4,9
		Total temporada	**185,9**	**100,0**
2005-2006	Bosque nativo - renoval	*Cryptocarya alba / Lithrea caustica*	173,5	83,0
	Formación de suculentas	*Puya coerulea*	17,6	8,4
	Matorral Arborescente	*Colliguaja odorifera / Trevoa trinervis*	12,5	6,0
	Otros usos*	Sin identificación	5,3	2,5
		Total temporada	**208,9**	**100,0**
2007-2008	Plantaciones forestales	*Eucalyptus globulus / Pinus radiata*	100,8	100,0
	Praderas	*Holcus lanatus / Taraxacum officinalis*	0,0	0,0
		Total temporada	**100,8**	**100,0**
2008-2009	Plantaciones forestales	*Eucalyptus globulus*	264,6	66,7
	Matorral Arborescente	*Acacia caven / Trevoa trinervis*	67,5	17,0
	Praderas	Sin identificación	62,9	15,9
	Bosque nativo - renoval	*Cryptocarya alba / Peumus boldus*	1,6	0,4
		Total temporada	**396,6**	**100,0**
2009-2010	Bosque nativo - renoval	*Nothofagus glauca*	1.077,9	59,0
	Formación de suculentas	*Puya chilensis / Puya coerulea*	346,1	19,0
	Matorral Arborescente	*Trevoa trinervis / Lithrea caustica*	162,9	8,9

Temporada	Formación o uso de suelo	Especie(s) dominantes	Superficie total afectada ASP (ha)	Porcentaje afectado por temporada
	Plantaciones forestales	*Eucalyptus globulus*	72,8	4,0
	Matorral nativo	*Trevoa trinervis / Baccharis linearis*	24,0	1,3
	Otros usos*	Sin identificación	142,1	7,8
		Total temporada	**1.825,8**	**100,0**
2010-2011	Bosque nativo - renoval	*Nothofagus glauca / Quillaja saponaria*	953,5	61,3
	Matorral nativo	*Trevoa trinervis / Eryngium paniculatum*	350,0	22,5
	Matorral Arborescente	*Lithrea caustica / Quillaja saponaria*	221,3	14,2
	Formación de suculentas	*Puya coerulea / Colliguaja odorifera*	22,6	1,5
	Terrenos de uso agrícola	Sin identificación	0,1	0,0
	Otros usos*	Sin identificación	7,2	0,5
		Total temporada	**1.554,8**	**100,0**
2011-2012	Matorral Arborescente	*Colliguaja odorifera / Lithrea caustica*	98,4	56,1
	Bosque nativo - renoval	*Nothofagus macrocarpa / Cryptocarya alba*	54,1	30,8
	Matorral nativo	*Colliguaja odorifera / Trevoa trinervis*	22,6	12,9
	Formación de suculentas	*Puya coerulea / Colliguaja odorifera*	0,3	0,2
	Praderas	Sin identificación	0,0	0,0
		Total temporada	**175,4**	**100,0**
2013-2014	Bosque nativo - renoval	*Cryptocarya alba / Lithrea caustica*	476,1	54,2
	Matorral Arborescente	*Colliguaja odorifera / Baccharis linearis*	288,9	32,9
	Matorral nativo	*Escallonia pulverulenta / Proustia cuneifolia*	76,0	8,7
	Praderas	Sin identificación	36,9	4,2
	Otros usos*	Sin identificación	0,0	0,0
		Total temporada	**878,0**	**100,0**
2014-2015	Bosque nativo - renoval	*Peumus boldus / Lithrea caustica*	528,8	84,9

Temporada	Formación o uso de suelo	Especie(s) dominantes	Superficie total afectada ASP (ha)	Porcentaje afectado por temporada
	Matorral nativo	*Colliguaja odorifera* / *Trevoa trinervis*	34,3	5,5
	Terrenos de uso agrícola	Sin identificación	34,2	5,5
	Praderas	Sin identificación	15,2	2,4
	Matorral Arborescente	*Trevoa trinervis* / *Lithrea caustica*	6,6	1,1
	Plantaciones forestales	*Eucalyptus globulus*	3,8	0,6
	Otros usos*	*Alstroemeria pelegrina*	0,1	0,0
		Total temporada	**622,9**	**100,0**
2015-2016	Matorral Arborescente	*Trevoa trinervis* / *Flourensia thurifera*	507,7	61,7
	Bosque nativo - renoval	*Lithrea caustica* / *Quillaja saponaria*	216,8	26,3
	Matorral nativo	*Escallonia pulverulenta* / *proustia cuneifolia*	58,8	7,1
	Bosque Nativo achaparrado	*Austrocedrus chilensis* / *Quillaja saponaria*	16,7	2,0
	Estepa andina central	Sin identificación	13,5	1,6
	Praderas	Sin identificación	8,3	1,0
	Otros usos*	Sin identificación	1,1	0,1
		Total temporada	**822,9**	**100,0**
2016-2017	Bosque nativo - renoval	*Cryptocarya alba* / *Lithrea caustica*	1.992,1	49,6
	Matorral Arborescente	*Baccharis linearis* / *Trevoa trinervis*	906,1	22,6
	Plantaciones forestales	*Eucalyptus globulus* / *Pinus radiata*	576,4	14,4
	Matorral nativo	*Colliguaja odorifera* / *Escallonia pulverulenta*	320,1	8,0
	Formación de suculentas	*Puya coerulea* / *Colliguaja odorifera*	108,7	2,7
	Praderas	*Taraxacum officinalis*	41,4	1,0
	Otros usos*	Sin identificación	61,5	1,5
	Bosque Nativo con Exóticas	*Lithraea caustica* / *Pinus radiata*	7,3	0,2
	Terrenos de uso agrícola	Sin identificación	0,3	0,0
		Total temporada	**4.014,0**	**100,0**

Temporada	Formación o uso de suelo	Especie(s) dominantes	Superficie total afectada ASP (ha)	Porcentaje afectado por temporada
2017-2018	Matorral nativo	*Bahia ambrosioides / Trichocereus chiloensis*	372,5	88,5
	Plantaciones forestales	*Acacia saligna / Eucalyptus globulus*	46,4	11,0
	Bosque Nativo Adulto	*Aextoxicon punctatum / Myrceugenia correifolia*	1,2	0,3
	Bosque nativo - renoval	*Peumus boldus / Aextoxicon punctatum*	0,6	0,1
	Otros usos*	Sin identificación	0,1	0,0
		Total temporada	**420,9**	**100,0**
2018-2019	Bosque nativo - renoval	*Cryptocarya alba / Peumus boldus*	90,3	82,8
	Formación de suculentas	*Puya chilensis / Eryngium paniculatum*	18,8	17,2
		Total temporada	**109,1**	**100,0**
2019-2020	Plantaciones forestales	*Eucalyptus globulus / Pinus radiata*	790,6	48,2
	Bosque nativo - renoval	*Cryptocarya alba / Peumus boldus*	557,9	34,0
	Matorral Arborescente	*Trevoa trinervis / Acacia caven*	143,8	8,8
	Praderas	*Holcus lanatus*	88,4	5,4
	Matorral nativo	*Trevoa trinervis / Baccharis linearis*	53,7	3,3
	Otros usos*	Sin identificación	7,2	0,4
		Total temporada	**1.641,6**	**100,0**

* El uso de suelo “Otros usos” corresponde a las unidades desprovistas de vegetación de acuerdo al catastro de recursos vegetacionales, las cuales corresponden a embalses, afloramientos rocosos, cuerpos de agua.

Anexo 9-7. Origen de Incendios Forestales de Magnitud en ASP por temporada.

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Temporada	Nº incendios	Causa general	Causa específica
Santuario de la Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	2009-2010	1	Actividades recreativas	Niños jugando con fuego
		2016-2017	1	Incendios intencionales	Otros intencionales no clasificados
		Total	**2**		
	Cajón del Rio Achibueno	2016-2017	2	Quema de desechos/ Incendios intencionales	Quema ilegal para limpia de caminos, canales y cunetas en predios rústicos / Otros intencionales no clasificados
		Total	**2**		
	Cerro Poqui	2009-2010	1	Incendios intencionales	Pirómano (insano mental que disfruta del fuego)
		2010-2011	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		2013-2014	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		Total	**3**		
	Horcón de Piedra	2000-2001	1	Incendios de causa desconocida	No determinada (la causa no es investigada)
		2018-2019	1	Faenas agrícolas y pecuarias	Otros incendios por faenas agropecuarias no clasificadas
		Total	**2**		
	Humedal de Reloca	2007-2008	1	Faenas forestales	Quema ilegal de desechos de cosecha forestal
		Total	**1**		
	Palmar El Salto	2003-2004	1	Incendios de causa desconocida	No determinada (la causa no es investigada)
		2014-2015	1	Quema de desechos	Quema de basuras desechos vegetales u otros no clasificados

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Temporada	Nº incendios	Causa general	Causa específica
		2016-2017	1	Incendios intencionales	Otros intencionales no clasificados
		2019-2020	1	Incendios de causa desconocida	No determinada (la causa no es investigada)
		Total	**4**		
	Predio Santa Inés	2017-2018	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		Total	**1**		
	Predio Sector "Altos de Cantillana"	2011-2012	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		Total	**1**		
	Quebrada de Plata	2013-2014	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		2015-2016	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		2016-2017	2	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves / Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes / Uso de fuego por transeúntes
		Total	**4**		
	Serranía el Ciprés	2015-2016	1	Incendios intencionales	Pirómano (insano mental que disfruta del fuego)
		Total	**1**		
Total categoría Santuario de la Naturaleza			**21**		
Parque Nacional	La Campana	2009-2010	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		Total	**1**		

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Temporada	Nº incendios	Causa general	Causa específica
	Las Palmas de Cocalán	2009-2010	1	Incendios intencionales	Pirómano (insano mental que disfruta del fuego)
		2010-2011	2	Faenas agrícolas y pecuarias / Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Chispa de maquinaria en faena agrícolas / Uso de fuego por transeúntes
		2013-2014	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		2014-2015	2	Accidentes eléctricos / Faenas agrícolas y pecuarias	Corte de cable por otro accidente o acción no clasificada / Chispa de maquinaria en faena agrícolas
		2019-2020	1	Incendios intencionales	Otros intencionales no clasificados
		Total	**7**		
	Radal Siete Tazas	2019-2020	1	Incendios intencionales	Otros intencionales no clasificados
		Total	**1**		
Total categoría Parque Nacional			**9**		
Reserva nacional	Lago Peñuelas	2008-2009	1	Incendios de causa desconocida	Desconocida (se investiga, pero no es posible establecer la causa origen)
		2014-2015	1	Actividades recreativas	Uso de fuego para actividades recreativas en áreas no habilitadas
		2019-2020	4	Actividades recreativas / Incendios de causa desconocida / Incendios intencionales / Incendios intencionales /	Uso de fuego para actividades recreativas en áreas no habilitadas / No determinada (la causa no es investigada) / Otros intencionales no clasificados / Otros intencionales no clasificados /
		Total	**6**		
	Los Ruiles	2016-2017	1	Incendios de causa desconocida	Desconocida (se investiga, pero no es posible establecer la causa origen)

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Temporada	Nº incendios	Causa general	Causa específica
		Total	**1**		
	Radal Siete Tazas	2019-2020	1	Incendios intencionales	Otros intencionales no clasificados
		Total	**1**		
	Roblería del Cobre de Loncha	2005-2006	1	Tránsito de personas y vehículos o aeronaves	Uso de fuego por transeúntes
		2009-2010	1	Incendios intencionales	Pirómano (insano mental que disfruta del fuego)
		2016-2017	1	Faenas agrícolas y pecuarias	Chispa de maquinaria en faena agrícolas
		Total	**3**		
Total categoría Reserva Nacional			**11**		

Anexo 9-8. Formaciones vegetales o uso del suelo en el lugar de origen del incendio.

Nombre incendio	Temporada	Formación (uso tierra)
CAJON DE ACULEO	2000-2001	Sin información*
LOMA NEGRA	2003-2004	Plantación
RESERVA LONCHA	2005-2006	Bosque nativo renoval semidenso
DUNAS CHANCO	2007-2008	Plantación adulta
R.N.LOS GUANACOS	2008-2009	Bosque nativo renoval semidenso
PELUMPEN	2009-2010	Bosque nativo renoval denso
LOS MOLLES	2009-2010	Matorral semidenso
LOS BRONCES	2009-2010	Rotación cultivo pradera
PALMAS DE COCALAN	2010-2011	Bosque nativo renoval abierto
LA PALMERIA	2010-2011	Bosque nativo renoval abierto
LA PALMERIA	2010-2011	Bosque nativo renoval denso
ALTOS CANTILLANA	2011-2012	Bosque nativo renoval semidenso
HIJUELA DEL MEDIO 1	2013-2014	Bosque nativo renoval denso
RINCONADAMAIPU	2013-2014	Rotación cultivo pradera
LA PALMERIA	2014-2015	Bosque nativo renoval denso
LA PALMERIA 2	2014-2015	Bosque nativo renoval denso
TRANQUE PITAMA	2014-2015	Matorral denso
CURVA EL PARQUE	2014-2015	Plantación
EL TREBAL	2015-2016	Bosque nativo renoval abierto
SECTOR EL ASIENTO	2015-2016	Bosque nativo renoval semidenso

Nombre incendio	Temporada	Formación (uso tierra)
LLEPO	2016-2017	Bosque nativo renoval denso
CAJON DE PEJERREYES	2016-2017	Bosque nativo renoval denso
LAS MAQUINAS	2016-2017	Bosque nativo renoval semidenso
RUTA LAS PALMAS	2016-2017	Bosque nativo renoval semidenso
CUESTA LO PRADO	2016-2017	Ciudades pueblos zonas industriales
CUESTA BARRIGA	2016-2017	Matorral abierto
TALAMI	2016-2017	Matorral arborescente abierto
PARCELA REGIMIENTO MAIPO	2016-2017	Plantación exóticas asilvestradas
FUNDO SANTA ROSA	2018-2019	Bosque nativo renoval muy abierto
PARRAL PUREN 1	2019-2020	Bosque nativo renoval abierto
CUESTA_LLAMPAIQUILLO	2019-2020	Plantación
ANTENAS DE QUINTAY	2019-2020	Plantación
TRANQUE EL PERAL	2019-2020	Plantación
MELOSILLA	2019-2020	Plantación
AGUA FRÍA	2019-2020	Plantación

* No existe información de donde comenzó el incendio forestal.

Anexo 9-9. Superficie de suelos afectados por IFM dentro de ASP.

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Superficie de suelo afectada (ha)
Santuario Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	4,6
	Cajón del Rio Achibueno	9,1
	Cerro Poqui	176,8
	Horcón de Piedra	124,9
	Palmar El Salto	7,6
	Quebrada de Plata	281,9
	Predio Santa Inés	5,1
	Predio Sector "Altos de Cantillana	64,6
	Serranía el Ciprés	147,5
Total categoría Santuario de la Naturaleza		**822,1**
Parque Nacional	La Campana	31,3
	Las Palmas de Cocalán	455,4
	Radal Siete Tazas	7,6
Total categoría Parque Nacional		**494,3**
Reserva Nacional	Lago Peñuelas	5,4
	Los Ruiles	11,7
	Roblería del Cobre de Loncha	450,3
Total categoría Reserva nacional		**467,4**
Total superficie de suelos afectados		**1.738,8**

Anexo 9-10. Pérdida de biomasa como consecuencia de los Incendios Forestales de Magnitud en ASP.

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Nº IFM	Cubierta vegetal afectada	Pérdida de biomasa (ton)
Santuario Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	2	Bosque nativo - renoval	1.165,2
			Matorral Arborescente	256,6
			Matorral nativo	2.078,8
			Plantaciones forestales	4.356,5
			Total unidad	**7.857,1**
	Cajón del Rio Achibueno	2	Bosque nativo - renoval	10.378,8
			Matorral Arborescente	442,4
			Matorral nativo	111,2
			Plantaciones forestales	2.300,8
			Praderas	10,6
			Terrenos de uso agrícola	2,2
			Total unidad	**13.246,0**
	Cerro Poqui	3	Bosque nativo - renoval	22.316,8
			Formación de suculentas	1.363,8
			Matorral Arborescente	2.777,5
			Matorral nativo	247,4
			Total unidad	**26.705,5**
	Horcón de Piedra	2	Bosque nativo - renoval	5.619,8
			Formación de suculentas	360,5
			Matorral Arborescente	196,5
			Matorral nativo	536,2
			Total unidad	**6.713,0**
	Humedal de Reloca	1	Plantaciones forestales	2.899,8
			Praderas	0,0
			Total unidad	**2.899,8**
	Palmar El Salto	4	Bosque nativo - renoval	7.638,4
			Praderas	2,4
			Total unidad	**7.640,8**
	Serranía el Ciprés	1	Bosque nativo - renoval	3.540,5
			Bosque Nativo achaparrado	319,1

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Nº IFM	Cubierta vegetal afectada	Pérdida de biomasa (ton)
			Estepa andina central	71,0
			Matorral Arborescente	9.662,5
			Matorral nativo	721,8
			Total unidad	**14.314,9**
	Predio Santa Inés	1	Bosque nativo - renoval	13,0
			Bosque Nativo Adulto	23,3
			Matorral nativo	7.115,4
			Plantaciones forestales	1.150,8
			Total unidad	**8.302,4**
	Predio Sector "Altos de Cantillana"	1	Bosque nativo - renoval	1.259,0
			Formación de suculentas	6,1
			Matorral Arborescente	1.879,2
			Matorral nativo	431,8
			Total unidad	**3.576,2**
	Quebrada de Plata	4	Bosque nativo - renoval	25.924,6
			Matorral Arborescente	17.772,3
			Matorral nativo	6.062,4
			Plantaciones forestales	56,8
			Praderas	581,8
			Total unidad	**50.398,0**
Total categoría Santuario de la Naturaleza				**141.653,6**
Parque Nacional	La Campana	1	Bosque nativo - renoval	471,4
			Matorral nativo	32,1
			Total unidad	**503,4**
	Las Palmas de Cocalán	7	Bosque nativo - renoval	32.925,1
			Formación de suculentas	432,3
			Matorral Arborescente	5.677,7
			Matorral nativo	8.481,1
			Praderas	101,9
			Terrenos de uso agrícola	222,9
			Total unidad	**47.841,0**
	Radal Siete Tazas	1	Bosque nativo - renoval	3.298,0

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Nº IFM	Cubierta vegetal afectada	Pérdida de biomasa (ton)
			Matorral Arborescente	22,2
			Total unidad	**3.320,1**
Total categoría Parque Nacional				**51.664,6**
Reserva Nacional	Lago Peñuelas	6	Bosque nativo - renoval	7.176,7
			Matorral Arborescente	4.013,1
			Matorral nativo	62,1
			Plantaciones forestales	35.086,2
			Praderas	1.033,9
			Total unidad	**47.372,1**
	Los Ruiles	1	Bosque nativo - renoval	1.489,9
			Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas	139,4
			Matorral Arborescente	267,7
			Plantaciones forestales	18.339,0
			Total unidad	**20.235,9**
	Radal Siete Tazas	1	Bosque nativo - renoval	245,0
			Praderas	0,5
			Total unidad	**245,5**
	Roblería del Cobre de Loncha	3	Bosque nativo - renoval	15.157,3
			Formación de suculentas	7.658,8
			Matorral Arborescente	5.295,3
			Total unidad	**28.111,5**
Total categoría Reserva Nacional				**95.965,0**
Total de pérdida de biomasa				**289.283,1**

Anexo 9-11. Superficie afectada por categorías de severidad y formación o uso de suelo.

Formación o uso de suelo	Superficie por categorías de severidad					
	Alta	**Media**	**Baja**	**No quemado**	**Superficie total**	**Superficie %**
Afloramientos rocosos	2,6	5,2	16,4	9,7	**33,9**	**0,3**
Bosque nativo - renoval	569,9	3.268,5	1.930,8	504,9	**6.274,2**	**47,6**
Bosque Nativo achaparrado	0,0	0,8	3,4	12,5	**16,7**	**0,1**
Bosque Nativo Adulto	0,0	0,1	0,3	0,8	**1,2**	**0,0**
Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas	0,0	3,4	3,3	0,7	**7,3**	**0,1**
Estepa andina central	0,0	7,8	0,8	4,8	**13,5**	**0,1**
Formación de suculentas	85,8	341,1	65,9	23,5	**516,3**	**3,9**
Matorral Arborescente	75,6	1.820,8	758,0	190,4	**2.844,9**	**21,6**
Matorral nativo	47,9	719,2	434,6	125,6	**1.327,3**	**10,1**
Otros usos	22,0	76,3	68,0	17,4	**183,6**	**1,4**
Plantaciones forestales	119,9	1.006,0	446,0	148,1	**1.720,0**	**13,0**
Praderas	0,7	26,3	129,5	57,4	**213,9**	**1,6**
Terrenos de uso agrícola	0,6	12,5	12,0	9,4	**34,4**	**0,3**
Superficie total	**925,0**	**7.287,9**	**3.869,1**	**1.105,2**	**13.187,2**	**100,0**
Superficie %	**7,0**	**55,3**	**29,3**	**8,4**	**100,0**	**--**

Anexo 9-12. Emisiones de CO_2 por categorías de severidad y formación vegetal.

Formación o uso de suelo	Emisiones de CO_2 por categorías de severidad (tCO_2)			Emisiones total (tCO_2)	Emisiones %
	Alta	Media	Baja		
Afloramientos rocosos*	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,00**
Bosque nativo - renoval	11.368,2	42.640,6	16.213,6	70.222,4	**33,80**
Bosque Nativo achaparrado	0,0	9,2	25,6	34,8	**0,02**
Bosque Nativo Adulto	0,0	1,2	2,3	3,5	**0,00**
Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas	0,0	40,3	24,6	64,8	**0,03**
Estepa andina central	0,0	57,9	5,8	63,8	**0,03**
Formación de suculentas	2.442,8	8.586,0	1.401,9	12.430,6	**5,98**
Matorral Arborescente	2.598,4	47.428,3	16.620,1	66.646,8	**32,07**
Matorral nativo	1.377,7	18.338,7	9.351,1	29.067,5	**13,99**
Otros usos*	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,00**
Plantaciones forestales	3.630,0	19.699,8	4.285,6	27.615,4	**13,29**
Praderas	7,4	254,4	1.153,6	1.415,4	**0,68**
Terrenos de uso agrícola	5,8	114,5	101,1	221,3	**0,11**
Emisiones totales	**21.430,2**	**137.170,8**	**49.185,2**	**207.786,3**	**100,00**
Emisiones %	**10,3**	**66,0**	**23,7**	**100,0**	**---**

Anexo 9-13. Superficie de vegetación ribereña afectada por IFM al interior Unidades de ASP.

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Superficie afectada (ha)
Santuario Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	33,7
	Cajón del Rio Achibueno	0,8
	Cerro Poqui	36,3
	Horcón de Piedra	15,4
	Palmar El Salto	20,4
	Quebrada de Plata	40,3
	Serranía el Ciprés	27,6
	Total categoría Santuario de la Naturaleza	**174,3**
Parque Nacional	La Campana	9,3
	Las Palmas de Cocalán	121,5
	Radal Siete Tazas	0,1
	Total categoría Parque Nacional	**131,0**
Reserva Nacional	Lago Peñuelas	82,3
	Los Ruiles	32,7
	Roblería del Cobre de Loncha	4,2
	Total categoría Reserva nacional	**119,2**
	Total superficie de vegetación ribereña afectada	**424,5**

Anexo 9-14. Superficie afectada por piso de vegetación dentro de las unidades de ASP.

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Pisos de vegetación	Superficie afectada (ha)
Santuario Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus*	313,6
		*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Cryptocarya alba**	56,7
	Cajon del Rio Achibueno	*Bosque caducifolio mediterráneo andino de Nothofagus glauca y N. obliqua*	79,8
		Bosque caducifolio mediterráneo andino de Nothofagus obliqua y Austrocedrus chilensis	50,4
		Bosque esclerófilo mediterráneo andino de Lithrea caustica y Lomatia hirsuta	99,0
		Bosque esclerófilo mediterráneo interior de Lithrea caustica y Peumus boldus	227,5
	Cerro Poqui	*Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum**	600,0
		*Bosque esclerófilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica**	337,3
		*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus**	403,5
	Horcón de Piedra	*Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum**	196,7
		Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus	141,7
	Humedal de Reloca	*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Azara integrifolia*	100,8
	Palmar El Salto	*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus**	104,8
		*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Cryptocarya alba**	222,2
	Predio Santa Ines	*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Cryptocarya alba*	224,6
		Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo costero de Peumus boldus y Schinus latifolius	196,3
	Predio Sector "Altos de Cantillana"	*Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum*	131,9
		Matorral bajo mediterráneo costero de Chuquiraga oppositifolia y Mulinum spinosum	43,5
	Quebrada de Plata	*Bosque esclerófilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica**	1.111,1
		Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya	1.096,8

Categoría ASP	Nombre de la unidad	Pisos de vegetación	Superficie afectada (ha)
		*alba y Peumus boldus**	
		*Bosque espinoso mediterráneo interior de Acacia caven y Prosopis chilensis**	432,9
	Serranía el Ciprés	*Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior Quillaja saponaria y Porlieria chilens*	370,7
		Matorral espinoso mediterráneo interior de Trevoa quinquinervia y Colliguaja odorifera	388,0
Total categoría Santuario de la Naturaleza			**6.930,0**
Parque Nacional	La Campana	*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus*	122,9
	Las Palmas de Cocalán	*Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum*	459,4
		Bosque esclerófilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica	5,1
		*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus**	1.873,8
	Radal Siete Tazas	*Bosque caducifolio mediterráneo andino de Nothofagus obliqua y Austrocedrus chilensis*	9,9
		Bosque caducifolio mediterráneo interior de Nothofagus obliqua y Cryptocarya alba	104,7
Total categoría Parque Nacional			**2.575,9**
Reserva Nacional	Lago Peñuelas	*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus**	1.762,7
	Los Ruiles	*Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus glauca y Persea lingue*	515,7
		Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Azara integrifolia	7,4
	Radal Siete Tazas	*Bosque caducifolio mediterráneo interior de Nothofagus obliqua y Cryptocarya alba*	8,5
	Roblería del Cobre de Loncha	*Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum**	899,1
		Bosque esclerófilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica	7,7
		*Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus**	480,3
Total categoría Reserva Nacional			**3.681,3**
Total superficie afectada			**13.187,2**

***** Corresponden a los pisos de vegetación que contienen sectores que han sido afectados más de una vez en diferentes periodos (reiteración).

Anexo 9-15. Superficie afectada por categoría de severidad y piso de vegetación.

Pisos de vegetación afectados	Superficie afectada por categoría de severidad				Total
	No quemado	Baja	Media	Alta	
Bosque caducifolio mediterráneo andino de Nothofagus glauca y N. obliqua	38,5	27,0	14,0	0,3	79,8
Bosque caducifolio mediterráneo andino de Nothofagus obliqua y Austrocedrus chilensis	32,1	21,9	6,2	0,0	60,3
Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus glauca y Persea lingue	91,5	134,7	216,8	72,6	515,7
Bosque caducifolio mediterráneo costero de Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum	142,5	628,4	1.355,7	160,6	2.287,2
Bosque caducifolio mediterráneo interior de Nothofagus obliqua y Cryptocarya alba	7,7	65,5	34,2	3,9	111,3
Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Lithrea caustica y Lomatia hirsuta	10,3	16,2	50,8	21,7	99,0
Bosque esclerofilo mediterráneo andino de Quillaja saponaria y Lithrea caustica	61,2	479,3	859,0	61,6	1.461,2
Bosque esclerofilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus	424,8	1.821,4	3.599,4	454,6	6.300,1
Bosque esclerofilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Azara integrifolia	2,3	48,1	56,5	1,3	108,1
Bosque esclerofilo mediterráneo costero de Lithrea caustica y Cryptocarya alba	53,0	161,1	219,4	70,0	503,5
Bosque esclerofilo mediterráneo interior de Lithrea caustica y Peumus boldus	52,8	55,2	72,1	47,4	227,5
Bosque espinoso mediterráneo interior de Acacia caven y Prosopis chilensis	16,2	132,4	282,8	1,5	432,9
Matorral arborescente esclerofilo mediterráneo costero de Peumus boldus y Schinus latifolius	37,5	121,6	37,3	0,0	196,3
Matorral arborescente esclerofilo mediterráneo interior Quillaja saponaria y Porlieria chilens	98,9	101,2	168,6	2,0	370,7
Matorral bajo mediterráneo costero de Chuquiraga oppositifolia y Mulinum spinosum	0,3	23,2	20,0	0,0	43,5
Matorral espinoso mediterráneo interior de Trevoa quinquinervia y Colliguaja odorifera	35,7	31,9	294,9	27,5	390,0
Total general	**1.105,3**	**3.869,1**	**7.287,9**	**925,0**	**13.187,2**
Superficie %	**8,4**	**29,3**	**55,3**	**7,0**	**100,0**

Anexo 9-16. Listado de especies en categoría de conservación y su categoría vigente.

Especie	Categoría vigente	Decreto supremo
Adesmia balsamica	Vulnerable	DS 13/2013 MMA
Aextoxicon punctatum	Vulnerable y Preocupación menor *	DS 79/2018 MMA
Austrocedrus chilensis	Vulnerable y Casi amenazada**	DS 79/2018 MMA
Beilschmiedia miersii	Vulnerable	DS 50/2008 MINSEGPRES
Echinopsis chiloensis	Casi amenazada	DS 41/2011 MMA
Jubaea chilensis	Vulnerable	DS 79/2018 MMA
Kageneckia angustifolia	Casi amenazada	DS 19/2012 MMA
Myrceugenia correifolia	Preocupación menor	DS 13/2013 MMA
Nothofagus alessandrii	En Peligro	DS 151/2007 MINSEGPRES
Nothofagus glauca	Casi amenazada	DS 42/2011 MMA
Persea lingue	Vulnerable y Preocupación menor ***	DS 42/2011 MMA
Pitavia punctata	En Peligro	DS 151/2007 MINSEGPRES
Porlieria chilensis	Vulnerable	DS 51/2008 MINSEGPRES
Pouteria splendens	En Peligro	DS 50/2008 MINSEGPRES
Prosopis chilensis	Vulnerable	DS 13/2013 MMA
Puya chilensis	Preocupación menor	DS 42/2011 MMA
Puya venusta	Vulnerable	DS 42/2011 MMA

* Vulnerable desde R. de Valparaíso y Metropolitana al norte. Preocupación menor desde R. de O'Higgins al sur.

** Vulnerable desde R. de O'Higgins al norte. Casi amenazada desde R. del Maule al sur.

*** Vulnerable desde la R. de O´Higgins al norte. Preocupación menor desde la R. del Maule al sur.

Anexo 9-17. Especies en categoría de conservación afectadas por IFM por unidad de ASP y número de incendios.

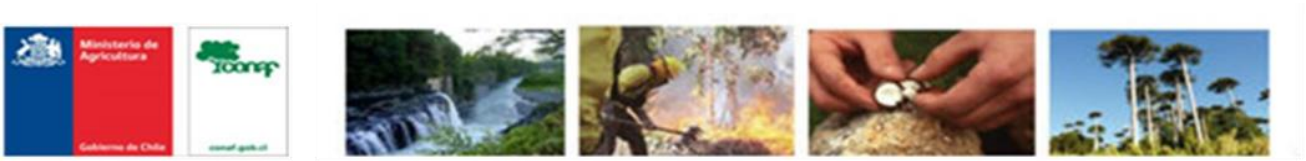
Categoría	Nombre de la unidad	N° incendios que afectaron a ECC	Especie(s) en categoría de conservación (ECC) afectadas
Santuario Naturaleza	Acantilados Federico Santa María	2	*Puya chilensis*
	Cajon del Rio Achibueno	2	*Austrocedrus chilensis, Nothofagus glauca, Persea lingue*
	Cerro Poqui	3	*Nothofagus glauca, Echinopsis chiloensis*
	Horcón de Piedra	2	*Beilschmiedia miersii, Echinopsis chiloensis, Puya chilensis, Puya venusta*
	Palmar El Salto	3	*Adesmia balsamica, Jubaea chilensis*
	Predio Santa Inés	1	*Aextoxicon punctatum, Echinopsis chiloensis, Myrceugenia correifolia, Pouteria splendens, Puya chilensis*
	Predio Sector "Altos de Cantillana"	1	*Echinopsis chiloensis, Puya chilensis*
	Quebrada de Plata	4	*Echinopsis chiloensis, Porlieria chilensis, Puya chilensis*
	Serranía el Ciprés	1	*Austrocedrus chilensis, Echinopsis chiloensis, Porlieria chilensis, Prosopis chilensis, Puya chilensis, Kageneckia angustifolia*
Parque Nacional	La Campana	1	*Echinopsis chiloensis*
	Las Palmas de Cocalán	5	*Beilschmiedia miersii, Echinopsis chiloensis, Jubaea chilensis, Persea lingue, Nothofagus glauca*
Reserva Nacional	Lago Peñuelas	3	*Echinopsis chiloensis, Puya chilensis*
	Los Ruiles	1	*Aextoxicon punctatum, Nothofagus alessandrii, Nothofagus glauca, Pitavia punctata*
	Roblería del Cobre de Loncha	3	*Beilschmiedia miersii, Echinopsis chiloensis, Nothofagus glauca, Persea lingue, Puya chilensis*

Anexo 9-18. Ecosistemas en riesgo en el área de estudio.

Pisos de vegetación*	Categoría de amenaza
Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus glauca y Persea lingue*	En Peligro Crítico
Bosque caducifolio mediterráneo interior de *Nothofagus obliqua y Cryptocarya alba*	En Peligro Crítico
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithrea caustica y Azara integrifolia*	En Peligro Crítico
Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica y Peumus boldus*	En Peligro
Bosque caducifolio mediterráneo andino de *Nothofagus glauca y N. obliqua*	Vulnerable
Bosque caducifolio mediterráneo andino de *Nothofagus obliqua y Austrocedrus chilensis*	Vulnerable
Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa y Ribes punctatum*	Vulnerable
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Lithrea caustica y Lomatia hirsuta*	Vulnerable
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria y Lithrea caustica*	Vulnerable
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba y Peumus boldus*	Vulnerable
Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven y Prosopis chilensis*	Vulnerable
Matorral bajo mediterráneo costero de *Chuquiraga oppositifolia y Mulinum spinosum*	Vulnerable

* En el estudio (Pliscoff, 2015) se ha definido la clasificación de pisos de vegetación como símil de ecosistema.

Anexo 9-19. Respuesta al acceso a información pública.



SOLICITUD DE INFORMACIÓN CIUDADANA N° AR003T-0004367. 04/03/2021

1. ¿Existe un presupuesto específico asignado para la prevención y control de incendios forestales al

interior de áreas silvestres protegidas por el estado?

No, no hay un presupuesto específico asignado a las ASP para la prevención y combate de incendios forestales.

2. En el caso que no exista un presupuesto específico: ¿Cuál es el monto estimado que se invierte en áreas silvestres protegidas por el estado para la prevención y control de incendios forestales (ejemplo: costo de brigadas al interior de ASP)?

El costo de brigadas al interior de las ASP varía según la región y del tipo de unidad que se implemente en ellas. Por ejemplo, para brigadas de la zona central de 7 personas, el costo total mes es del orden de los m$ 8.900, que incluye personal y operaciones, para una unidad de 10 personas el costo mes es de unos m$ 12.600 y para una brigada de 16 personas, el costo mes es de alrededor de los m$ 17.400. Fuente: Depto. Protección contra Incendios Forestales región de Valparaíso y O´Higgins- 2021.

3. ¿Cuantas brigadas contra incendios forestales se encuentran al interior del límite administrativo de las áreas silvestres protegidas y en qué unidades se encuentran específicamente (en qué parques o reservas están presentes)?

Temporada 2020-2021

Región	Brigada	Area Silvestre Protegida
Coquimbo	Molle-7	Parque Nacional Fray Jorge
Valparaíso	Palma-8	Reserva Nacional Lago Peñuelas
	Palma-12	Reserva Nacional Lago Peñuelas
	BM-51	Reserva Nacional Lago Peñuelas
Metropolitana	Roble-13	Parque Nacional Rio Clarillo
O'Higgins	Peumo-14	Reserva Rio Cipreses
Maule	Maqui-20	Reserva Nacional Laguna Torca
	Maqui-13	Reserva Nacional Federico Albert
Araucanía	9011	Reserva Nacional China Muerta
	9012	Monumento Nacional Cerro Ñielol
	9013	Parque Nacional Huerquehue
Los Lagos	10-32	Parque Nacional Puyehue
	10-43	Parque Nacional Vicente Pérez Rosales
	10-52	Parque Nacional Chiloé
	10-44	Parque Nacional Alerce Andino
	10-62	Reserva Nacional Futaleufu
	10-63	Parque Nacional Hornopirén
	BH-10.3	Parque Nacional Pumalín
Magallanes	Lenga-3	Reserva Nacional Magallanes
	Lenga-5	Parque Nacional Torres del Paine - Laguna Porteño
	Lenga-6	Parque Nacional Torres del Paine - Laguna Amarga
	Lenga-10	Parque Nacional Torres del Paine - Lago Dickson
	Lenga-11	Parque Nacional Torres del Paine - Lago Grey
	Hotel-12	Parque Nacional Torres del Paine (Administración)

Fuente: CENCO/CONAF 2021

4. Qué áreas silvestres protegidas cuentan con torres de detección de incendios forestales al interior de su límite administrativo y ¿cuál es el número de torres de observación?

Temporada 2020-2021

Región	Torre/Cámaras	Area Silvestre Protegida
Metropolitana	TD-8	Reserva Nacional Río Clarillo
O'Higgins	T-4	Reserva Nacional Río Cipreses
Magallanes	Cámara Lago Paine	Parque Nacional Torres del Paine
	Cámara Lago Dickson	
	Cámara Lago Nordenskjöld	
	Cámara Lago Grey	
	Cámara Lago Pehoe	
	Cámara Administración PNTP	
	Cámara Laguna Azul	
	Cámara Milodón	Monumento Natural Cueva del Milodón

Fuente: CENCO/CONAF 2021

A nivel nacional, durante la temporada 2020-2021 se encuentran en operación un total de 47 torres de observación, tanto propias como en convenio con terceros.

5. En relación a la causa de los incendios forestales ¿Son la totalidad de los incendios forestales investigados y validados en terreno?

No todos los incendios son investigados. Para el último quinquenio, los antecedentes disponibles indican lo siguiente:

Temporada	Incendios por temporada	N° Incendios investigados	N° Incendios denunciados a la justicia	N° Incendios investigados por las UAD y denunciados a la justicia
2015-2016	6.785	129	-	-
2016-2017	5.275	85	-	-
2017-2018	6.082	342	1.290	17
2018-2019	7.185	469	961	23
2019-2020	8.128	494	1.964	24

Fuente: Depto. Prevención Incendios Forestales-CONAF 2021

6. A partir de qué año CONAF cuenta con una base de datos de incendios forestales confiable que indique al menos: localidad, coordenadas de ubicación o GEOREF, fecha inicio y término y superficie afectada.

A partir de la puesta en marcha del Sistema de Apoyo a las Operaciones SIDCO el año 2002 se comienza a registrar con mayor detalle y exactitud los antecedentes de cada uno de los incendios y a contar del 2003, se mejora significativamente la ubicación espacial de estos, productos de la implementación de cada una de las brigadas con GPS, lo que permitió obtener coordenadas más exactas del punto de inicio de los incendios.

7. Finalmente quiero solicitar la base de datos en formato Excel desde el año más antiguo (que se tenga información) hasta el año 2020. Donde la base de datos contenga al menos: localidad, coordenadas de ubicación o GEOREF, fecha inicio y término, superficie afectada, causa (para aquellos incendios que la tengan).

Se envía la base de datos disponible.