



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

**ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS, OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS
DE LAS INICIATIVAS DE RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
FORESTALES EN EL CENTRO Y SUR DE CHILE**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para otorgar al título profesional de Ingeniero en Conservación de
Recursos Naturales

POR: Bastián Alberto Fernández Vergara

Profesora Guía: Dra. Paula Meli

Noviembre, 2023

Concepción, Chile

© 2023, Bastián Alberto Fernández Vergara

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS, OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS DE
LAS INICIATIVAS DE RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS FORESTALES EN
EL CENTRO Y SUR DE CHILE



Profesora Guía

Paula Meli

Profesora Asistente

Licenciada en Ciencias Biológicas, PhD



Profesora Guía

Jocelyn Esquivel

Colaboradora Académica

Organización de las Naciones Unidas para la
Alimentación y la agricultura, FAO. PhD

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Ud. Mimi, Jery, Paz, Aurora, Mamá y Papá, y mis seres queridos. Solo ustedes saben cuánto costó terminar, innumerables adversidades pasamos, cuantos esfuerzos tuvimos que realizar, cuantas mañanas, cuantas mojadas, cuantas horas sin dormir, cuanta distancia, cuanto sufrimiento. ¡Esto es para ustedes!

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradezco a Dios por permitirme la vida y mantenerme con fuerza frente a todas las adversidades durante este largo proceso. Quiero agradecer a mi Mimi, a la mejor persona que puede existir en este mundo, que gracias a ella pude estudiar siendo mi apoderada desde la básica, gracias a sus valores y enseñanzas soy lo que soy. Agradezco a mi Jery y mis dos princesas Paz y Aurora por siempre estar incondicionalmente cuando ya no tenía fuerzas, por darme ánimo, por escucharme cuando más lo necesitaba. A mi Mamá por siempre, pero siempre estar cuando la necesitaba ayudándome con lo que fuese. Agradezco a mi Papá por siempre estar pendiente a mí, apoyándome y procurando que nunca me faltara nada. Agradezco profundamente a la profesora Paula Meli por su paciencia y guía, sin duda sin usted esto no se habría terminado; asimismo, agradezco a Jocelyn Esquivel por sus consejos y observaciones durante este proceso. Finalmente, gracias a toda mi familia, Tata chanca, Raquelita, tíos y tías y a Don Abraham, no me olvido de su apoyo. Este trabajado es de todos nosotros, ¡Lo logramos!

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	5
2.1 Descripción del área de estudio.....	5
2.2 Colecta de datos: principales iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el Centro y sur de Chile.....	6
2.3 Objetivo 1: Analizar los antecedentes y acciones de manejo utilizadas en las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile.....	7
2.4 Objetivo 2: Analizar los principales desafíos y oportunidades a la restauración de ecosistemas forestales en el Centro y Sur de Chile.....	8
III. RESULTADOS.....	10
3.1 Antecedentes y acciones utilizadas en las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en Chile.....	10
3.2 Principales desafíos, obstáculos, amenazas y oportunidades de restauración de ecosistemas forestales en Chile.....	41
IV. DISCUSIÓN.....	48
4.1 Ubicación y distribución espacial de las iniciativas de restauración en el Centro y sur de Chile.....	48
4.2 Causas de degradación.....	50
4.2.1 Incendios.....	51
4.2.2 Especies invasoras.....	53
4.2.3 Agricultura y ganadería.....	54
4.2.4 Industria Forestal.....	55
4.2.5 Urbanización.....	57
4.2.6 Turismo.....	58
4.3 Tipo y fuente de financiamiento.....	59
4.4 Superficie.....	63
4.5 Tratamientos previos.....	66
4.6 Acciones de manejo.....	69

4.6.1 Plantación de individuos	69
4.6.2 Exclusión de ganado.....	70
4.6.3 Control de especies invasoras	71
4.6.4 Manejo de regeneración natural	72
4.6.5 Trabajo con comunidades locales.....	74
4.6.6 Control de lagomorfos.....	75
4.6.7 Control de erosión	76
4.6.8 Educación ambiental.....	77
4.7 Tipos de ecosistema restaurado.....	78
4.8 Especies utilizadas	80
4.9 Distribución espacial de especies	82
4.10 Tipos de monitoreo	83
4.11 Oportunidades y desafíos de restauración	86
4.12 Recomendaciones al catastro público del MMA.....	91
V. CONCLUSIONES	95
VI. GLOSARIO.....	102
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	104
VIII. APÉNDICES	117
Apéndice A. Listado de expertos que han participado en iniciativas de restauración de ecosistemas forestales.	117
Apéndice B. Carta de invitación a los expertos en Restauración de ecosistemas forestales en Chile.....	119
Apéndice C. Antecedentes y actividades de restauración evaluadas en las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del Ministerio del medio ambiente de Chile.....	121
Apéndice D. Antecedentes y actividades de restauración evaluadas en las iniciativas de restauración implementadas por expertos.	123
IX. ANEXOS.....	124
Anexo A. Mapa de usos antrópicos en la zona centro norte	124
Anexo B: Mapa de usos antrópicos en la zona centro	125
Anexo C: Mapa de usos antrópicos en la zona centro sur.	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especies utilizadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos	38
Tabla 2. Resumen de principales desafíos y oportunidades.	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Regiones de Chile donde se realizan las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	11
Figura 2. Distribución espacial de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	12
Figura 3. Tipo de financiamiento de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	13
Figura 4. Fuente de financiamiento de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	15
Figura 5. Causas de degradación de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	16
Figura 6. Tipo de ambiente en donde se realizan las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	18
Figura 7. Tipo de uso de suelo anterior a la realización de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	19
Figura 8. Intervalo de superficie restaurada (ha) en las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	21
Figura 9. Acciones de restauración implementadas en las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.....	22
Figura 10. Causas de degradación de las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.....	24
Figura 11. Tipos de tratamiento de sitio previos utilizados en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.....	25
Figura 12. Época del año en que se realizaron actividades en iniciativas de restauración ejecutadas por expertos clave.....	26
Figura 13. Iniciativas de restauración ejecutadas por expertos que consideran regeneración natural dentro de sus actividades.....	27
Figura 14. Tipos de enfoque de restauración con las que se identifican las iniciativas ejecutadas por expertos.....	28
Figura 15. Tipos de ecosistema restaurado en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.....	29
Figura 16. Intervalo de superficie restaurada en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.....	30
Figura 17. Tipo de financiamiento de las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.....	31

Figura 18. Detalle de las fuentes de financiamiento indicadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.	32
Figura 19. Tipos de técnicas de introducción de plantas utilizadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.	33
Figura 20. Estrategia de restauración al plantar utilizada en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.	34
Figura 21. Iniciativas de restauración ejecutadas por expertos que consideran especies arbustivas dentro de sus actividades	35
Figura 22. Tipos de monitoreo posteriores utilizados en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.	36
Figura 23. Acciones de restauración implementadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.	41
Figura 24. Desafíos de restauración mencionados por expertos.	43
Figura 25. Obstáculos de restauración mencionados por expertos.	44
Figura 26. Amenazas a la restauración mencionadas por expertos clave.	45
Figura 27. Oportunidades a la restauración mencionadas por expertos.	46

RESUMEN

En el escenario de degradación ambiental que actualmente afecta diferentes ecosistemas a nivel global, la restauración ecológica ha sido indicada como una de las estrategias más importantes para enfrentar este desafío. En Chile, los ecosistemas forestales han sido afectados históricamente por factores de degradación tales como el cambio de uso de suelo, incendios forestales, especies invasoras, ganadería y cambio climático. En este contexto surge la necesidad de identificar y caracterizar las iniciativas de restauración ecológica, junto a las principales acciones de manejo que se implementan actualmente en los ecosistemas forestales de Chile. Para esto se realizó una revisión de las iniciativas presentes en el Catastro Público de Iniciativas de restauración ecológica del Ministerio del medio ambiente de Chile (n=98), y también una revisión de iniciativas de restauración implementados por expertos (n=32). Las iniciativas del Catastro Público mayoritariamente fueron ejecutadas en la región del Maule (42,7%), los usos de suelos que anteceden a los disturbios son bosques nativos (41,7%), degradados por incendios (40,3%) y financiados por privados (77,1%), principalmente empresas forestales como Forestal Arauco (38,5%) y CMPC (30,2%). Se identificaron 13 acciones de manejo de restauración, dentro de las cuales las tres más frecuentes fueron descripción de ecosistema de referencia (90,6%), monitoreo tras la restauración (86,5%), y control de especies invasoras (56,3%). Las iniciativas ejecutadas por expertos

fueron financiadas mayoritariamente por fondos privados (53,1%) y se utilizaron en introducción de plantas (16,7%), exclusión de ganado (16,7%) y control de especies exóticas (15,3%). Las principales oportunidades para la restauración identificadas por los expertos son los acuerdos públicos y/o privados entre las personas, empresas y el sector público como el desafío de Bonn, además de leyes nacionales e internacionales. Los principales desafíos apuntan a mejorar las técnicas de restauración, tener una mayor disponibilidad de plantas, y el fortalecimiento de las capacidades técnicas

ABSTRACT

In the scenario of environmental degradation that currently affects different ecosystems globally, ecological restoration has been indicated as one of the most important strategies to face this challenge. In Chile, forest ecosystems have historically been affected by degradation factors such as land use change, forest fires, invasive species, livestock, and climate change. In this context, the need arises to identify and characterize ecological restoration initiatives, together with the main management actions that are currently implemented in the forest ecosystems of Chile. For this, a review of the initiatives present in the Public Registry of Ecological Restoration Initiatives of the Ministry of the Environment of Chile (n=98) was carried out, as well as a review of restoration initiatives implemented by experts (n=32). The initiatives of the Public Cadastre were mostly executed in the Maule region (42.7%), the land uses that preceded the disturbances are native forests (41.7%), degraded by fires (40.3%) and financed by private companies (77.1%), mainly forestry companies such as Forestal Arauco (38.5%) and CMPC (30.2%). Thirteen restoration management actions were identified, among which the three most frequent were description of the reference ecosystem (90.6%), post-restoration monitoring (86.5%), and control of invasive species (56.3%). The initiatives carried out by experts were mainly financed by private funds (53.1%) and were used for the introduction of plants (16.7%), exclusion of livestock (16.7%) and control of exotic species (15.3%). The

main opportunities for restoration identified by the experts are public and private agreements between people, companies and the public sector such as the Bonn challenge, as well as national and international laws. The main challenges point to improving restoration techniques, having a greater availability of plants, and strengthening technical capacities.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la interacción entre la sociedad y la naturaleza se encuentra extendida e intensificada en gran parte del planeta. La acción humana ha alterado fuertemente las comunidades biológicas y transformado severamente la superficie de la Tierra (Ellis et al., 2013; Vitousek et al., 1997). Estas alteraciones de origen antrópico, dada su magnitud y rapidez, no poseen precedentes que se comparen a la actualidad (Lambin y Meyfroidt, 2011; Lewis y Maslin, 2015). Sus impactos han tenido efectos negativos sobre la biodiversidad y también para el componente humano (Cardinale et al., 2012; Chapin III et al., 2000; Sala et al., 2000). Particularmente, los bosques son ecosistemas que han sido severamente modificados, hasta el punto de su destrucción por deforestación, caracterizada por la expansión de la industria agrícola en el mundo y procesos de sustitución forestal (Bologna y Aquino, 2020).

La biogeografía de los bosques en Chile ha cambiado fuertemente, ligada a eventos geológicos y climáticos naturales en el pasado (Villagrán y Hoinojosa, 1997). Esta serie de fenómenos generó la particularidad de la presencia de ecosistemas diversos y únicos, que se fueron aislando con el tiempo, para producir bosques con altos grados de endemismo y siendo considerados como prioritarios para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial, (Arroyo et al., 2008; Myers et al., 2000). Esta consideración de los bosques chilenos como

hotspot de biodiversidad se da por poseer altos niveles de diversidad, una alta proporción de especies endémicas, y un alto grado de amenaza. En este sentido, la historia ambiental de los paisajes del centro y sur de Chile está marcada por factores de cambio que han transformado las coberturas originales del suelo.

Estos paisajes han cambiado a rápidas tasas y caracterizan las dinámicas de cambio y la historia ambiental de Chile, como un resultado de procesos de habilitación de terrenos agrícolas y sustitución de los parches de hábitat por plantaciones de especies exóticas (Aguayo et al., 2009; Echeverría et al., 2006). Un buen ejemplo son los bosques de Chile en el centro y sur, los cuales se ubican en una zona geográfica de transición climática, con una heterogeneidad de condiciones geográficas y climáticas que sostienen gran diversidad biológica. En la actualidad, los bosques de Chile presentan fuertes procesos de degradación que pueden ser divididos en cuatro causas (Alaniz, 2019), como la fragmentación y cambio de coberturas, los incendios forestales, estrés hídrico y cambio climático. Algunos de estos procesos han sido dirigidos por causas económicas, como la deforestación por subsidios a la plantación forestal (Heilmayr et al., 2020). Otros, han sido una consecuencia indirecta de la actividad humana y el cambio de las condiciones ambientales, como lo es el creciente aumento de los incendios forestales (Valderrama et al., 2018). Todos, han tenido severos impactos ecológicos y amenazan la conservación de la biodiversidad en los bosques chilenos. Frente al contexto global, regional y local que enfrentan los

bosques del mundo, de degradación y destrucción de ecosistemas, la restauración se manifiesta como una necesidad fundamental en los actuales desafíos de la sociedad (Díaz et al., 2015).

Durante años, la restauración de ecosistemas ha sido señalada internacionalmente como un aspecto clave para el desarrollo de las naciones. En 2019, la Organización para las Naciones Unidas (ONU) declaró que, desde 2021, nos adentramos en la Década para la Restauración de los Ecosistemas, un requisito fundamental para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con el cual se busca *“incrementar a gran escala la restauración de los ecosistemas degradados y destruidos como medida de probada eficacia para luchar contra el cambio climático, mejorar la seguridad alimentaria, la recuperación de suelos degradados, del suministro hídrico, la protección de la biodiversidad y de los bosques”* (ONU, 2019).

Del mismo modo, nuestro país ha ratificado esta preocupación global a través de varios convenios como el Convenio para la Diversidad Biológica, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y el Desafío de Bonn (IUCN, s.f.) y la Iniciativa 20x20 (Initiative 20x20, s.f.).

Existe gran cantidad de evidencia sobre las consecuencias de los cambios en los paisajes chilenos. Esta cantidad de información nos ha llevado a reconocer a la

restauración como uno de los focos principales en el trabajo con los bosques del país y, efectivamente, el número de iniciativas de restauración ha aumentado con el tiempo (MINAGRI et al., 2021). No obstante, se han detectado vacíos del conocimiento dentro de las actividades de restauración ecológica en ecosistemas chilenos (Hernández et al., 2021). En efecto, y frente al creciente número de iniciativas que buscan recuperar ecosistemas, no existen trabajos que hayan caracterizado sus actividades, que discutan sus obstáculos y debilidades, o bien, que identifiquen cuáles han sido los principales enfoques que se han establecido para iniciar la práctica de la restauración ecológica.

Considerando la problemática mencionada, este trabajo busca aumentar el grado de entendimiento sobre las técnicas, oportunidades y desafíos que han tenido las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el centro sur de Chile. Específicamente se formularon los siguientes tres objetivos: (1) identificar las principales iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile; (2) analizar los antecedentes y acciones de restauración utilizadas en las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile, (3) analizar los principales desafíos y oportunidades para la restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile.

II. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área de estudio

Se definió el área de estudio como la zona centro y sur de Chile de acuerdo a la disponibilidad de datos luego de realizado un análisis del Catastro de iniciativas de restauración del Ministerio del medio ambiente (MMA), abarcando las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía y Los Ríos. Latitudinalmente el área de estudio se encuentra delimitada entre los 32°45 S en el extremo norte por la iniciativa "Restauración Campiche" y en el extremo sur por la iniciativa "Restauración predio Hijueta Futa" ubicada en 36°56 S. Existen grandes diferencias en las características climáticas en Chile, las cuales varían de norte a sur por diversos factores, como la gran extensión de latitud, las Cordilleras de Los Andes y de la costa, el Anticiclón del pacífico y del frente polar y la existencia de la corriente fría de Humboldt (BCN, s.f.).

En el norte chico se presenta un clima semiárido marcado por condiciones secas, en cambio la zona Central predomina los climas del tipo templado, el cual presenta precipitaciones más considerables, las cuales se concentran en los meses de invierno, con estaciones más marcadas y con temperaturas más bajas comparadas con las regiones del norte. Hacia el centro sur de Chile comienzan

a presentarse los climas más fríos y lluviosos influenciados por las bajas presiones del polo (BCN, s.f.).

La zona centro, que comprende desde la Región Metropolitana, abarca la Región del Maule, O'Higgins, y el límite superior de la Región del Biobío. En esta zona dominan los usos de plantaciones forestales, terrenos agrícolas y rotaciones cultivo pradera en menor proporción, mientras que en la zona centro sur, representada por las regiones del Biobío, Araucanía y parte de Los Ríos revela una combinación de rotación cultivo-praderas y plantaciones forestales, y en menor proporción, terrenos agrícolas (Moya Ramírez et al., 2014) (Anexos A, B y C). Además, dentro del área de estudio podemos encontrar varios tipos de bosques, como el siempreverde, caducifolio, esclerófilo, espinoso (MMA, 2019).

2.2 Colecta de datos: principales iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el Centro y sur de Chile.

Se identificaron de dos formas las principales iniciativas de restauración de ecosistemas forestales, por una parte, se utilizó el Catastro público del Ministerio del medio ambiente y la segunda forma fue a través de una encuesta realizada a expertos reconocidos que han participado en iniciativas de restauración de ecosistemas forestales. Para las iniciativas públicas, se realizó una búsqueda web en el geo portal de iniciativas del Ministerio del medio ambiente, del cual se

descargan en formato xls las iniciativas de restauración vigentes al momento de la descarga.

Para complementar el estudio y realizar un análisis más exhaustivo se consultó a 27 expertos (Apéndice A) reconocidos por participar en iniciativas de restauración de ecosistemas forestales a responder una encuesta que consta de dos partes. La primera parte se enfoca a las iniciativas de restauración en las que han participado y sus características como ubicación, montos, técnicas, entre otras, mientras que en la segunda parte se elaboró una pregunta abierta destinada a analizar las amenazas, desafíos, oportunidades y obstáculos que han tenido las iniciativas de restauración de los ecosistemas forestales del centro y sur de Chile. A los entrevistados se les contactó vía correo electrónico, se les envió una carta de invitación (Apéndice B) en la cual se presentó, en términos generales el estudio, con sus respectivas instrucciones para responder la encuesta. Se tuvo especial atención de no duplicar las iniciativas de restauración.

2.3 Objetivo 1: Analizar los antecedentes y acciones de manejo utilizadas en las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile.

Se trabajó con los datos descargados de las iniciativas disponibles en el Ministerio del Medio Ambiente para ser trabajados en la plataforma Excel (n = 98). Se seleccionaron solo las iniciativas ubicadas en el área de estudio (n = 96),

excluyendo dos iniciativas (ID: 98; ID: 52), debido a su ubicación fuera de los límites de esta.

La base de datos paso por un proceso de limpieza en términos de errores de escritura y ortografía. Luego se filtró la información de acuerdo con el área de estudio de la investigación. Finalmente se confeccionó una tabla dinámica con los parámetros definidos por el MMA (Apéndice C) y se elaboraron los gráficos de acuerdo con la información a medir.

Además, se trabajó con las respuestas entregadas por expertos, en cuanto a las iniciativas de restauración que han implementado, y se generaron categorías para cuantificar la información (Apéndice D). Dichas categorías fueron ingresadas en Excel para organizar y cuantificar los antecedentes y acciones de manejo implementadas en las iniciativas de restauración de expertos. Se corrigió la base de datos sobre errores de escritura y/u ortografía. Luego se confeccionó una tabla dinámica con los parámetros definidos y se elaboraron los gráficos de acuerdo con el criterio a medir.

2.4 Objetivo 2: Analizar los principales desafíos y oportunidades a la restauración de ecosistemas forestales en el Centro y Sur de Chile.

La encuesta a expertos mencionada anteriormente considera en su segunda parte una pregunta abierta orientada a profundizar sobre los desafíos, amenazas, obstáculos y oportunidades de las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en Chile. Las respuestas frente a estas cuatro categorías se resumieron bajo un concepto y/o frase, las cuales se graficaron según el número de menciones de estos conceptos. La pregunta fue la siguiente: ¿Cuáles fueron los principales desafíos, amenazas, obstáculos y oportunidades a la restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile?

III. RESULTADOS

Los resultados y discusión de este estudio serán presentados de acuerdo con los objetivos planteados anteriormente, con el fin de mantener el orden de este trabajo.

3.1 Antecedentes y acciones utilizadas en las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en Chile.

En el catastro del MMA y dentro del área de estudio se registró un total de 96 iniciativas, en ocho regiones del país (Figura 1 y Figura 2): Metropolitana, Valparaíso, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía y Los Ríos. Mayoritariamente, las iniciativas se realizaron en la región del Maule con un total de 41 iniciativas, las cuales representan el 42,7% del total. La segunda y tercera región que concentran mayor cantidad de iniciativas, resultaron ser la región del Biobío, con 12 iniciativas y la región de La Araucanía, con 11 iniciativas, que representan el 12,5% y 11,5% del total de iniciativas consultadas. En menor orden de proporción, se encuentran las regiones de Los Ríos (8,3%) con ocho iniciativas, Ñuble con cinco proyectos (5,2%) y las regiones de O'Higgins, Metropolitana y Valparaíso con cuatro iniciativas (4,2%). Mientras que, en siete de las iniciativas revisadas, no se indicó (7,3%) la región en que fueron ejecutadas las actividades de restauración.

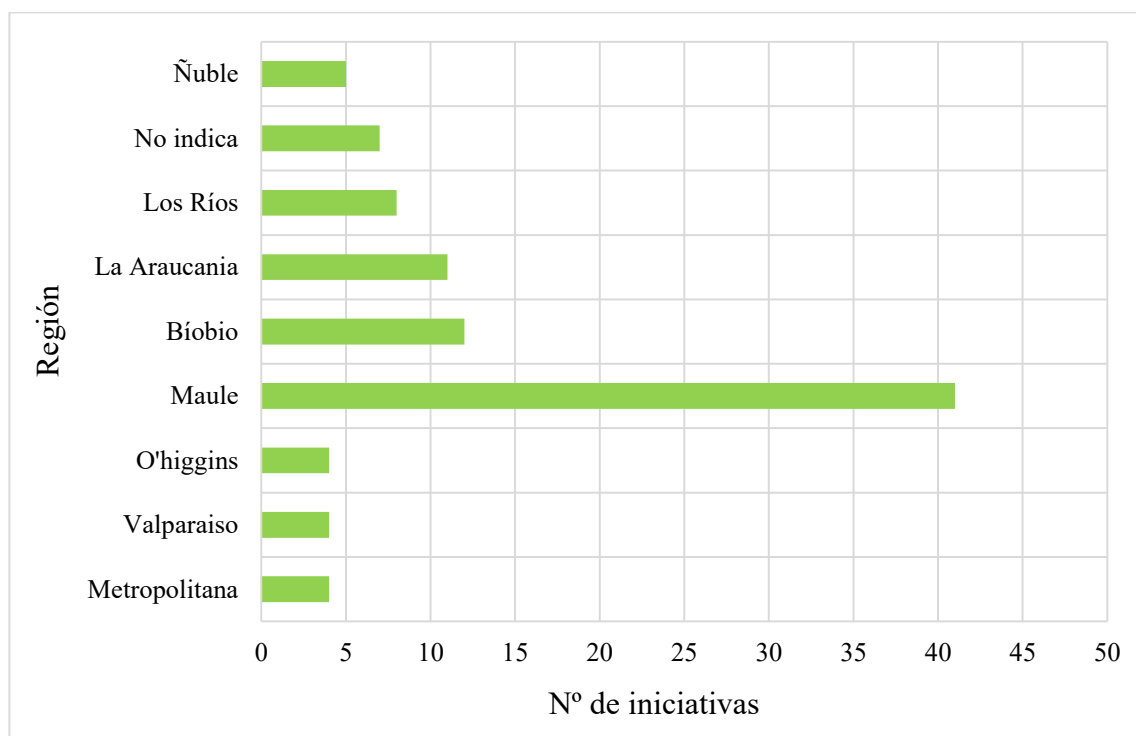


Figura 1. Regiones de Chile donde se realizan las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

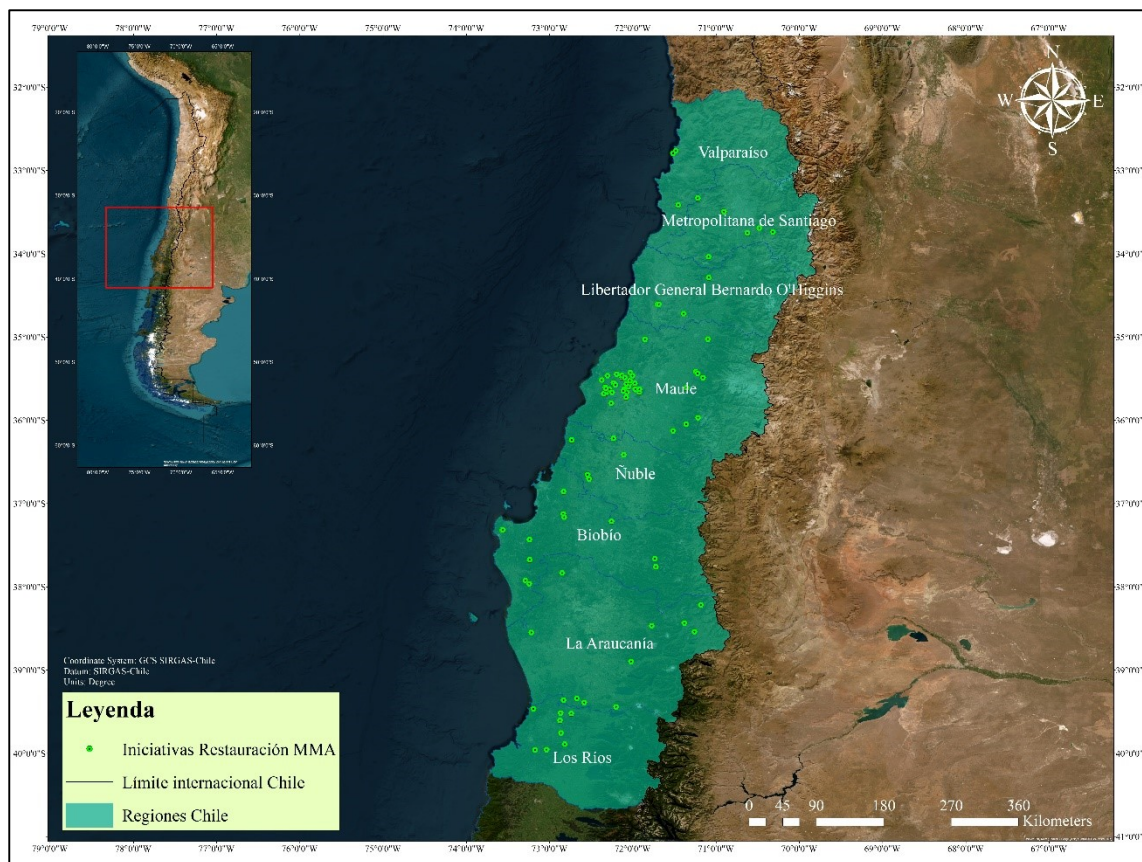


Figura 2. Distribución espacial de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

En cuanto al tipo de iniciativa en base al origen de los fondos con que se financian las actividades contempladas en cada iniciativa de restauración, el MMA clasifica las iniciativas en tres categorías: iniciativas con financiamiento público, o privado e internacional (Figura 3). Setenta cuatro iniciativas de restauración se realizaron bajo el financiamiento por parte de privados (77,1%), nueve con fondos públicos (9,4%), y seis con fondos internacionales (6,3%). Por otra parte, siete iniciativas

de restauración no indican (7,3%) el tipo de fondos son los que permiten la realización de sus actividades.

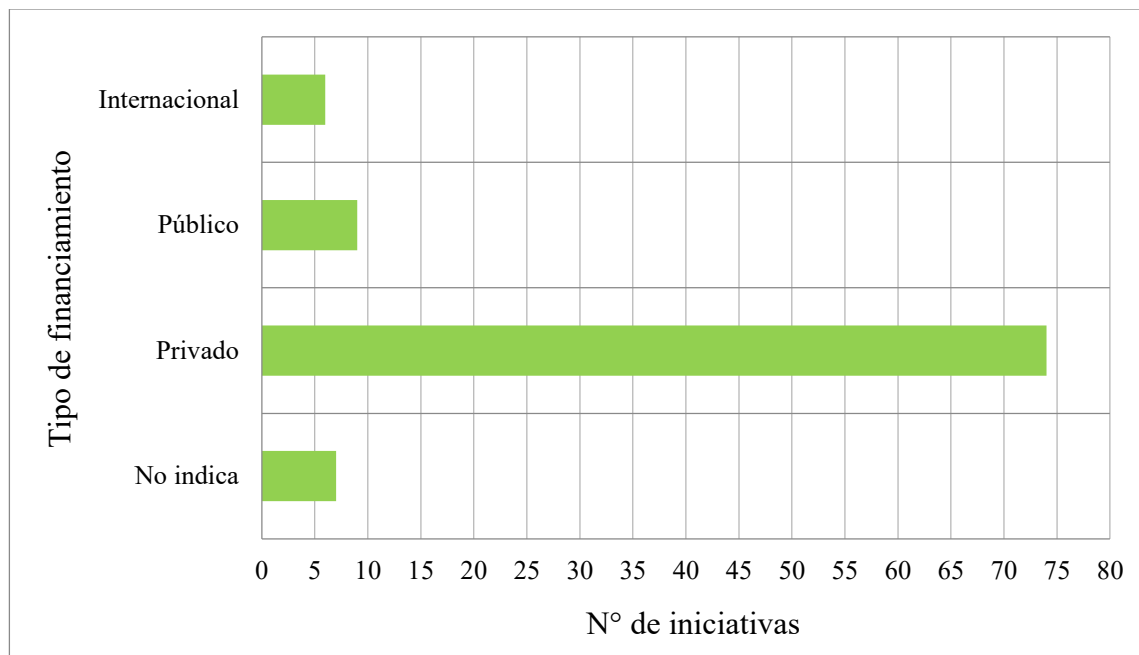


Figura 3. Tipo de financiamiento de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

De forma complementaria a la información anterior, el catastro también entrega información en cuanto a qué institución o figura pública aporta los fondos mencionados previamente. En total, dentro de las 96 iniciativas de restauración ecológica consultados, se identificaron ocho fuentes de financiamiento: Banco mundial/GEF, Forestal Arauco, CMPC, Sodimac, Fondo de protección ambiental, F.N.D.R, Privado-estatal y Particulares (Figura 4). Entre estas ocho entidades, la

que financió un mayor número de iniciativas de restauración fue Forestal Arauco (38,5%) con un total de 37 iniciativas financiadas. En segundo lugar, se encuentra otra empresa dedicada al rubro forestal: CMPC, quien estuvo a cargo de financiar 29 iniciativas (30,2%). Con menor porcentaje de participación, en tercer y cuarto lugar se encuentran los Fondos de Protección Ambiental (7,3%) y fondos del Banco Central/ GEF (6,3%), con siete y seis iniciativas financiadas respectivamente. Finalmente, y con porcentajes de participación menor al 5% se encuentran los fondos aportados por particulares (4,2%), F.N.D.R (1%). Siete iniciativas de restauración no indican (8,3%) la entidad que estuvo a cargo del financiamiento.

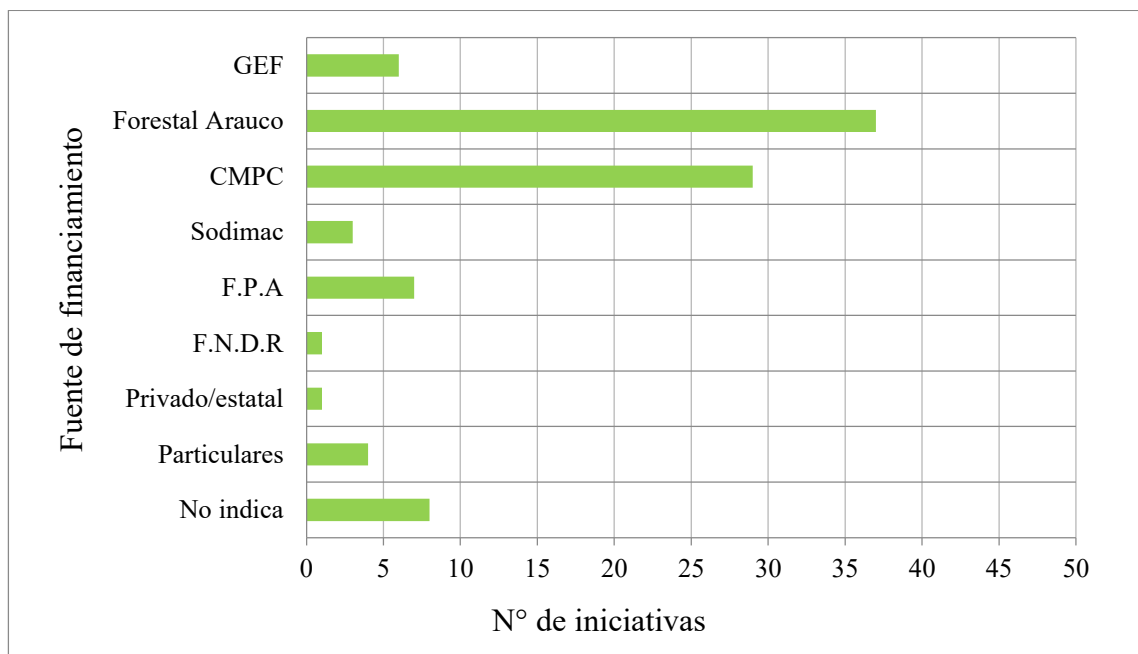


Figura 4. Fuente de financiamiento de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

Otro aspecto importante que considerar en la caracterización de las iniciativas de restauración ecológica es conocer las principales causas de degradación de los ecosistemas sometidos a acciones de restauración. En total se identificaron ocho causas de degradación de ecosistemas, que dan origen a la necesidad de ejecutar acciones de restauración (Figura 5): acción antrópica, agricultura, compactación de suelo, corta de madera, erosión, especies exóticas, ganadería e incendios. De manera significativa, los incendios (40,3%) se presentan como la principal causa de degradación en los sitios restaurados dentro del área de estudio, con un total de 42 iniciativas afectados por este tipo de disturbios. También, de manera importante, en 34 iniciativas de restauración se indicó que

las causas de degradación fueron otras (32,6%) diferentes a las ocho categorías de degradación identificadas anteriormente, mientras que dos iniciativas indicaron que las causas fueron varias (1,9%).

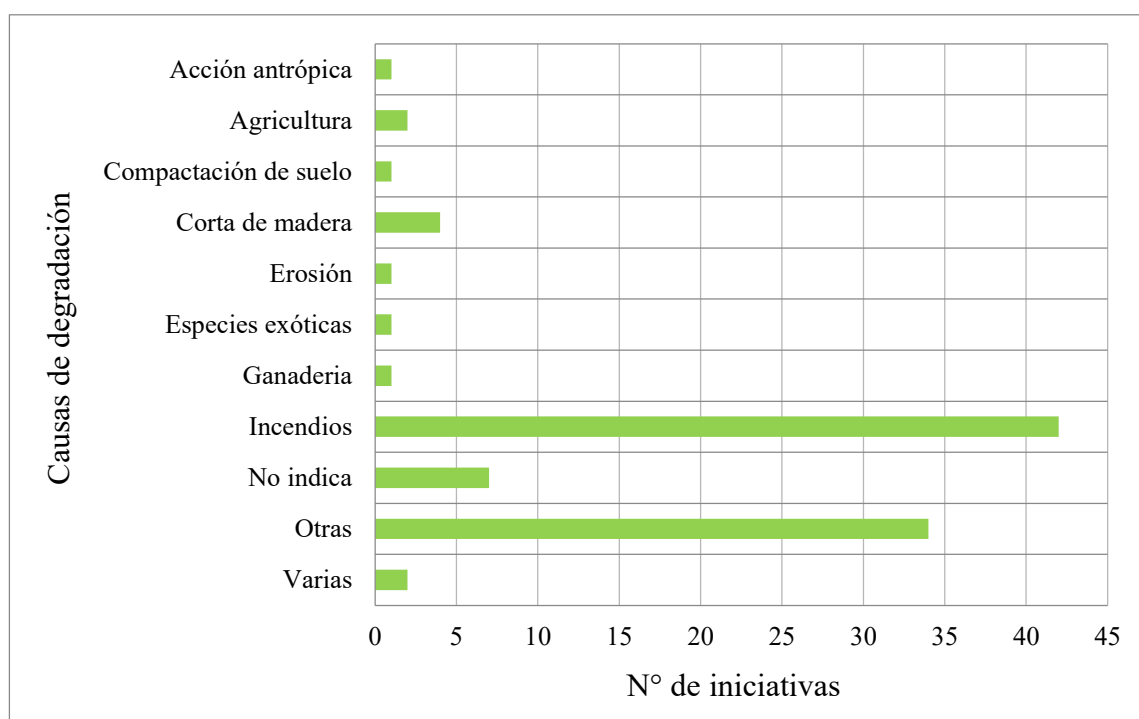


Figura 5. Causas de degradación de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

Después de los incendios, las siguientes causas principales de degradación fueron la corta de madera (3,8%) y la agricultura (1,9%), con cuatro y dos menciones respectivamente. En un orden de importancia menor aparecen cinco causas de degradación que representan en conjunto el 5% de las iniciativas analizadas, cada una mencionada en una iniciativa: acción antrópica,

compactación de suelo, erosión, especies exóticas y ganadería. Finalmente, en siete de las iniciativas revisadas, no se indica (6,7%) cuál es la causa de degradación del sitio.

Respecto al tipo de ambiente a restaurar, el catastro identifica cuatro tipos de ecosistemas a restaurar: humedal, mixto, seco y terrestre (Figura 6). En este punto, se destaca principalmente la categoría de ambiente terrestre (86,5%) el cual fue indicado como el tipo de ambiente a restaurar en 83 de las iniciativas revisadas. En segundo lugar, pero con menor número de iniciativas, se encuentra el tipo de ambiente humedal (4,2%) con cuatro iniciativas de restauración ejecutadas. Mientras tanto, las categorías de mixto (1%) y seco (1%) sólo fueron señaladas como ambiente tipo en una iniciativa cada una. Se debe señalar que los tipos de ambiente “marino” o “costero” no fueron indicados en ninguno de las iniciativas revisadas.

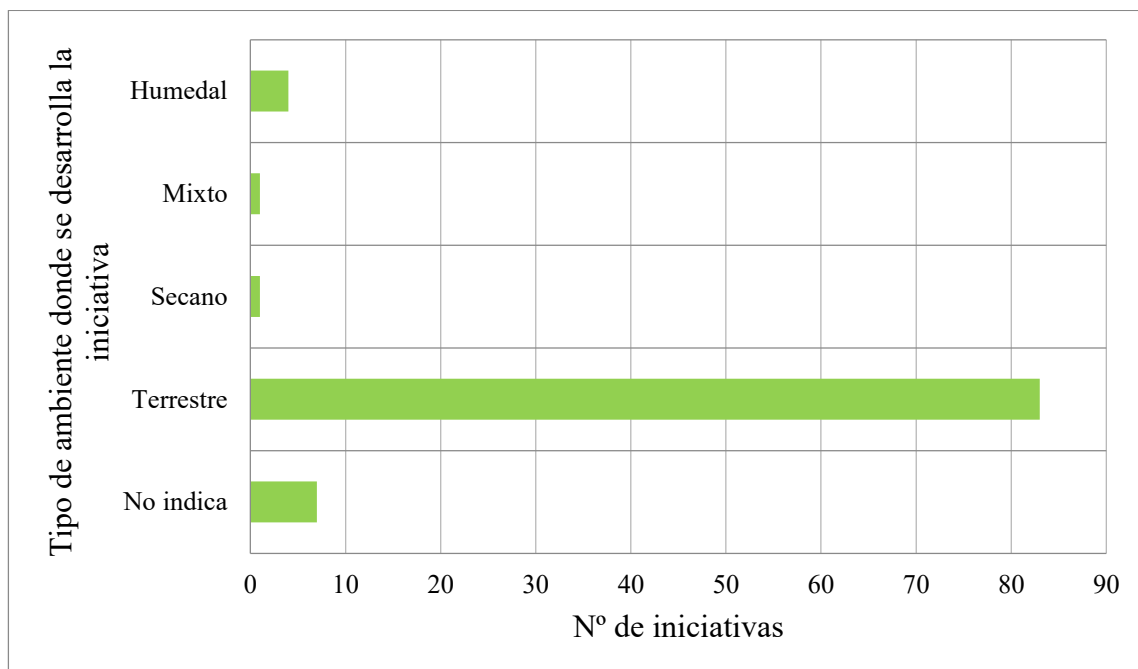


Figura 6. Tipo de ambiente en donde se realizan las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

En cuanto al tipo de uso de suelo que antecede al restaurar en las diferentes iniciativas, fueron reportados siete tipos: arcilloso, bosque nativo, humedal, mixto, rocoso, terreno agrícola y terreno silvícola (Figura 7). De los tipos de uso de suelo identificados, el que fue reportado con mayor frecuencia por los titulares de las iniciativas de restauración, fue el tipo de bosque nativo (41,7%) con un total de 40 menciones. El segundo tipo de uso de suelo que fue reportado con mayor frecuencia fue el terreno silvícola (37,5%) el cual fue el tipo de uso de suelo a restaurar en 36 iniciativas. El tipo de uso de suelo mixto (9,4%) fue mencionado en nueve iniciativas, y no se indicó el tipo de uso de suelo en siete iniciativas

(7,3%). En menor medida, respecto a las otras categorías de uso de suelo mencionado, los tipos de uso de suelo Arcilloso (1%), Humedal (1%), Rocoso (1%) y Terreno agrícola (1%) fueron indicados en una iniciativa cada uno, representando en conjunto un 4% del total de menciones.

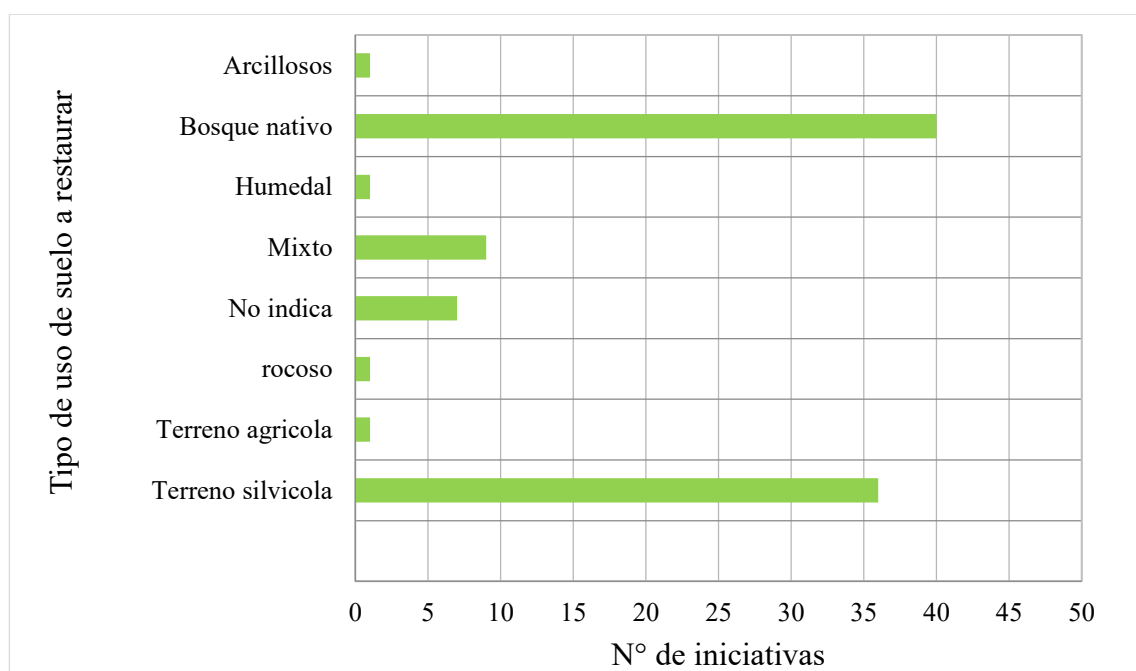


Figura 7. Tipo de uso de suelo anterior a la realización de las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

La superficie que se restauró en cada iniciativa también es un aspecto importante a considerar para comprender el alcance que tiene la restauración ecológica en Chile. En ese sentido, para caracterizar este aspecto, se generaron cuatro intervalos de superficies (ha) a partir de la información que entregaron los títulos

de las iniciativas de restauración, dichas categorías fueron: 1-10 ha, 10-100 ha, 100-1000 ha y mayor a 1000 ha (Figura 8). Mayoritariamente, las iniciativas de restauración indicaron superficies correspondientes al menor de los intervalos 1-10 ha (47,9%), correspondiente a 46 de las 96 iniciativas. El intervalo siguiente en cuanto a superficie 10-100 ha (34,4%) agrupa un total de 33 iniciativas de restauración, mientras que los dos intervalos que agrupan iniciativas con superficies mayores, 100-1000 ha (6,3%) y mayores a 1000 ha (4,2%), agrupan seis y cuatro iniciativas respectivamente. Finalmente, respecto a este punto, se encontraron siete iniciativas que no indican (7,3%) la superficie restaurada o afectada por actividades de restauración.

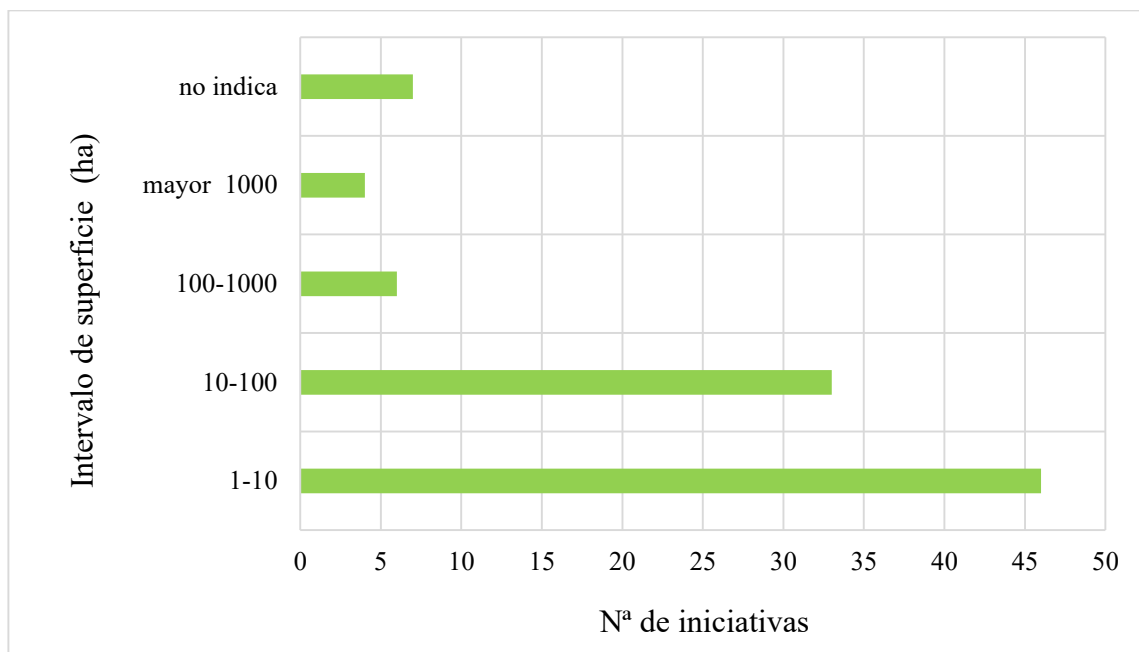


Figura 8. Intervalo de superficie restaurada (ha) en las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

Se lograron identificar 13 acciones de manejo de restauración (Figura 9), utilizadas actualmente en el área de estudio: (1) Colecta de germoplasma, (2) Contención de erosión, (3) Control de especies invasoras, (4) Descripción de ecosistema de referencia, (5) Educación ambiental, (6) Exclusión de ganado, (7) Mejorar condiciones (físicas, químicas o biológicas), (8) Monitoreo tras la restauración, (9) Plantación de especies nativas, (10) Producción de plantas nativas, (11) Recuperación de ecosistemas acuáticos, (12) Rescate y reintroducción de fauna, (13) Trabajo con comunidades locales. Estas acciones, sin embargo, no son utilizadas en igual proporción dentro de las iniciativas de restauración ecológica.

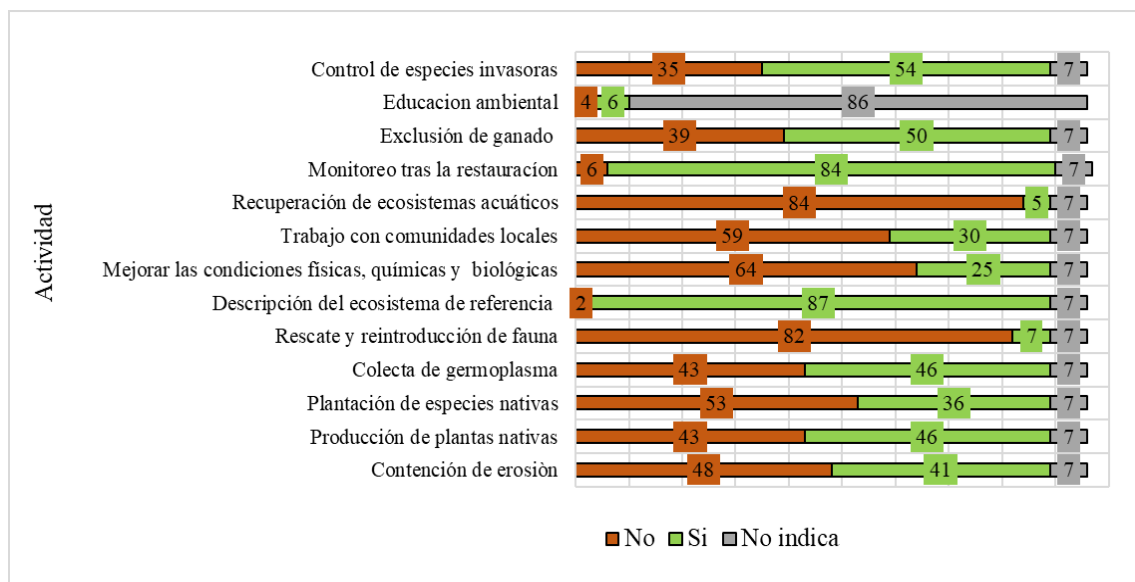


Figura 9. Acciones de restauración implementadas en las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del MMA.

La acción que fue utilizada de manera más frecuente en las iniciativas de restauración fue la descripción de ecosistema de referencia (90,6%) estando presente en 87 iniciativas, y en segundo lugar, se identificó al monitoreo tras la restauración (86,5%) como la segunda acción de manejo utilizada con mayor frecuencia en el área de estudio, siendo considerada en 83 iniciativas de restauración. Luego, con porcentajes de consideración sobre el 50% se encuentra el Control de especies invasoras (56,3%) y la Exclusión de ganado (52,1%), siendo utilizadas como acción de manejo en 54 y 50 iniciativas respectivamente. Por otra parte, cuatro acciones de manejo fueron utilizadas en porcentajes entre el 25 % y 50% de las iniciativas, siendo éstas: la Producción de plantas nativas (47,9%) con 46 iniciativas, la Plantación de especies nativas

(37,5%) con 36 iniciativas, el Trabajo con comunidades locales (31,3%) con 30 iniciativas, y Mejorar las condiciones (físicas, químicas o biológicas) (26%) con 25 iniciativas de restauración. Mientras que las acciones de manejo que fueron utilizadas de manera menos frecuente no superan el 10% de consideración en las iniciativas revisadas: el Rescate y reintroducción de fauna (7,3 %) con siete iniciativas, Educación ambiental (6,3%) y la Recuperación de ecosistemas acuáticos (5,2%) con cinco iniciativas.

Respecto a las iniciativas consultadas a expertos en restauración, veintisiete de ellos fueron consultados, dentro de los cuales 15 de ellos respondieron positivamente (Apéndice A), reuniendo un total de 32 iniciativas. De esta manera, se indican primeramente cuáles fueron las causas de degradación de ecosistemas (Figura 10) identificadas por los titulares de las iniciativas de restauración. Entre las 32 iniciativas hubo 43 menciones, dentro de las que es posible diferenciar 11 causas de degradación. Las dos más importantes resultaron ser los Incendios (25,6%) y Especies invasoras (23,3%) con 11 y 10 menciones respectivamente. En segundo orden de importancia se encuentran causas de degradación de ecosistemas que tienen un porcentaje de consideración entre el 5% y 10% de las menciones, las cuales son: Agricultura (9,3%) con cuatro menciones, Tala ilegal (9,3%) con cuatro menciones, Urbanización (9,3%) con cuatro menciones, Ganadería (7%) con tres menciones e Industria forestal (7%) con tres menciones. Finalmente, con un porcentaje de

consideración menor al 5% se identificaron cuatro causas de degradación, las cuales sólo fueron mencionadas una vez y tienen un porcentaje de consideración del 2,3% cada una: cambio climático, erosión, herbivoría y turismo.

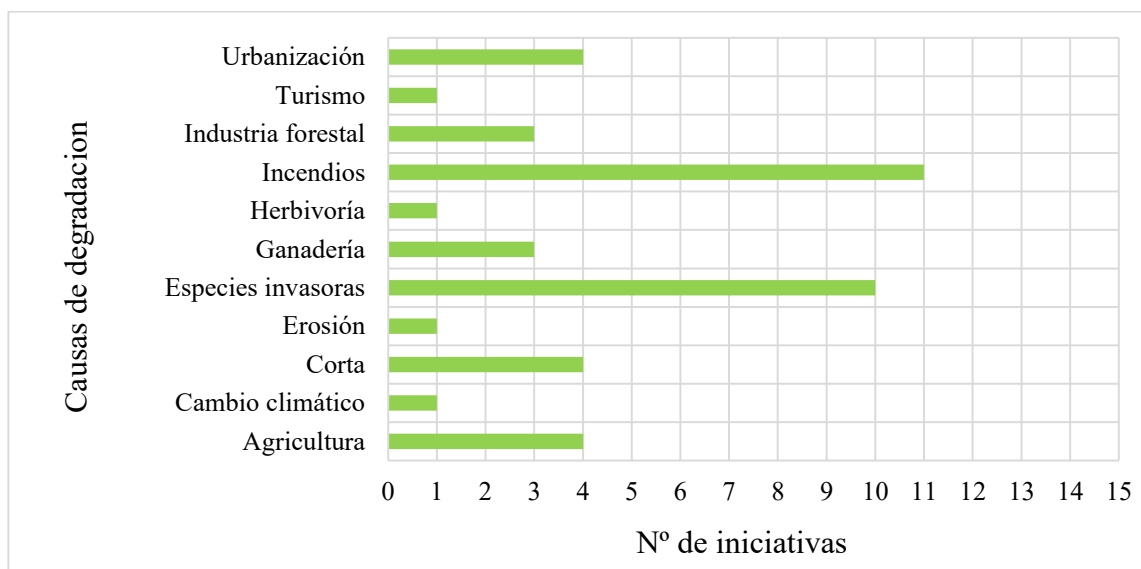


Figura 10. Causas de degradación de las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos

Se consultó a los expertos si en sus iniciativas de restauración se realizó algún tipo de actividad o tratamiento previo a las acciones de manejo, en los sitios de restauración de cada iniciativa. De esta manera, se contabilizaron 39 menciones dentro de las cuales se identificaron diez tipos de respuesta: Análisis de suelo, Control de invasoras, Ecosistema de referencia, Estudio de cuenca, Línea Base, Manejo Adaptativo, Manejo de residuos forestales, Ninguno, Sistema de regadío,

Zonificación (Figura 11). De estas acciones de manejo, la que fue implementada de manera más frecuente fue el Análisis de suelo (33,3%) con 13 menciones. En segundo lugar, se ubica la realización de Línea base (20,5%) con un total de ocho menciones. Luego, con porcentajes de consideración cercanos al 10% se encuentra el Control de especies invasora (10,3%) y Zonificación (10,3%) ambas con 4 menciones cada una. Las acciones de manejo restantes cuentan con porcentajes de consideración menores al 10%, éstas son: Ecosistema de referencia (5,1%), Manejo adaptativo (5,1%), Manejo de residuos forestales (5,1%), Ninguna (5,1%), Estudio de cuenca (2,6%) y Sistema de regadío (2,6%).

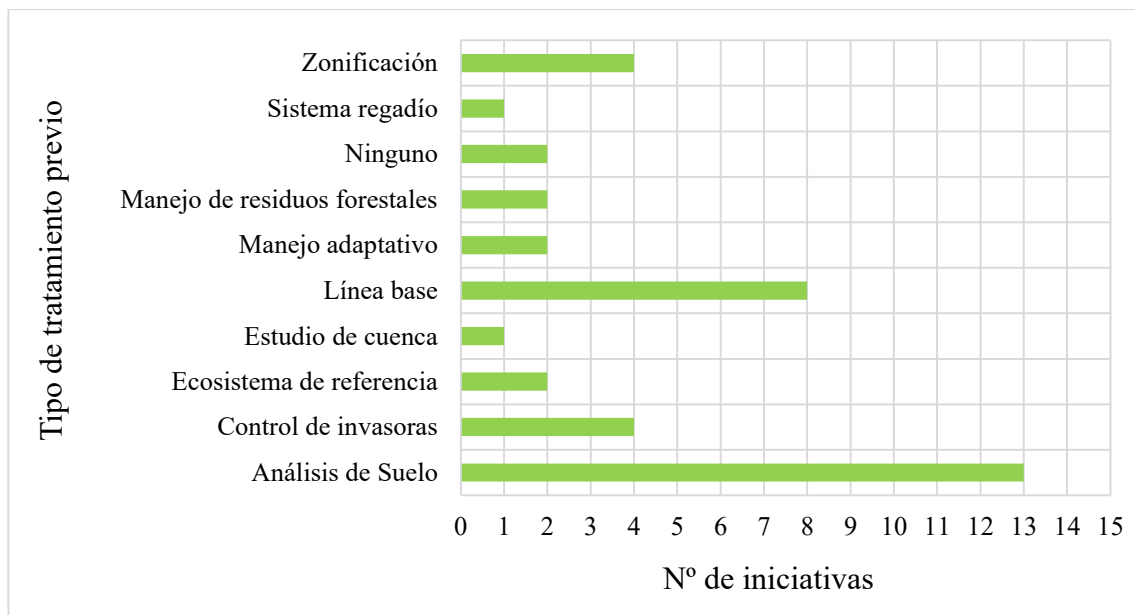


Figura 11. Tipos de tratamiento de sitio previos utilizados en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

Respecto a las temporadas o estaciones del año en que se implementaron las acciones de manejo, en las iniciativas de restauración ecológica consultados a expertos, la temporada del año que registra mayor frecuencia fue el invierno (53,1%) con 17 menciones (Figura 12). Mientras que el otoño (25%) fue la segunda estación del año seleccionada con mayor frecuencia para realizar las acciones de manejo, con ocho iniciativas. La primavera (9,4%) y el verano (3,1%) tuvieron una participación menor, siendo seleccionadas en sólo tres y una iniciativa respectivamente. Además, las tres iniciativas restantes indicaron que realizaron actividades en su sitio de restauración de manera anual (9,4%).

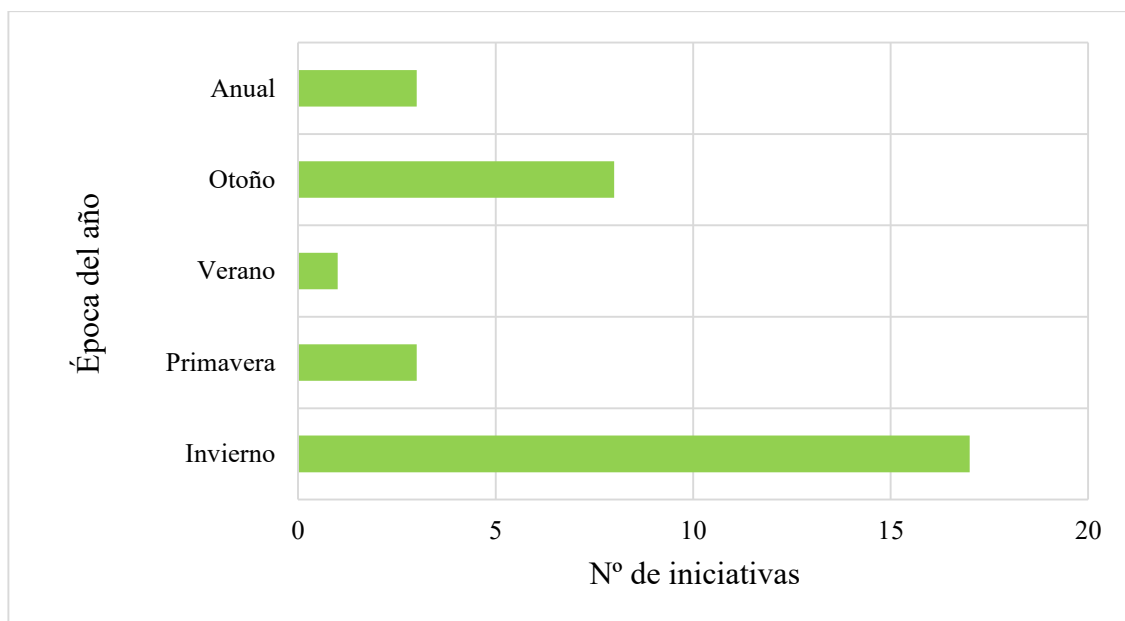


Figura 12. Época del año en que se realizaron actividades en iniciativas de restauración ejecutadas por expertos clave.

También fue consultado si las iniciativas de restauración consideraron la regeneración natural presente en sus sitios previamente a la ejecución de sus acciones. En base a ese punto, los resultados indican que el 75% de las iniciativas si consideró la regeneración natural en la planificación de sus actividades, cinco iniciativas no la consideraron (15,6%) y en tres iniciativas se indicó que no había regeneración natural (9,4%) (Figura 13).

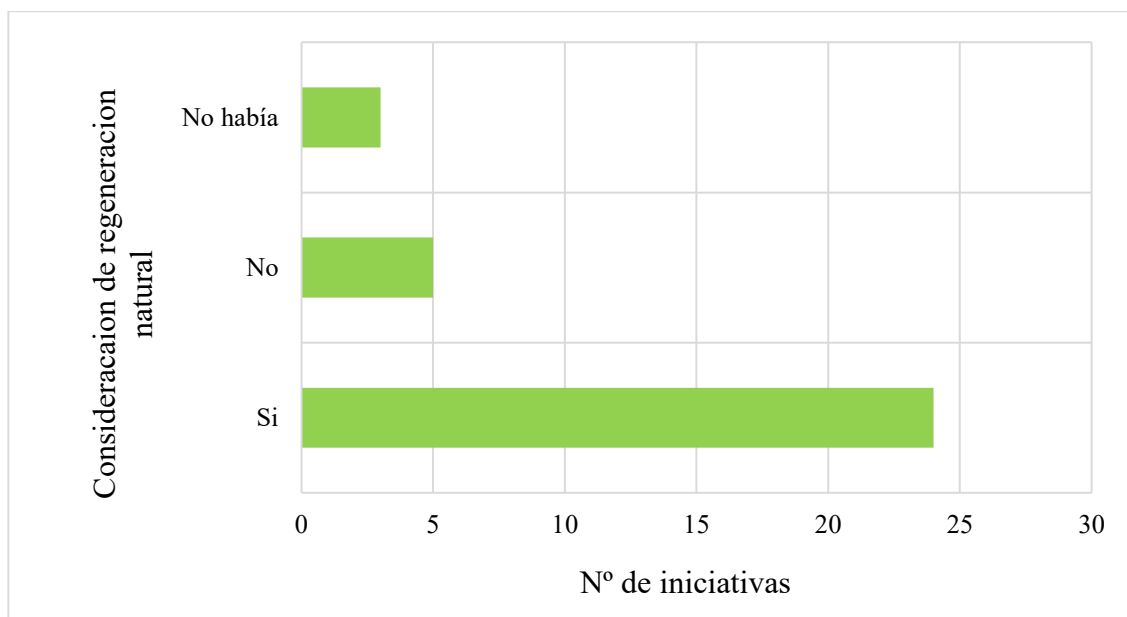


Figura 13. Iniciativas de restauración ejecutadas por expertos que consideran regeneración natural dentro de sus actividades.

Los tipos de restauración con que los expertos identifican sus iniciativas fueron seis, y se muestran en la Figura 14: (1) Experimento de restauración, (2) Obras

de conservación, (3) Reforestación, (4) Rehabilitación, (5) Restauración y (6) Sustitución. Siendo la categoría utilizada con mayor frecuencia la Restauración (56,3%) con 18 iniciativas, seguida de los Experimentos de restauración (18,8%) con 6 iniciativas y Rehabilitación (15,6%) con cinco. Mientras que los tipos de iniciativa Obras de conservación (1,3%), Reforestación (1,3%) y Sustitución (1,3%), solo fueron señaladas una vez cada una.

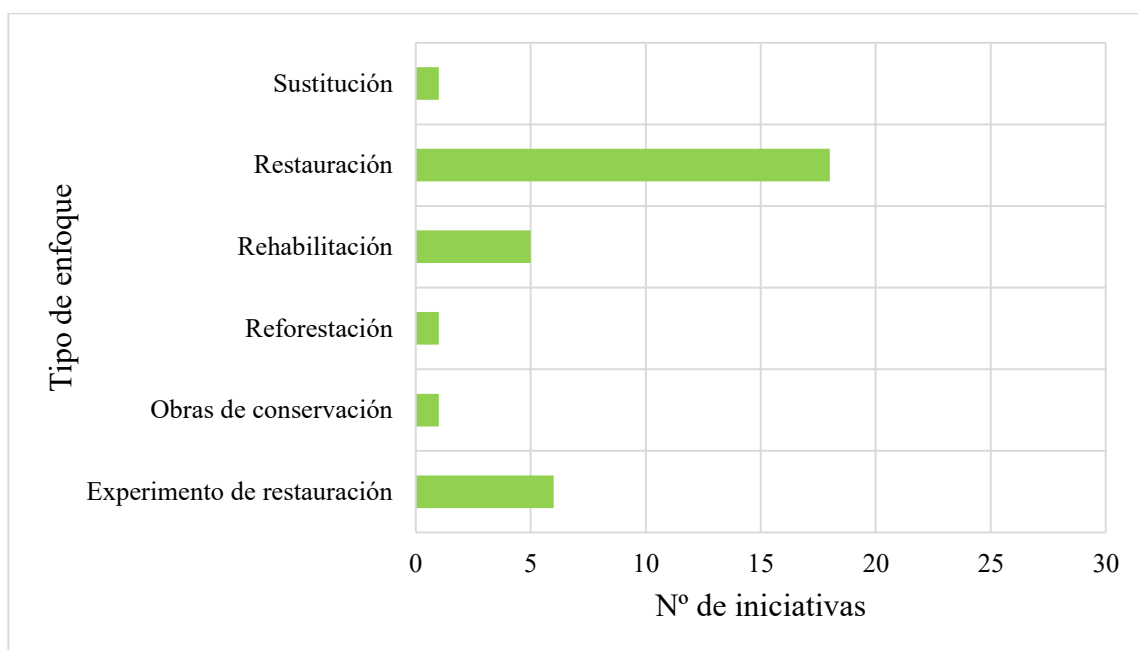


Figura 14. Tipos de enfoque de restauración con las que se identifican las iniciativas ejecutadas por expertos.

En cuanto al tipo de ecosistema a restaurar, fueron tres categorías principalmente (Figura 15): Bosques templados (37,1%) con 13 sitios, Bosque esclerófilo

(22,9%) con ocho sitios y Matorral (11,4%) con cuatro sitios de restauración. El tipo de formación vegetal Bosque de Roble, Raulí y Coihue (5,7%), se utilizó dos veces como descripción del ecosistema a restaurar. Mientras que las ocho categorías restantes, que se identificaron en las respuestas de expertos, sólo fueron utilizadas una vez (2,9%). Entre estas últimas se encuentran, por ejemplo: Bosques ribereños, Bosques de Araucaria-Lenga, Bosque Valdiviano, Bosque esclerófilo, Bosque de Ruil y Hualo, entre otros.

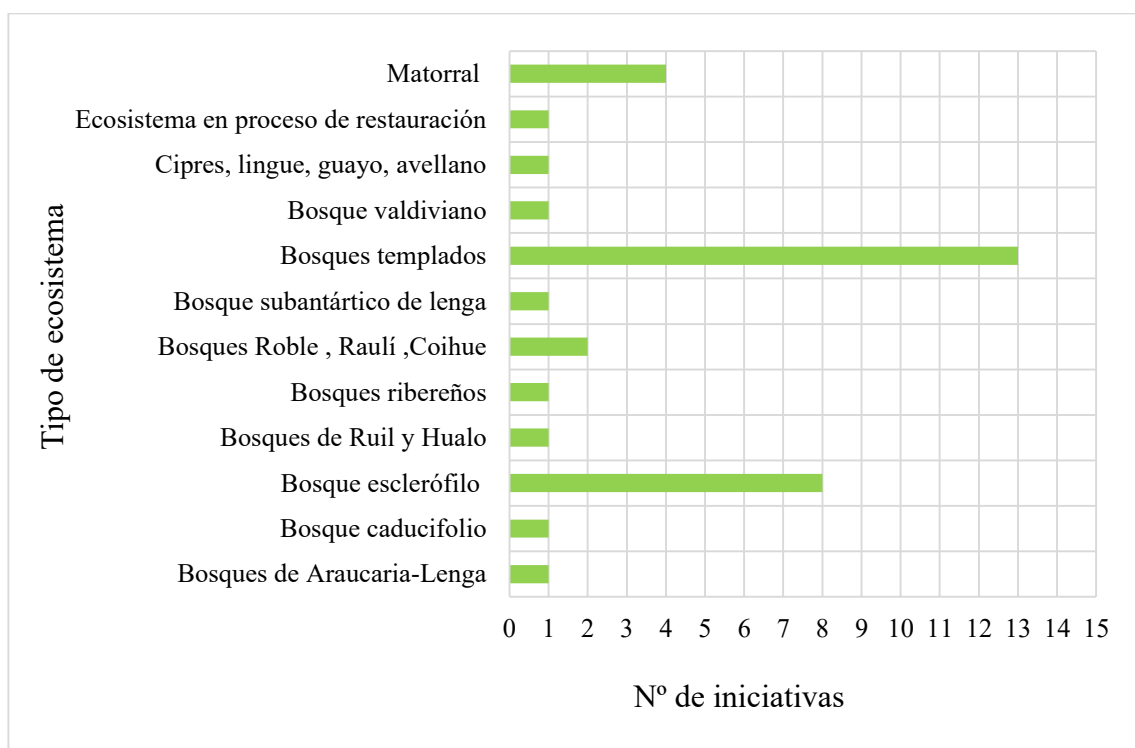


Figura 15. Tipos de ecosistema restaurado en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

Los valores de superficie restaurada por iniciativa se agruparon en cuatro intervalos de superficie (Figura 16), entre los cuales, el que acumuló mayor número de iniciativas fue el menor a 10 ha (62,5%) con 20 de las 32 iniciativas revisadas. Con valores entre 10 ha y 100 ha, se identificaron seis iniciativas (18,8%). Con porcentajes de representatividad menores al 15%, pero con mayor superficie, están las iniciativas con valores entre 100 ha y 1000 ha (12,5%) y valores entre 1.000ha y 12.000 ha (6,3%) con dos iniciativas.

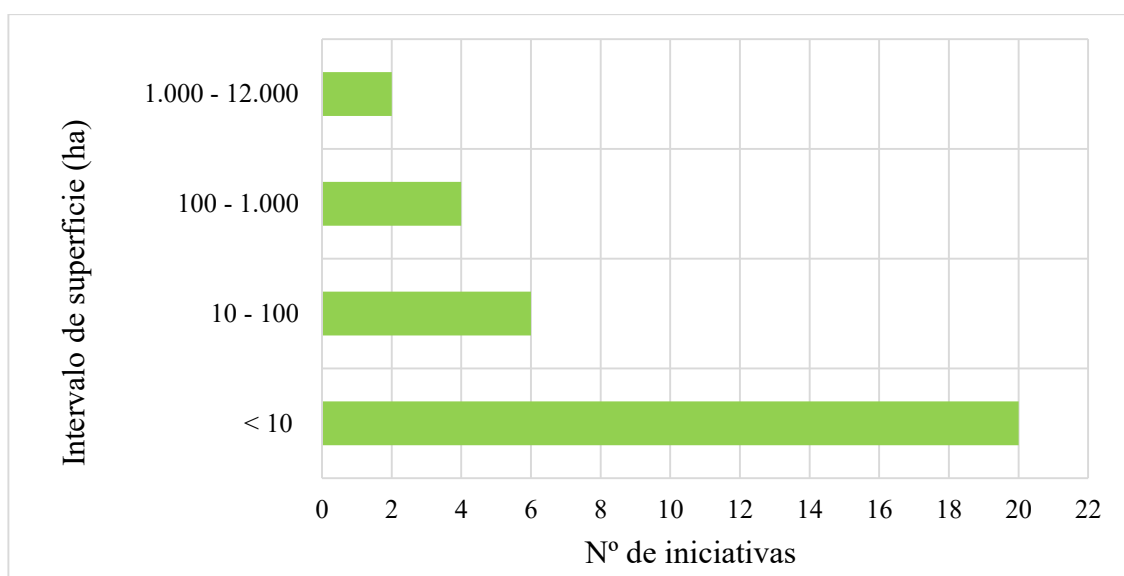


Figura 16. Intervalo de superficie restaurada en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

En cuanto al tipo de financiamiento, la principal fuente fueron fondos privados (53,1%) con 17 iniciativas financiadas de esta manera (Figura 17). Los públicos

(28,1%), en este caso, apoyaron 9 iniciativas de restauración, mientras que las 6 iniciativas restantes utilizaron fondos del tipo Público-Privado (18,7%).

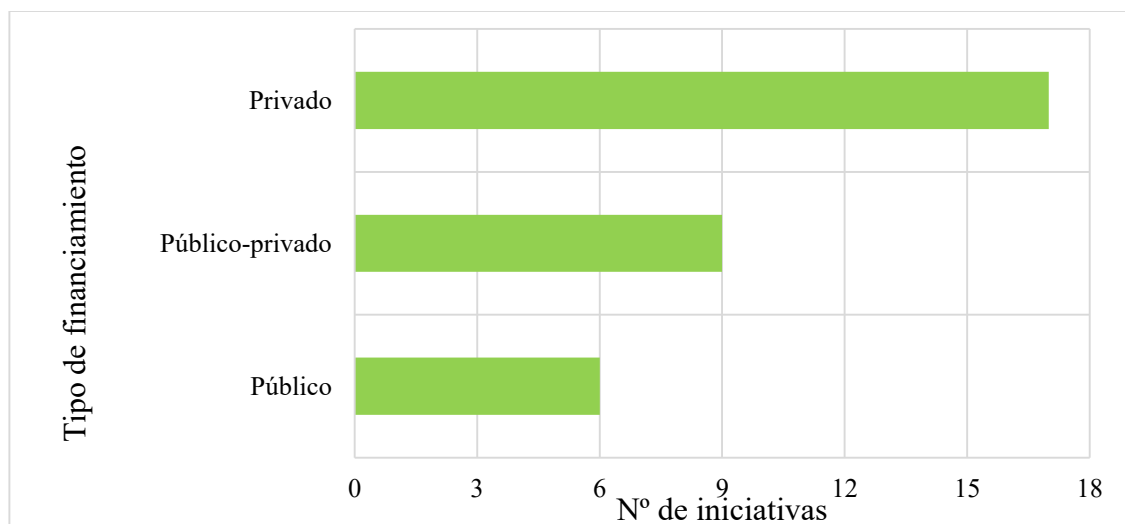


Figura 17. Tipo de financiamiento de las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

De estos fondos, la entidad que financió mayor número de iniciativas fue CONAF (21,9%) con siete iniciativas financiadas de manera independiente (Figura 18), en cinco iniciativas a modo de asociación FIBN-CONAF (15,6%) y en una iniciativa como Transelec-CONAF (3,1%). Mientras que las entidades de tipo privado que financiaron mayor número de iniciativas fueron Forestal Mininco (9,2%) con tres, y la Fundación Senda de Darwin (6,3%) con dos iniciativas. Las 12 fuentes de financiamiento restantes señaladas por expertos, sólo financiaron

una iniciativa cada una (3,1%), a excepción de la categoría Particulares (6,2%) que apoyaron dos iniciativas de restauración.

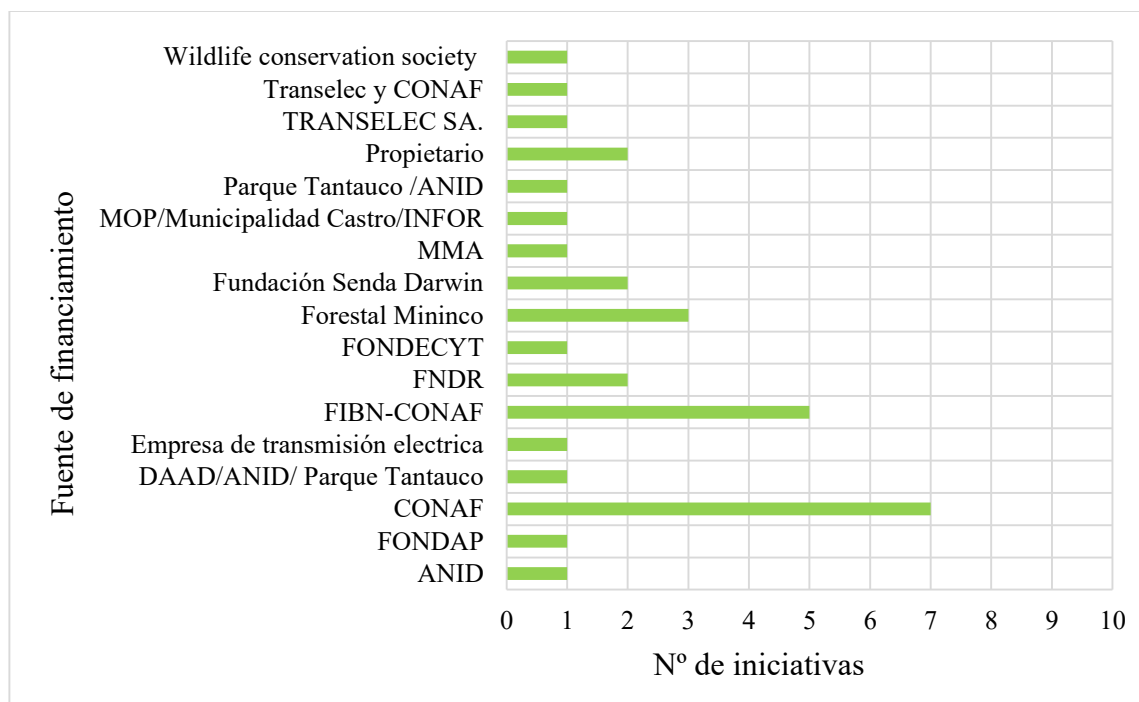


Figura 18. Detalle de las fuentes de financiamiento indicadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

Para la introducción de plantas en el sitio de restauración de cada iniciativa, se identificaron cinco técnicas utilizadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos (Figura 19). Algunas iniciativas utilizaron más de una técnica, por lo que en total se registraron 37 menciones a la técnica utilizada para introducir plantas, siendo dos las más importantes y frecuentes mediante: plántulas (43,2%) y semillas (37,8%), con utilización 16 y 12 iniciativas respectivamente. El repique

(8,1%) y la regeneración natural (8,1%), fueron utilizadas cada una en 3 iniciativas, mientras que la Relocalización fue la técnica menos frecuente, utilizada en sólo una iniciativa de restauración.

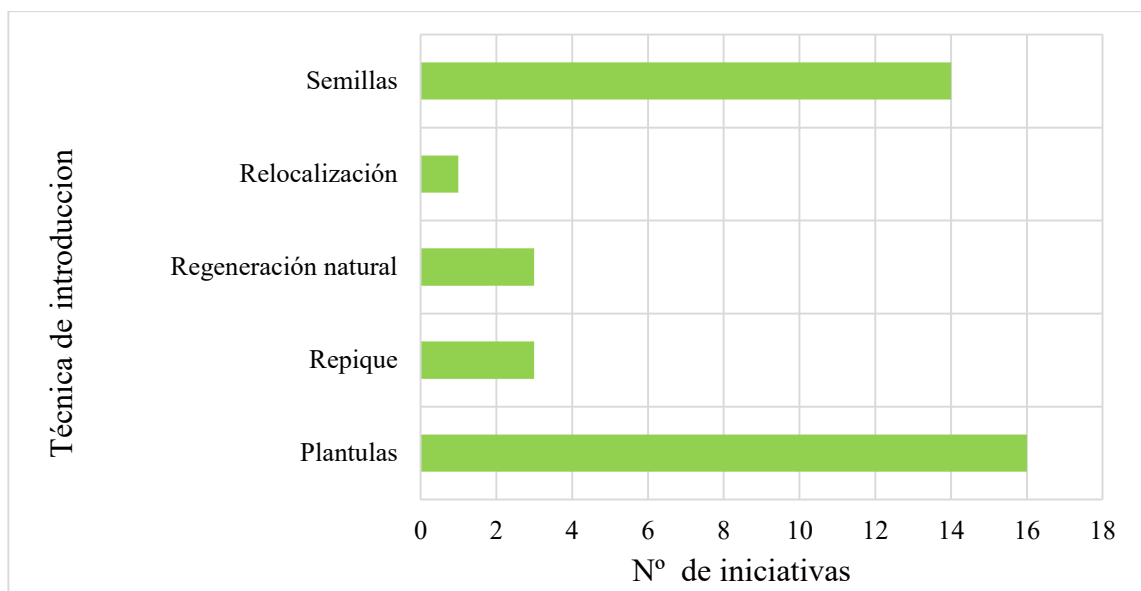


Figura 19. Tipos de técnicas de introducción de plantas utilizadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

Además, para aquellas iniciativas de restauración que utilizaron plántulas se consultó por la distribución espacial, identificándose nueve tipos (Figura 20): (1) Aleatoria, (2) Clusters, (3) En línea, (4) Enriquecimiento, (5) Individual, (6) Nodrizas, (7) Núcleos, (8) Patrón del ecosistema de referencia y (9) Sistemática. Algunas iniciativas utilizaron más de una técnica, además de dos iniciativas en que no hubo plantación. La distribución espacial de plántulas más utilizada fue en Clusters (21,6%) con 8 iniciativas, seguida de la plantación en Núcleos (16,2%) y usando Nodrizas (13,5%), con cinco y cuatro iniciativas

respectivamente. Tanto la distribución Aleatoria (8,1) y en Línea (8,1%), fueron utilizadas en tres iniciativas cada una. Las tres técnicas de distribución restantes: Patrón ecosistema de referencia (5,4%), Individual (5,4%) y Sistemática (5,4%), fueron seleccionadas en dos iniciativas cada una.

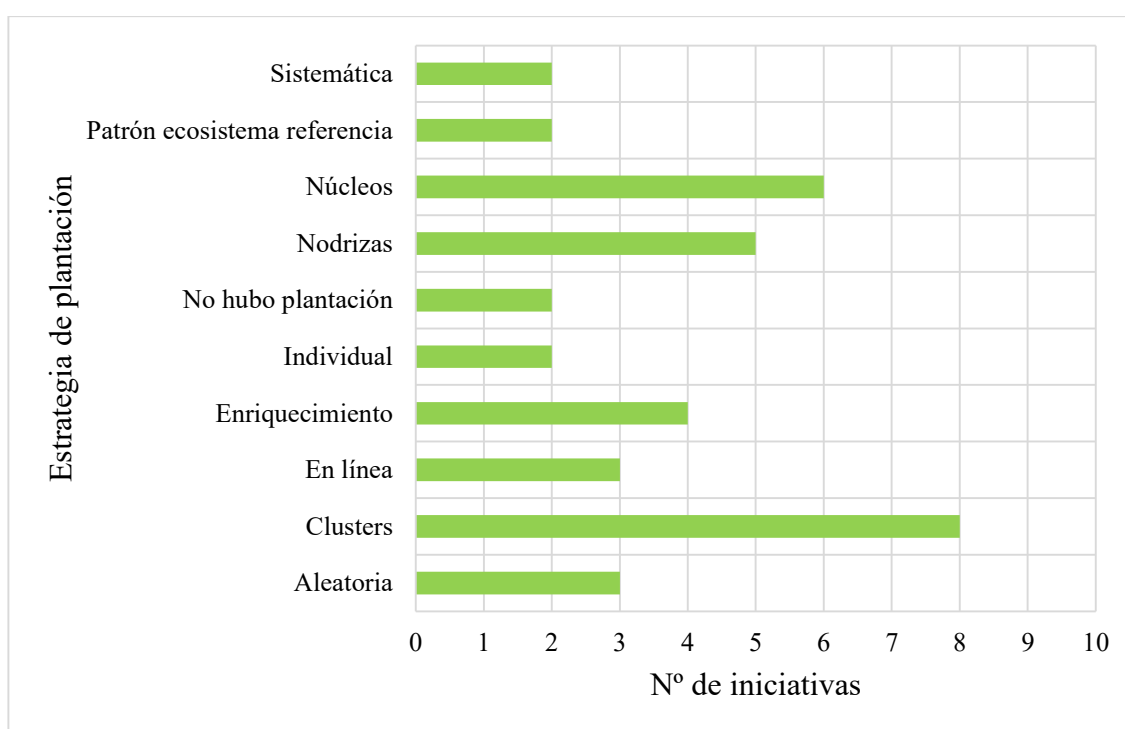


Figura 20. Estrategia de restauración al plantar utilizada en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

La consideración de especies arbustivas además de arbóreas, en las iniciativas de restauración ecológica ejecutadas por expertos (n=32), estuvo presente en

81,3% de los casos. Mientras que cinco iniciativas no consideraron especies arbustivas (15,6%), y una iniciativa no indica (3,1%) si consideró o no (Figura 21).

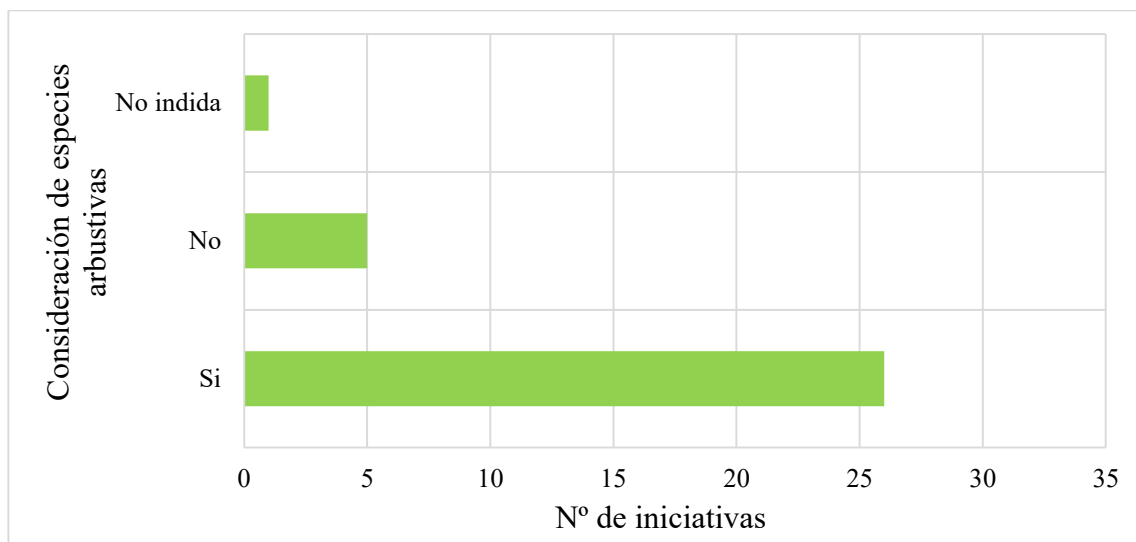


Figura 21. Iniciativas de restauración ejecutadas por expertos que consideran especies arbustivas dentro de sus actividades

En base a los datos obtenidos, se identificaron cinco tipos de monitoreo posterior a la implementación de las acciones de manejo para la restauración (Figura 22), de los cuales el más utilizado es el Monitoreo de sobrevivencia (74,3%) con presencia en 26 iniciativas. Cuatro iniciativas (11,4%) indican haber realizado monitoreo de recuperación de la vegetación natural, y con porcentajes de uso menor a 10% se encuentran: Monitoreo de crecimiento (8,6%) con tres iniciativas, Monitoreo de daño por herbivoría (2,9%) y Monitoreo de materia orgánica (2,9%) con una iniciativa de restauración cada uno.

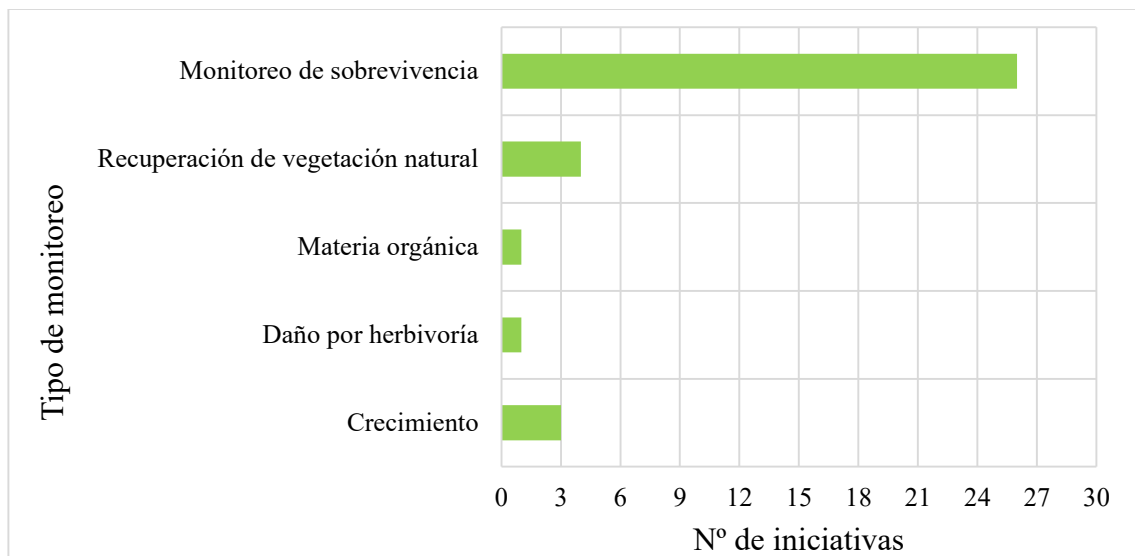


Figura 22. Tipos de monitoreo posteriores utilizados en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

Respecto a las especies que se utilizaron en las iniciativas de restauración impulsadas por expertos, tras la revisión se identificaron un total de 42 especies de vegetación leñosa de tipo arbórea y arbustiva (Tabla 1). La especie que fue utilizada con mayor frecuencia en estas iniciativas fue *Nothofagus dombeyi* (18,8%) con presencia en seis iniciativas. En segundo orden de importancia, se encuentran las especies *Cryptocaria alba* (12,5%) y *Quillaja saponaria* (12,5%), ambas utilizadas en cuatro iniciativas de restauración cada una. En tercer orden de importancia, se registraron cuatro especies, que fueron utilizadas para restaurar en tres iniciativas cada una (9,4%): *Eucryphia cordifolia*, *Maytenus boaria*, *Nothofagus oblicua* y *Schinus molle*.

Luego, se observaron 11 especies que fueron utilizadas en dos ocasiones cada una (6,3%): *Acacia caven*, *Aextoxicon punctatum*, *Embothrium coccineum*, *Gevuina avellana*, *Lithrea caustica*, *Luma apiculata*, *Luma Chequén*, *Nothofagus nítida*, *Peumus boldus*, *Pilgerodendron uviferum* y *Pinus radiata*. Mientras que las 24 especies restantes, sólo fueron utilizadas en una iniciativa cada una (3,1%), entre las cuales se encuentran: *Amomyrtus meli*, *Fuchsia magellanica*, *Laurelia sempervirens*, *Lomatia ferruginea*, *Pinus radiata*, *Rhaphithamus spinosus*, *Ugni molinae*, entre otras. Sólo una iniciativa no realizó plantación de individuos dentro de sus actividades, y centró sus esfuerzos en otras acciones de manejo.

Por otra parte, respecto al estado de conservación de las especies utilizadas en las iniciativas de restauración impulsadas por expertos, en base al Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 17º Proceso de Clasificación RCE (actualizado a mayo de 2022) del Ministerio del medio ambiente de Chile. De las 42 especies utilizadas, sólo cuatro de ellas se encuentran en un estado de conservación de amenaza, estas son: *Aextoxicon punctatum* (VU), *Drymis winteri* (EN), *Porlieria chilensis* (VU), y *Prosopis chilensis* (VU). Mientras que 35 de las especies restantes, no se encuentran evaluadas o clasificadas aún por este reglamento, y a dos de ellas: *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, no aplica dicho reglamento pues son especies exóticas introducidas con fines comerciales.

Tabla 1 Especies utilizadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos

Nombre científico	Nombre común	Familia	Frecuencia
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Coihue	Nothofagaceae	6
<i>Cryptocaria alba</i>	Peumo	Lauraceae	4
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	Quillajaceae	4
<i>Eucryphia cordifolia</i>	Ulmo	Cunoniaceae	3
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	Celastraceae	3
<i>Nothofagus oblicua</i>	Roble	Nothofagaceae	3
<i>Schinus polygamus</i>	Huingán	Anacardiaceae	3
<i>Peumus boldus</i>	Boldo	Monimiaceae	2
<i>Acacia caven</i>	Espino	Fabaceae	2
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Olivillo	Aextoxicaceae	2
<i>Embothrium coccineum</i>	Notro	Proteaceae	2
<i>Gevuina avellana</i>	Avellano	Proteaceae	2
<i>Lithrea caustica</i>	Litre	Anacardiaceae	2
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	Myrtaceae	2
<i>Luma chequen</i>	Chequén	Myrtaceae	2
<i>Nothofagus nitida</i>	Coihue de Chiloé	Nothofagaceae	2
<i>Pilgerodendron uviferum</i>	Ciprés de las	Cupressaceae	2
<i>Pinus radiata</i>	guaitecas	Pinaceae	2

Nombre científico	Nombre común	Familia	Frecuencia
<i>Acacia dealbata</i>	Pino insigne	Fabaceae	1
<i>Amomyrtus meli</i>	Aromo	Myrtaceae	1
<i>Aristotelia chilensis</i>	Meli	Elaeocarpaceae	1
<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Maqui	Myrtaceae	1
<i>Colliguaja odorifera</i>	Temu	Euphorbiaceae	1
<i>Drymis winteri</i>	Colliguay	Winteraceae	1
<i>Escallonia pulverulenta</i>	Canelo	Escalloniaceae	1
<i>Eucalyptus globulus</i>	Madroño	Myrtaceae	1
<i>Flourensia thurifera</i>	Eucalipto	Asteraceae	1
<i>Fuchsia magellanica</i>	Asteraceae	Onagraceae	1
<i>Laurelia sempervirens</i>	Chilco	Atherospermata	1
<i>Laureliopsis philippiana</i>	Laurel	ce	1
<i>Lomatia ferruginia</i>	Tepa	Monimiaceae	1
<i>Nothofagus alpina</i>	Fuinque	Proteaceae	1
<i>Nothofagus pumilio</i>	Raulí	Nothofagaceae	1
<i>Porlieria chilensis</i>	Lenga	Nothofagaceae	1
<i>Prosopis chilensis</i>	Guayacán	Zygophyllaceae	1
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	Tamarugo	Fabaceae	1
<i>Saxegothaea conspicua</i>	Arrayán macho	Verbenaceae	1
<i>Senna candoleana</i>	Maño hembra	Podocarpaceae	1

Nombre científico	Nombre común	Familia	Frecuencia
<i>Senna cummingii</i>	Quebracho	Fabaceae	1
<i>Senna stipulacea</i>	Alcaparra	Fabaceae	1
<i>Sophora cassioides</i>	Quebracho	Fabaceae	1
<i>Ugni molinae</i>	Pelú	Fabaceae	1
	Murtilla	Myrtaceae	

Las acciones de manejo que se implementaron en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos fueron 14 en total (Figura 23). De estas acciones, aquellas que fueron implementadas de manera más frecuente fueron la plantación de individuos (37,5%) y la exclusión de ganado (37,5%), las cuales fueron implementadas en 12 iniciativas cada una. En segundo orden de importancia se encuentra el control de especies exóticas (34,4%) con 11 iniciativas, seguida del manejo de la regeneración natural (31,3%) con 10 iniciativas en que fue implementada. Con porcentajes de consideración menores al 25% y superiores al 10% se encuentran tres acciones de manejo: el control de lagomorfos (21,9%) con siete iniciativas, riego de establecimiento (12,5%) y sombreado (12,5%) ambas con cuatro iniciativas cada una. Con porcentajes de consideración menor al 10% se encuentra el resto de las acciones de manejo, en orden decreciente: enriquecimiento (9,4%) con tres iniciativas, aplicación de herbicidas (6,3%), cosecha de aguas lluvia (6,3%), educación ambiental (6,3%)

con dos iniciativas, aplicación de fertilizantes (3,1%), exclusión de humanos (3,1%) e instalación de perchas para aves (3,1%) con solo una iniciativa.



Figura 23. Acciones de restauración implementadas en las iniciativas de restauración ejecutadas por expertos.

3.2 Principales desafíos, obstáculos, amenazas y oportunidades de restauración de ecosistemas forestales en Chile.

Los desafíos de restauración descritos por los expertos fueron 10 (Figura 24): (1) mejorar las técnicas de restauración, (2) restauración por niveles espaciales (3) ampliar fuentes de financiamiento (4) mejorar la oferta de viveros (5) documentar experiencias de restauración (6) utilizar ecosistema de referencia (7) integrar

perspectiva socio ecológica (8) crear plan nacional de restauración (9) restauración a mediano/largo plazo y (10) capacitaciones profesionales.

La categoría que más se frecuentó fue mejorar las técnicas de restauración con 8 menciones, seguida por mejorar la oferta de viveros y la capacitación de profesionales con 6 y cuatro menciones respectivamente. Con tres menciones se encuentran dos categorías: ampliar las fuentes de financiamiento y utilizar ecosistemas de referencia. Los desafíos para una restauración que incluya distintas escalas niveles espaciales, documentar experiencias de restauración, integrar perspectiva-socio ecológica, restauración a mediano/largo plazos fueron repetidos dos veces cada uno. Finalmente, con una mención crear un plan nacional de restauración y sistemas de gobernanza.

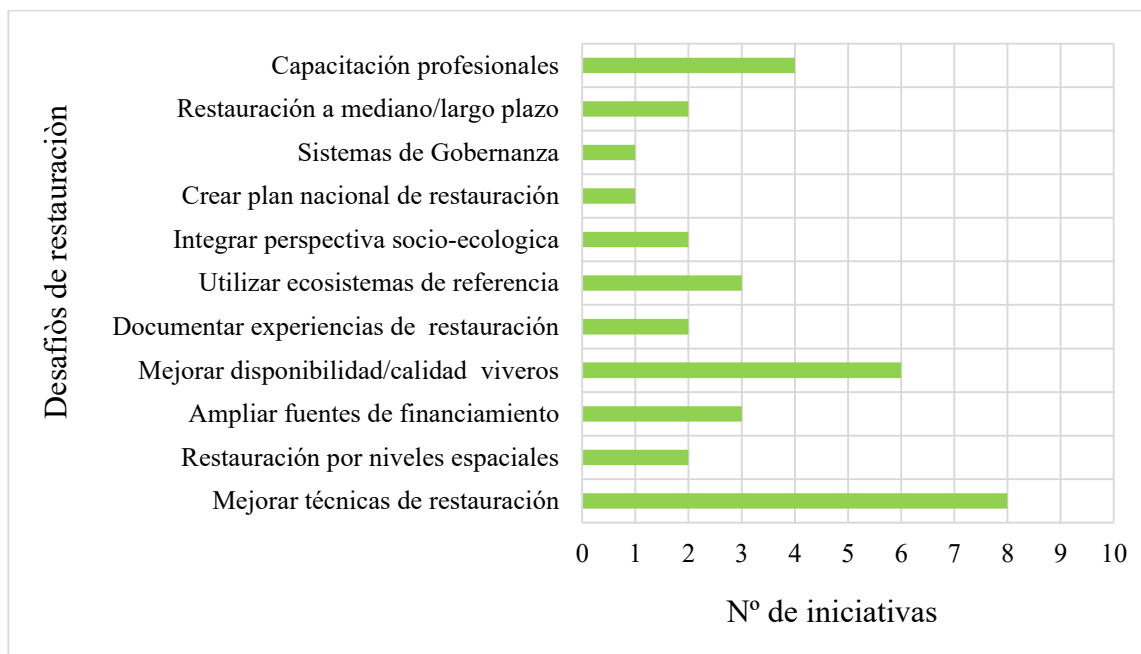


Figura 24. Desafíos de restauración mencionados por expertos.

Los obstáculos descritos por los expertos fueron 8 (Figura 25): (1) fragmentación de paisajes (2) sistema tenencia de tierras (3) pocos incentivos económicos (4) costos elevados (5) selección de especie adecuada (6) supervivencia de plántulas (7) falta de seguimiento (8) carencia de planes de restauración a nivel de país. Siendo el sistema de tenencia el obstáculo más identificado con 4 menciones. A continuación, podemos detectar pocos incentivos económicos y supervivencia, ambas con 3 menciones. Posteriormente la fragmentación de paisajes y los costos elevados fueron obstáculos aludidos con 2 menciones cada uno. Por último, con solo una mención observamos la selección de especies

inadecuada, falta de seguimiento y carencia de planes de restauración a nivel de país.

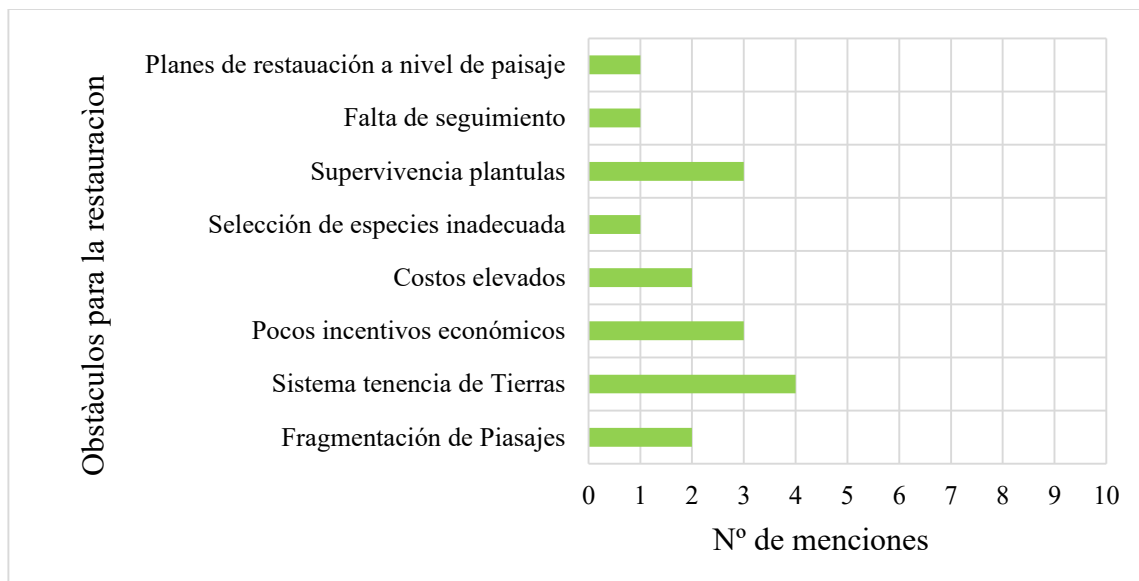


Figura 25. Obstáculos de restauración mencionados por expertos.

Las amenazas descritas por los expertos fueron 7 en total (Figura 26). (1) expansión urbana, (2) subdivisión de propiedad, (3) herbivoría, (4) incendios, (5) sequías, (6) pérdida de motivación y, (7) escasez de experiencias exitosas. Tres categorías fueron identificadas con dos menciones cada una, correspondiente a expansión urbana, subdivisión de propiedad y sequías. Luego se detectaron cuatro amenazas con solo una mención: herbivoría, incendios, pérdida de motivación y escasez de experiencias exitosas.

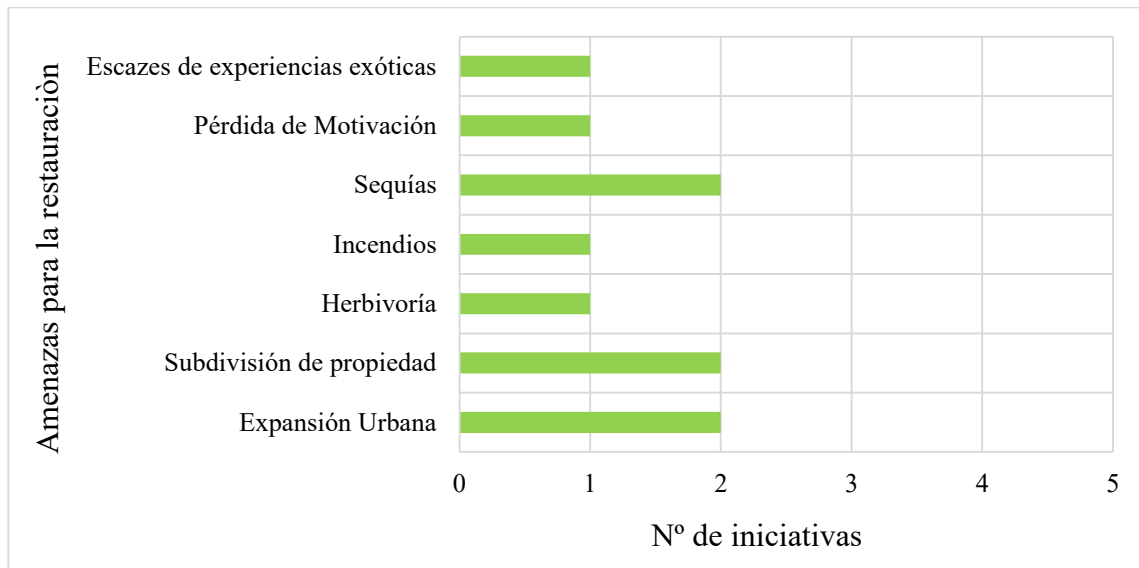


Figura 26. Amenazas a la restauración mencionadas por expertos clave.

Las oportunidades de restauración identificadas por los expertos fueron 6 (Figura 27): (1) acuerdos internacionales (2) acuerdos y leyes nacionales (3) aumento de la conciencia ambiental, (4) diversidad de ecosistemas y comunidades, (5) fuente laboral y (6) provisión de servicios ecosistémicos. Acuerdos y leyes nacionales fue la variable más destacada con 7 menciones. Luego con una baja considerable de menciones se encuentra los acuerdos internacionales con 3 alusiones. El aumento de la conciencia ambiental fue identificado con dos menciones. Con solo una mención hallamos la diversidad de ecosistemas y comunidades, fuente laboral y provisión de servicios ecosistémicos.

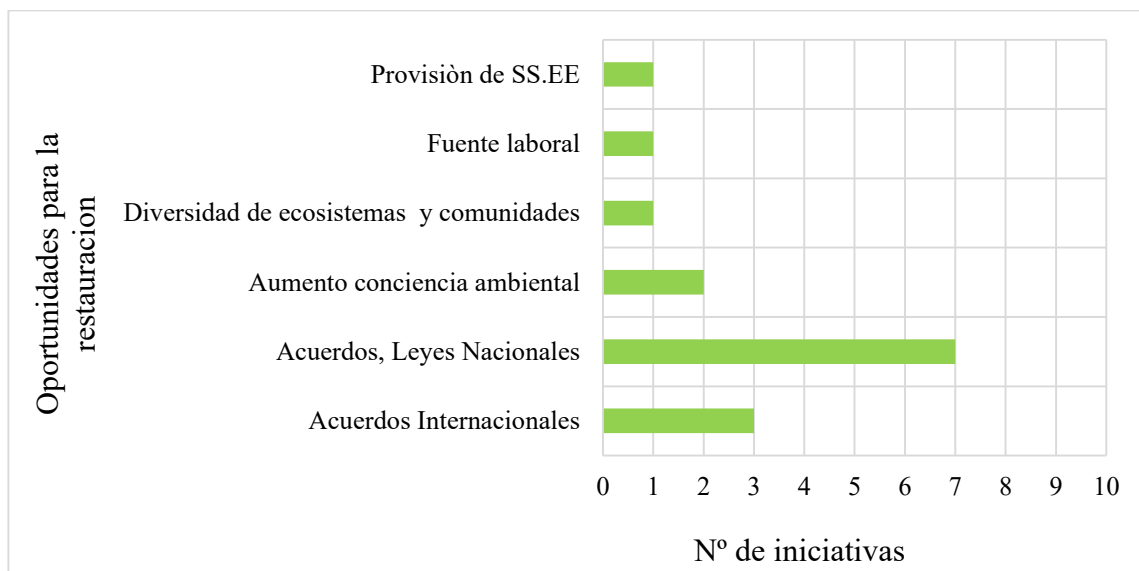


Figura 27. Oportunidades a la restauración mencionadas por expertos.

La Tabla 2, agrupa y resume los principales desafíos y oportunidades. Las oportunidades identificadas fueron cinco: (1) Acuerdos y leyes nacionales y acuerdos internacionales (2) conciencia ambiental (3) diversidad de ecosistemas y comunidades (4) fuente laboral y (5) ecosistemas proveedores de servicios ecosistémicos. Los acuerdos y leyes nacionales fueron mencionadas en 7 ocasiones, seguida por acuerdos internacionales con tres menciones. A continuación, encontramos el aumento de la conciencia ambiental con dos menciones, y finalmente se encuentra con una mención la diversidad de ecosistemas y comunidades, fuente laboral y provisión de servicios ecosistémicos. Por su parte, los desafíos fueron 26; sin embargo, las categorías más sobresalientes fueron; mejorar las técnicas de restauración con 8

menciones, aumentar la oferta de viveros fue elegida en 6 ocasiones, capacitación de profesionales y sistema de tenencia de tierras fue elegida en 4 oportunidades y supervivencia de plántulas con 3 menciones.

Tabla 2. Resumen de principales desafíos y oportunidades.

Oportunidades	Desafíos
Acuerdos y leyes nacionales y acuerdos internacionales (3)	Mejorar técnicas de restauración (8)
Conciencia ambiental (2)	Aumentar la oferta de viveros (6)
Fuente laboral (1)	Capacitación profesionales (4)
Ecosistemas proveedores de S.S.E.E. (1)	Tenencia de tierra (4)
	Supervivencia de plántulas (3)

IV. DISCUSIÓN

En esta sección se desarrollan 12 tópicos principales en torno a las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales del Centro y Sur de Chile: (1) ubicación y distribución espacial, (2) causas de degradación, (3) tipo y fuente de financiamiento, (4) superficie, (5) tratamiento previo a las acciones de restauración (6) acciones de manejo implementadas, (7) tipos de ecosistema restaurados, (8) especies utilizadas, (9) distribución espacial de individuos cuando se introducen plantas, (10) formas de realizar el monitoreo, (11) oportunidades y desafíos de las iniciativas de restauración y, finalmente, (12) recomendaciones al catastro de iniciativas de restauración. Estos tópicos describen la relación entre los resultados del estudio y la implicancia que genera en la restauración ecológica.

4.1 Ubicación y distribución espacial de las iniciativas de restauración en el Centro y sur de Chile

La ubicación de las iniciativas de restauración ecológica en Chile muestra una clara tendencia en este estudio realizado. Tras examinar el catastro público del Ministerio de MMA, se logró identificar 96 iniciativas dentro del área de estudio, los cuales están distribuidos en ocho regiones del país. Entre estas regiones, se destaca la presencia de un gran número de iniciativas en tres de ellas: Maule

(42,7%), Biobío (12,5%) y La Araucanía (11,5%). Estos resultados son relevantes desde una perspectiva ecológica, ya que las regiones del Maule, Biobío y La Araucanía son reconocidas por su diversidad de ecosistemas y su importancia en términos de biodiversidad al estar ubicados en Chile central dentro del *hotspot* de biodiversidad, delimitado por (Arroyo et al., 2008) entre los 25 y 47°S desde la costa del pacífico hasta las cumbres andinas, incluido la estrecha franja costera entre los 19 y 25°S, incluyendo Chile central, Norte Chico y parte del sur de Chile (IX hasta parte de la XI Región), más las islas Juan Fernández y una pequeña zona en Argentina correspondiente a una pequeña zona de bosques adyacentes (CONAMA, 2008). Un área para calificar como *hotspot* debe al menos tener un 0,5% de las especies de plantas endémicas de todo el mundo, es decir 1500 de las 300,000 especies de plantas clasificadas como endémicas, Chile presenta 1605. Además de cumplir este criterio, la zona debe presentar al menos una pérdida del hábitat primario del 70% o más, Chile presenta exactamente este porcentaje de pérdida (Myers et al., 2000).

Además en esta zona se encuentra la cordillera de Nahuelbuta, entre las regiones de la Araucanía y Biobío, la cual representa un alto valor ecológico, sin embargo ha presentado cambios en el tiempo en sus patrones espaciales en el tiempo según un estudio realizado por (Otavo y Echeverría, 2017), el cual documentó una pérdida total de cobertura boscosa de bosque nativo del 33.2% entre 1986 y 2011, con una tasa de deforestación del 1.6% año, siendo más intensa en

bosques nativos primarios que bosques secundarios, principalmente por sustitución a plantaciones exóticas.

Otro estudio realizado en esta zona es el realizado por (Echeverría et al., 2006), que estimó entre los años 1975 y 2000 una pérdida de bosque nativo del 67% en la Cordillera de la Costa de las regiones del Maule y Biobío, a una tasa de deforestación del 4,5% año. Al mismo tiempo, las plantaciones de especies exóticas aumentaron en el tiempo, su superficie inicial en 1975 era un 5%, luego en 1990 un 17% y, finalmente un 36,6% de la superficie evaluada. La causa principal es la sustitución hacia plantaciones forestales, ya que un 53% de bosque nativo se ha convertido gradualmente en plantaciones forestales. Ambos estudios confirman la pérdida en el tiempo de bosque nativo por sustitución a plantaciones forestales. Por consiguiente, si bien es un buen indicio que se concentren las iniciativas en estas regiones del país, sin lugar a duda es importante continuar realizando iniciativas de restauración ecológica en las regiones del Maule, Biobío y La Araucanía en términos de conservación de la biodiversidad y recuperación de los ecosistemas, debido a su ubicación en el *hotspot* de biodiversidad.

4.2 Causas de degradación

En el caso de los ecosistemas forestales contenidos dentro del área de estudio, en base a los resultados de este trabajo, se detectaron 11 causas de degradación tanto en el catastro del MMA como en la consulta a expertos. Se puede evidenciar que los incendios son la causa más relevante entre las iniciativas revisadas, revelando la importancia de este proceso sobre los ecosistemas. Dentro de las causas de degradación listadas en el catastro público del Ministerio del medio ambiente la segunda causa más frecuente fue “otras” con 34 iniciativas, otorgando incertidumbre sobre esta elección.

A continuación, se discute en torno a la relación de las seis principales causas de degradación (Incendios, Especies invasoras, Agricultura y ganadería, Industria forestal, Urbanización, Turismo), y su relación con la restauración de ecosistemas forestales.

4.2.1 Incendios

Los incendios han sido señalados como una de las principales causas de degradación de los ecosistemas forestales en el área de estudio, con un 40,3 % y un 25,6% en el catastro del MMA y la consulta expertos, respectivamente. Este tipo de perturbación tiene el potencial de alterar de manera importante la integridad de los ecosistemas, pues son capaces de modificar su estructura y composición, lo cual afecta y modifica interacciones ecológicas clave del sistema y sus procesos naturales de sucesión (González-Molina et al., 2022). En el caso

de los incendios con alta severidad, gran extensión y que se repiten frecuentemente, pueden desencadenar procesos erosivos que aumentan la duración y magnitud de los impactos provocados en los ecosistemas (Jaksic y Fariña, 2015). Anualmente se queman entre 20.000 y 85.000 hectáreas de vegetación, perdiéndose tanto su biodiversidad como los servicios ecosistémicos que esa vegetación provee (Nicolcar et al., 2015). En términos generales, la severidad e intensidad del fuego, tipo de combustible y condiciones ambientales, determinan los efectos de los incendios sobre la estructura y dinámica de la vegetación (Schimmel y Granstrom, 1996). Los incendios que alcanzan altos niveles de severidad consumen la cobertura vegetal y dejan el suelo mineral expuesto a la erosión, exposición que se hace más grave durante la temporada de lluvias (Neary et al., 2005). Por otra parte, producto de los incendios puede aumentar la impermeabilidad en los suelos afectados, lo cual reduce la infiltración del suelo e incrementa la escorrentía superficial, provocando en consecuencia erosión y el traslado de sedimentos que son transportados a los cursos de agua contaminándolos (Peterson et al., 2007). Entre los efectos más destacables de los incendios sobre la vegetación, se encuentra la muerte de individuos que conforman el ecosistema forestal (Donoso Zegers, 1997). Mientras que los árboles sobrevivientes, además de los daños físicos por quemaduras, experimentan un aumento de la susceptibilidad a ser afectados por insectos, hongos y enfermedades (Maldonado, 2005). De forma complementaria, algunos efectos indirectos sobre la vegetación son la pérdida de hábitat, alteración del

ciclo de nutrientes, alteración del ciclo hidrológico, modificación del pH del suelo y mayor exposición al viento, lo cual en conjunto dificulta los procesos de recuperación o restablecimiento de la cobertura vegetal en las zonas afectadas por incendios (Cochrane, 2003).

En el caso de la zona mediterránea de Chile, los ecosistemas son sensibles a los incendios, ya que el fuego no parece estar naturalmente integrado dentro de la dinámica de los ecosistemas generando efectos significativos sobre la vegetación (Montenegro et al., 2003). En términos generales, la flora que se ha desarrollado en estos ecosistemas no presenta estrategias de regeneración evolutivamente ligadas al fuego. Lo cual produce que la regeneración post-incendios de la vegetación nativa no sea tan exitosa, dando paso a la colonización de ambientes afectados por parte de especies exóticas o invasoras (Ávila et al., 1981). De esta forma, la vegetación en Chile no sería fuego dependiente (Montenegro et al., 2004) y, por lo tanto, sus diferentes formaciones vegetacionales responderán de forma diferente a los incendios. Principalmente, en función de las especies que forman parte de cada formación vegetal, y las adaptaciones que estas especies han generado a partir de otro tipo de disturbios, como sequías, deslizamientos de tierra o volcanismo (Jaksic y Fariña, 2015).

4.2.2 Especies invasoras

Las especies invasoras representan una amenaza significativa para los ecosistemas forestales en Chile y el mundo, ya que tienen el potencial de propiciar procesos de pérdida de biodiversidad, servicios ecosistémicos y degradación de hábitat (Moreno-Casasola, 2022). Por ejemplo, las especies exóticas invasoras pueden alterar la composición y estructura de un ecosistema forestal, al competir con las especies nativas por recursos necesarios para su desarrollo, tales como: nutrientes, luz y agua (Vidal et al., 2015). Esta competencia con las especies nativas puede generar la disminución de la diversidad biológica y la regeneración natural de los ecosistemas forestales. En relación con lo anterior, señala que algunas especies forestales exóticas, como el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y el pino radiata (*Pinus radiata*), se han plantado de manera extensiva con fines comerciales, lo cual ha tenido como consecuencia la reducción de la biodiversidad nativa y homogeneización de ecosistemas forestales (Fuentes et al., 2014). Por lo que se resalta la importancia de implementar estrategias de control de especies invasoras en iniciativas de restauración en Chile, así como fomentar la restauración de los ecosistemas afectados por estas especies, con el fin de preservar la salud y la funcionalidad de los bosques nativos (PNUD, 2017).

4.2.3 Agricultura y ganadería

El crecimiento de la agricultura y la ganadería representa una presión considerable sobre los ecosistemas forestales en Chile dentro del área de

estudio. Esto ocurre ya que la conversión o habilitación de bosques nativos en zonas de pastoreo y cultivo provoca fragmentación de ecosistemas forestales, al reducir el tamaño de los bosques y aumentar la distancia entre ellos, afectando de manera negativa la funcionalidad y conectividad de estos ecosistemas (Mancilla Ruiz et al., 2022). En particular, la habilitación de los bosques en superficies de uso ganadero y agrícola ha sido señalada como una de las causas más importantes de la pérdida de biodiversidad en Chile (Romero et al., 2014). Asociadas a la expansión agrícola y ganadera, se han reportado prácticas no sustentables, como el sobrepastoreo, que degrada la vegetación natural y compacta el suelo, comprometiendo la capacidad de recuperación de los ecosistemas (Ramírez et al., 2012). Con el objetivo de mitigar esta degradación, resulta de vital importancia promover prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles, que consideren los impactos negativos que puedan tener estas actividades sobre la vegetación y el suelo, tomando medidas para mitigar impactos negativos y facilitar la conservación de los ecosistemas forestales (Moreno-Casasola, 2022). Un ejemplo de esto es la implementación de estrategias de restauración de tierras agrícolas y ganaderas, que han sido afectadas, zonificando el área para tener sectores destinados a la producción, y otros con exclusión de ganado mediante cercos para favorecer procesos de restauración.

4.2.4 Industria Forestal

La industria forestal cumple un rol significativo tanto en la degradación, como en la restauración de los ecosistemas forestales en Chile. En cuanto a la relación con la industria forestal y la degradación de ecosistemas forestales, se ha señalado que la expansión de las plantaciones forestales favorece la fragmentación de bosques nativos, lo cual altera patrones estructurales y composicionales de los bosques y sus procesos ecológicos asociados (Little y Lara., 2010). Los bosques chilenos son clave en la conservación de la biodiversidad, puesto que pertenecen a un punto caliente o *hotspot* de biodiversidad (Romero et al., 2014), sin embargo, estos bosques han sufrido muchos cambios por las presiones de la actividad forestal, poniendo en peligro su conservación y el conjunto de servicios ecosistémicos que proporcionan (Mancilla Ruiz et al., 2022). De manera complementaria, las prácticas inadecuadas de manejo de plantaciones forestales como la tala selectiva intensiva y la falta de planificación contribuyen a la degradación de ecosistemas forestales (Little y Lara., 2010).

Por otra parte, la industria forestal tiene el potencial para contribuir de manera importante en la restauración de la estructura y composición de ecosistemas forestales, mediante la adopción de estrategias de manejo forestal sustentable e implementación de acciones de restauración que favorezcan procesos de regeneración natural (Grosse y Rosselot, 2016). Además, por el alcance geográfico que tiene la industria forestal en Chile, se destaca la importancia de

promover procesos de gestión responsable y planificación integral de las actividades forestales, para asegurar el éxito de la restauración a mediano y largo plazo: considerando aspectos económicos, sociales y ambientales.

4.2.5 Urbanización

La urbanización o expansión urbana, genera degradación de ecosistemas forestales al reducir la superficie de cobertura forestal, alterar patrones hidrológicos y fragmentación de hábitat en zonas cercanas a los asentamientos urbanos (Cursach et al., 2012). Otros de los efectos negativos que produce la urbanización sobre los ecosistemas forestales, es la degradación de suelos forestales (compactación, contaminación, erosión) y la disminución de la biodiversidad en zonas cercanas a ambientes urbanos (McKinney, 2006).

Estos impactos negativos pueden ser contrarrestados mediante la planificación urbana sostenible, la cual puede contribuir a la restauración de los ecosistemas forestales en entornos urbanos, a través de la consideración e incorporación de áreas verdes, estrategias de diseño urbano sustentables, consideración o creación de corredores biológicos (Rouget et al., 2006). En relación con lo anterior, para asegurar el éxito de los enfoques de urbanización sustentable, se deben acordar estrategias y políticas de ordenamiento territorial, con regulaciones que permitan mitigar los efectos negativos de la urbanización sobre los ecosistemas forestales (Silva et al., 2021). Esto significa que, si la expansión

urbana se lleva a cabo de manera responsable y coordinada, es posible que esta ocurra sin generar efectos negativos sobre la conservación de la biodiversidad o la integridad de los ecosistemas forestales.

4.2.6 Turismo

El turismo ha aumentado significativamente en los últimos años en Chile, entre los años 2006 y 2016 se ha duplicado la llegada de turistas extranjeros con un crecimiento anual del 9,5%, promovidos principalmente por la naturaleza, paisajes, la flora y fauna del país (Subsecretaría de Turismo, 2017). Algunos de los impactos negativos del turismo sobre ecosistemas forestales están asociados al turismo masivo, el cual puede generar contaminación, compactación del suelo y pérdida de biodiversidad (Repetto Giavelli y Cabello Cabalin, 2015). Este tipo de turismo por lo general requiere el desarrollo de infraestructura turística en áreas naturales o sus zonas adyacentes, como: senderos, caminos, zonas de acampar, hoteles, que pueden fragmentar hábitats naturales y alterar procesos ecológicos (Cerdeira, 2011).

Estos efectos negativos del turismo en ecosistemas forestales pueden ser contrarrestados o mitigados, mediante la implementación de estrategias de turismo sustentable. Que promueven prácticas que generan conciencia en cuanto a la relevancia de la conservación y restauración de ecosistemas forestales, tales como: participación de comunidades locales o educación ambiental (Bourlon,

2020). Estas estrategias deben ser apoyadas por políticas públicas y regulaciones que permitan garantizar que el turismo se lleve a cabo de manera responsable con el medio ambiente y las comunidades locales, al promover la restauración y conservación de ecosistemas forestales (Román y Font, 2014).

4.3 Tipo y fuente de financiamiento

El tipo y la fuente de financiamiento es un aspecto interesante que considerar en las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales, ya que nos permite saber quiénes las están ejecutando, ámbitos de acción, sus motivaciones, entre otros. Los resultados en este trabajo muestran similitudes en cuanto al tipo de financiamiento, siendo las iniciativas privadas los principales entes encargados de realizar restauración, reflejando una notable tendencia hacia las iniciativas privadas con un 77,1 % del total de iniciativas listadas en el catastro del MMA, el origen de los fondos es mayoritariamente de Forestal Arauco y CMPC, que lideran este proceso con un 38,5% y 30,2% respectivamente de las iniciativas. Por su parte, la consulta a expertos muestra una tendencia hacia los fondos privados con un 53,1% de las preferencias sobre un 28.1% de fondos públicos siendo financiadas por CONAF en 7 iniciativas. También es relevante señalar que Forestal Mininco financia 3 iniciativas, que al igual que Forestal Arauco y CMPC son empresas del rubro forestal.

El estudio realizado por (Smith-Ramírez et al., 2015), da cuenta que las grandes empresas forestales como Mininco S.A. y Forestal Arauco realizan restauración ecológica, en parte como compromisos de certificación, específicamente como compensación a la sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales desde 1994. Estas certificaciones no siempre son realizadas por interés genuino por parte de las empresas, sino vistas como apertura a posibles nuevos mercados (Talamilla Diaz, 2018). Sin embargo, es importante la contribución que pueden realizar las empresas forestales sobre el medio ambiente en general ya que su patrimonio y sus ámbitos de acción están ligados a bosques. Es un aspecto positivo cuando estas empresas están a favor de políticas, acciones o iniciativas medioambientales. Un ejemplo es Forestal Arauco, que desde el año 2004 publica anualmente reportes ambientales con el objetivo de entregar información sobre el desempeño ambiental, social y económico los cuales están disponibles en su plataforma oficial (<https://www.arauco.cl/chile/sostenibilidad/reportes-de-sostenibilidad/>).

Esta empresa forestal es la primera en ser certificada carbono neutral correspondiente al año 2020, y su meta es disminuir 1 millón de toneladas de Co2 al 2030 como solución a la crisis climática, otro aspecto ambiental más recientemente destaca que durante 2022 no tuvo procesos sancionatorios por la superintendencia de Medio Ambiente, y se amplió el certificado de Manejo Forestal FSC (Arauco, 2022). En su último reporte 2022 Arauco señala que su

patrimonio forestal es de 1.012.066 hectáreas, siendo 605.795 ha con plantaciones productivas. La cobertura de certificado FSC Y PEFC son para 1.006.124 (97,2%), con 283.190 ha de áreas protegidas. En el año 2022 obtuvo la cuarta certificación de Manejo Forestal Sustentable (CERTFOR). En términos de restauración Forestal Arauco tiene 11.662 ha en proceso de restauración y posee participación en el Consejo Nacional Asesor de Restauración en Chile y algunas colaboraciones como restauración de la ciénaga y Cerro Name a través de una mesa de diálogo con la comunidad, y participación de una iniciativa de restauración socioambiental en la comuna de Empedrado, Chile.

La otra empresa que se vio reflejada en los resultados fue CMPC, esta empresa en su informe integrado 2022 señala tener 1.329.885 ha, con un 69% de superficie dedicada a producción y un 31% a protección, conservación y otros usos no silvoagropecuarios. Esta empresa forestal al año 2022 se encuentra certificado un 98,3%. Al igual que Forestal Arauco, publica anualmente reportes que incluyen material ambiental, sin embargo, en su plataforma oficial solo se encuentran desde el 2016, permitiendo obtener información desde ese año. En general se señala que la protección y restauración de ecosistemas son la base de la mirada de largo plazo y se proponen como meta al año 2030 sumar 100.000 ha de conservación, protección o restauración a las más de 325.000 ha ya conservadas en Argentina, Brasil y Chile. Al año 2022 se han conservado, protegido y restaurado 406.828 ha, dentro de las cuales 24.165 han sido de

exclusiva restauración. (CMPC, 2022). En la zona Centro y sur de Chile se comprometió a restaurar 8738 al 2026, a la fecha se han restaurado más de 4 mil ha, equivalentes al 46% de la meta. Además, esta empresa no restaura de forma aleatoria, sino que, posee 14 criterios sociales y ambientales al momento de restaurar, entre los cuales se destaca la priorización de la restauración en Áreas de alto valor de conservación, también de ecosistemas cuya superficie disminuyó desde 1994, privilegiar sitios prioritarios, restauración en sitios erosionados, restauración de microcuencas y cursos de agua que abastecen a comunidades, entre otras.

Otros hitos son la creación de la gerencia de Medio Ambiente encargada supervisar que las operaciones de Celulosa y Biopackaging sean de acuerdo los más altos estándares globales relativos a cuidado ambiental (CMPC, 2020). Más recientemente la empresa anunció la creación del Corredor biológico más grande de Chile, entre las regiones del Biobío y La Araucanía dentro de su plan de reforestación y restauración ecológica que busca conservar y recuperar algunas especies como el pitao. Adicionalmente CMPC trabaja en dos corredores más: uno en la Región de la Araucanía que conectará la futura Reserva Nacional Contulmo y el Monumento Natural Contulmo y el otro une la Reserva Nacional Los RUILLES con un Área de Alto Valor de conservación (AAVC) de la empresa. (CMPC, 2023).

Se puede observar que ambas empresas forestales que son los principales entes en las iniciativas de restauración ecológica han tenido consideraciones medioambientales importantes al menos durante los últimos 20 años, a través de diferentes acciones como reportes, iniciativas, pactos, certificaciones y metas medioambientales, que sin duda contribuyen a la conservación, protección y restauración de la biodiversidad.

4.4 Superficie

La superficie restaurada es otro aspecto importante a tener en cuenta; en este estudio en particular los resultados obtenidos tanto del catastro público del Ministerio del medio ambiente como de los expertos encuestados reflejan que la gran mayoría de las iniciativas de restauración han sido a pequeña escala. El estudio muestra que los intervalos menores a 10 ha acumulan una mayor cantidad de iniciativas. Estos resultados son similares a los encontrados por (Smith-Ramírez et al., 2015), estudio que reunió cerca de 60 iniciativas abarcando superficies relativamente pequeñas.

Una razón considerable es la relativa nueva aparición de esta disciplina, la cual ha emergido desde la creación en 1988 en Wisconsin de la Sociedad de Restauración y Manejo que, posteriormente pasó a llamarse SER (Smith-Ramírez et al., 2015). Es más, el término restauración ecológica se remonta al

año 2004 en los Principios de SER Internacional sobre la Restauración Ecológica, describiéndolo como “el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER, 2004). Más recientemente en el año 2016 se creó la primera edición de Los principios y Estándares Internacionales para la Práctica de la Restauración Ecológica, los cuales se han actualizado a una segunda edición (Gann et al., 2019). Adicionalmente a estas prácticas sobre restauración existen los estándares de conservación, como se describe en su plataforma oficial, son *“principios y prácticas ampliamente adaptadas que reúnen conceptos, enfoques y terminología comunes para el diseño, la gestión y el seguimiento de iniciativas de conservación “*, siendo su primera versión en el año 2004, y su versión más actualizada el año 2020 (CMPC, 2020).

En Chile, el año 2020 ASÍ conserva Chile y Fundación Tierra Austral elaboraron los estándares para la conservación privada en Chile, (ASÍ Conserva Chile y Tierra Austral, 2020), mientras que el Plan Nacional de Restauración de paisajes 2021 – 2030 se aprobó el 2021 (MINAGRI *et al.* 2021). Por lo cual estas y las temáticas internacionales son realmente nuevas a nivel global y lo es aún más para Chile.

Algunos estudios con superficies relativamente pequeñas son descritos a continuación. Por ejemplo, Montaldo (1999) estudió entre 1965 y 1999 el efecto

de eliminar el pastoreo de animales en una pradera de dos hectáreas aproximadamente, evaluando entre otros indicadores, el número total de especies, en los años 1,3,4,10,25,34 posterior a la exclusión. En 1998, (Lara et al., 2008) sistematizó la experiencia del ensayo de restauración ecológica del Alerce (*Fitroya cupressoides*) en un área cercada de 2,74 ha, evaluando entre otros indicadores la supervivencia de la especie, el crecimiento medio en altura, y producción de semillas. Mientras tanto, Lara et al. (2014), en su trabajo “Ecología Forestal Bases para el manejo sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile” describen seis experiencias de restauración, dentro de las cuales se puede destacar tres iniciativas con superficie menor a 10 ha. En valle de Casablanca, Región de Valparaíso se desarrollan actividades de restauración en un predio de 4,4 ha, para restaurar un ecosistema del bosque Esclerófilo de Chile central. La segunda investigación fue en Villa Las Araucarias, Región de la Araucanía, con predios con propietarios diferentes, pero que abarcan una superficie de ocho ha. de exclusión dedicada a restauración ecológica. Noh et al. (2019) Sugiere la implementación de iniciativas de restauración a pequeña escala o locales por sobre iniciativas de conservación de gran escala para mitigar la deuda de extinción existente.

Por lo tanto, la superficie de las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en este estudio puede verse influidas por las, pocas experiencias, y el origen relativamente nuevo de prácticas para guiar la conservación, Si bien los

resultados revelan gran predominancia de áreas de restauración a pequeña escala, es relevante señalar que las iniciativas de mayor extensión como aquellas de menor tamaño juegan un papel esencial en la conservación y recuperación de los ecosistemas. Ambas situaciones se complementan y deben considerarse en la planificación y ejecución de futuras iniciativas de restauración.

4.5 Tratamientos previos

La implementación de tratamientos o acciones previas a las acciones de restauración forestal, son fundamentales para realizar una planificación adecuada de las iniciativas de restauración. En base a los resultados de este trabajo, según la encuesta realizada a expertos que han liderado iniciativas de restauración, se identificaron nueve tipos de tratamientos previos diferentes, en orden de importancia: (1) análisis de suelo, (2) línea base, (3) zonificación, (4) control de invasoras, (5) ecosistema de referencia, (6) manejo adaptativo, (7) manejo de residuos forestales, (8) estudio de cuenca y (9) sistema de riego.

En este trabajo, el análisis de suelo fue implementado en el 33% de los casos, lo cual hace referencia a la importancia que tiene comprender las características, propiedades y limitaciones del suelo, antes de realizar acciones de restauración en un área determinada. Los análisis de suelo entregan información relevante sobre la estructura física, composición química y la capacidad de retención de

agua del suelo. Esta información puede ser útil para seleccionar las especies vegetales más adecuadas para plantar según el tipo de suelo, identificar los niveles de nutrientes presentes y su disponibilidad, caracterizar bancos de semillas o detectar la necesidad de realizar tratamientos mecánicos al suelo como el subsolado (Castro-Romero et al., 2014).

De la misma forma, se determinó que la realización de una línea base es la segunda práctica más común con un 20,5% de los casos encuestados. Realizar una línea base de vegetación implica muestrear y evaluar la diversidad de especies vegetales que está presente en el sitio de restauración antes de implementar cualquier acción de manejo e incluso planificación. Este muestreo inicial proporciona información de referencia acerca de la riqueza y composición de la vegetación presente en el área de estudio, la cual puede resultar útil para saber qué tipo de especies se pueden plantar o controlar en función de los objetivos que tenga una iniciativa de restauración (Ramírez et al., 2014).

La zonificación como acción previa a la restauración, surge a partir de un proceso de evaluación sistemática, en donde a partir de información espacialmente explícita acerca de los atributos ecológicos de una determinada área de estudio y de las actividades que ahí se realizan, se representa de manera espacial la heterogeneidad de condiciones ecológicas presentes en el área de estudio. Esta heterogeneidad ecológica, determina o condiciona la factibilidad que tendrá

implementar acciones de restauración en distintas zonas del área de estudio, por lo que por lo general se delimitan zonas de restauración, zonas de amortiguación, zonas de tránsito o destinadas a la construcción de infraestructura, para ser más eficientes en cuanto a la distribución de recursos y espacio disponible en cada caso (Hermosilla et al., 2011).

Identificar el tipo de ecosistema que será utilizado como referencia para la planificación del proceso de restauración, es una de las primeras acciones a realizar. En términos generales, se debe lograr identificar un ecosistema lo más similar posible al ecosistema original que existía o que se ha degradado en el sitio de restauración, el cuál debe contar con los atributos funcionales, composicionales o estructurales que se quieren restaurar (SER, 2004). Y en caso de que no se cuente con un espacio físico en el cuál basar el ecosistema de referencia, se pueden utilizar descripciones de ecosistemas o de formaciones vegetacionales sobresalientes que se desean al final de un proceso de restauración (Clewel y Aronson, 2007). Además de servir como modelo ecológico para la planificación de una iniciativa de restauración, un ecosistema de referencia puede ser útil en la etapa de evaluación o monitoreo de resultados, ya que se espera que con el tiempo el ecosistema restaurado presente atributos similares a los atributos del ecosistema referencia (SER, 2004).

4.6 Acciones de manejo

La implementación de acciones de restauración que se llevan a cabo en ecosistemas degradados constituye uno de los aspectos más importantes a considerar para el desarrollo de estrategias de restauración efectiva. Por lo que este trabajo puso atención en cuáles fueron las acciones de manejo mayormente reportadas, y que coinciden entre el catastro de iniciativas de restauración del Ministerio del medio ambiente de Chile y la consulta realizada a expertos. En el caso de las iniciativas listadas en el catastro público del MMA se reportaron 13 acciones distintas, mientras que en la encuesta a expertos se reportan 14 acciones. A continuación, discute en torno a aspectos relevantes de ocho acciones de restauración principalmente implementadas, y su relación con la restauración de ecosistemas forestales: (1) plantación de individuos, (2) exclusión de ganado, (3) control de especies invasoras, (4) manejo de la regeneración natural, (5) el trabajo con comunidades locales, (6) control de lagomorfos, (7) control de erosión y, (8) educación ambiental.

4.6.1 Plantación de individuos

Los resultados obtenidos señalan que la plantación de individuos o plantas es una de las acciones más importantes dentro de las iniciativas de restauración forestal revisadas dentro del área de estudio. Esta acción es clave para la recuperación de áreas degradadas al facilitar la recolonización por parte de

especies nativas y acelerar la sucesión vegetal. Además, la plantación de individuos de especies nativas en zonas degradadas ayuda a recuperar la estructura y función de ecosistemas forestales, al propiciar la restauración de la diversidad vegetal y animal (Ocampo-Zuleta, 2019). Mientras que el uso de especies pioneras, en zonas degradadas desprovistas de cobertura vegetal, favorece la protección del suelo al reducir la erosión y mejorar la calidad de hábitat para otras especies vegetales (Bannister, JR et al., 2013). Un ejemplo de esto puede ser el establecimiento de plantas leguminosas en zonas degradadas, para aumentar la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo, aumentando la disponibilidad de nutrientes para otras especies (Donoso y Soto, 2010). También se han reportado los efectos positivos de plantar especies nativas en zonas ribereñas y en torno a cursos de agua, lo cual aporta a la recuperación de ecosistemas acuáticos adyacentes, proporcionar hábitat para especies acuáticas y mejorar la calidad de agua (Romero et al., 2014).

4.6.2 Exclusión de ganado

La segunda acción de manejo utilizada de manera más frecuente en base a los resultados obtenidos de la encuesta a expertos fue la exclusión del ganado. Esta estrategia resulta efectiva al atender una de las causas de degradación principales de los ecosistemas forestales en Chile, permitiendo la recuperación de la vegetación nativa, disminuyendo los daños por herbivoría (Lara et al., 2008). También, la exclusión de ganado permite la recuperación de la estructura del

suelo al disminuir la compactación de este, producto del desplazamiento del ganado en zonas forestales degradadas. Una menor compactación del suelo se relaciona con una capacidad mayor de infiltración de agua, lo cual aumenta la disponibilidad de este recurso para las plantas y mejorando sus probabilidades de supervivencia y la germinación de semillas (Quintanilla Pérez y Morales Conzanzo, 2012). En el caso de los ambientes ribereños, la exclusión de ganado favorece la recuperación de vegetación ribereña, mejorando la disponibilidad de hábitat para especies acuáticas y mejorando la calidad del agua (Rojas et al., 2020). Esta acción en particular muchas veces requiere de la colaboración entre propietarios de ganado y quienes impulsan las iniciativas de restauración, por lo que el trabajo con comunidades locales debe ser parte esencial dentro de la formulación de dichas iniciativas. De no ser posible la exclusión total de ganado, otra alternativa puede ser la disminución de la cantidad de cabezas de ganado por hectárea, a niveles de densidad que sean compatibles con la capacidad de carga de los ecosistemas que se quieran recuperar (Castellaro et al., 2016).

4.6.3 Control de especies invasoras

El control de especies invasoras también fue señalado como una de las actividades más frecuentes en las iniciativas de restauración revisadas, ya que estas especies representan una amenaza importante para las especies autóctonas y el funcionamiento de los ecosistemas donde habitan. Estas especies se caracterizan por ser muy exitosas en términos competitivos por la

obtención de recursos (agua, luz, nutrientes), respecto a las especies nativas, por lo que limitan su regeneración y condicionan su supervivencia en el largo plazo (Urrutia-Estrada et al., 2023). Por lo que incluir acciones de control o erradicación de estas especies en ecosistemas forestales, favorece la regeneración de vegetación nativa al disminuir la competencia por recursos y espacio (Cárdenas Cárdenas y Cortés Pérez, 2023). Entre los tipos de control de especies de vegetación invasora se encuentra el control mecánico (podas, corta, anillado), control químico (herbicidas) (Pinilla et al., 2023) y control biológico (Norambuena et al., 2001). La decisión de utilizar sólo un tipo de control o ambos, dependerá de los recursos de cada iniciativa, las condiciones ambientales del sitio a restaurar y de las características fisiológicas de la especie invasora que se quiera controlar (Quiroz et al., 2019). Algunas especies por su tipo de crecimiento pueden resultar muy costosas de controlar mecánicamente, como *Ulex europaeus*, y por lo tanto se suele optar por la aplicación directa de herbicidas para su control (Cárdenas Cárdenas y Cortés Pérez, 2023).

4.6.4 Manejo de regeneración natural

En el caso del manejo de regeneración natural, esta acción permite utilizar los procesos naturales de recuperación de un ecosistema forestal, para mejorar las condiciones del sitio y mantener la diversidad de especies del lugar. Los resultados de este trabajo indican que el 75% de las iniciativas consultadas consideraron la regeneración natural en la planificación de sus actividades,

destacando el reconocimiento que le dan a este proceso. La regeneración natural se refiere a la capacidad que tienen los ecosistemas para recuperarse y poder restablecerse a sí mismos mediante la regeneración de especies presentes en el área, mediante la germinación de semillas, o crecimiento vegetativo por rebrotes (Promis et al., 2019). Por su naturaleza, la regeneración natural resulta ser un enfoque de restauración costo efectivo, ya que, al aprovechar las semillas presentes en el banco de semillas presentes en el suelo, disminuye los costos asociados al establecimiento de algunas especies o el desarrollo de cobertura vegetal (Jaksic y Fariña, 2015).

La importancia de implementar estrategias de manejo de regeneración natural en programas de restauración también se explica, porque su implementación en zonas degradadas favorece el crecimiento y establecimiento de especies autóctonas, acelerando el proceso de sucesión ecológica (Dezzotti et al., 2003). En el caso de ecosistemas forestales afectados por incendios, el manejo de regeneración natural facilita el proceso de restauración y aumenta la resiliencia del bosque ante incendios futuros (Jaksic y Fariña, 2015). Adicionalmente, ha sido señalado que el manejo de regeneración natural promueve la restauración de atributos estructurales y funcionales de ecosistemas forestales, pues permite el establecimiento temprano de especies clave para la comunidad vegetal (Drake A et al., 2005). Por lo que la consideración de este tipo de acción en los planes de restauración forestal es un aspecto fundamental.

4.6.5 Trabajo con comunidades locales

El trabajo con comunidades locales no fue una de las acciones implementadas con mayor frecuencia en las iniciativas revisadas dentro del listado del MMA, aun cuando el trabajo, participación y colaboración con comunidades locales ha sido ampliamente reconocido como un pilar fundamental de los procesos de restauración de ecosistemas forestales y no forestales (Moreno-Casasola, 2022). Esto se debe a que la colaboración activa de comunidades locales en la formulación y ejecución de iniciativas de restauración forestal permite alcanzar mejores niveles de éxito y sostenibilidad de las acciones de restauración implementadas en el largo plazo. El conocimiento acumulado y prácticas tradicionales de las comunidades locales en cuanto al manejo de los ecosistemas que habitan, resultan ser una fuente de información valiosa para las iniciativas de restauración (Cortés-Ballén et al., 2021). También ha sido señalado que al integrar las comunidades locales en un proceso de restauración ecológica promueve la valoración de la biodiversidad, fortaleciendo los vínculos socio ecológicos que sostienen la relación entre la comunidad y los ecosistemas restaurados (Vargas Ríos, 2011). Para que el trabajo con las comunidades locales sea posible, es vital generar acuerdos y alianzas con ellas y otros expertos del sector público, privado y organizaciones no gubernamentales, para promover una cultura de gestión cooperativa de restauración (Roulier et al., 2020).

4.6.6 Control de lagomorfos

Las liebres y conejos, y en general el grupo de los lagomorfos, representan una amenaza considerable para los procesos de restauración, regeneración de la vegetación y desarrollo de los bosques (Cuevas et al., 2013). Por lo que tomar acciones para el control de sus efectos negativos resulta fundamental, como ha sido el caso de las iniciativas ejecutadas por expertos. Entre los efectos negativos de la presencia de lagomorfos se encuentra la reducción de la regeneración natural y de la cobertura vegetal (Pérez et al., 2022). También ha sido señalado que la presión por herbivoría que ejercen los lagomorfos sobre las especies forestales pueden tener efectos negativos sobre la composición y diversidad de las especies en zonas de restauración, lo cual condiciona los procesos de recuperación forestal (Cuevas et al., 2013). Dentro de las formas que se utilizan con mayor frecuencia y que han reportado tener efectos positivos sobre la recuperación de la vegetación se encuentra la instalación de barreras físicas, técnicas de control biológico y técnicas de control químico. Las barreras físicas, como protectores individuales para plántulas o la construcción de cercas, limitan o previenen el acceso de los lagomorfos a las zonas de restauración o a los individuos plantados, favoreciendo el desarrollo de la vegetación (Pérez Quezada y Bown, 2015). En cuanto a las técnicas de control biológico, se ha reportado que la introducción de depredadores naturales de lagomorfos resulta ser un método efectivo para reducir las poblaciones de liebres o conejos (Muñoz, A y Murúa,

1990). Entre los métodos de control químico, la aplicación de rodenticidas en zonas de restauración forestal también puede ayudar a reducir la población de lagomorfos (Muñoz, JR, 1988). Por lo que, de manera aislada o en conjunto, el integrar este tipo de acciones (físicas, biológicas y químicas) para reducir los daños y mortalidad de plántulas, permite lograr mejores resultados en los procesos de restauración forestal en el largo plazo (Ovalle et al., 2002).

4.6.7 Control de erosión

Las técnicas de control de erosión también son parte fundamental de las iniciativas de restauración forestal, y efectivas para mitigar la erosión y promover la regeneración de bosques, sobre todo en zonas con altos niveles de pendiente y poca cobertura vegetal. Algunas de estas técnicas como el uso de mallas de vegetación o la construcción de terrazas, han demostrado ser eficaces en la reducción de la pérdida de suelo (Little y Lara., 2010). Otras técnicas utilizadas de manera efectiva para controlar la erosión de suelo pueden ser la aplicación de enmiendas orgánicas y la siembra de cubiertas vegetales, lo cual además de prevenir la erosión, mejora las condiciones ambientales para el desarrollo de la vegetación (Ocampo-Zuleta, 2019). También resulta factible implementar barreras físicas vivas, como árboles o arbustos plantados en hileras, los cuales controlan la erosión de manera mecánica con sus raíces (Armas-Herrera et al., 2016). De forma complementaria, aplicar estrategias de manejo hídrico, para garantizar el suministro de agua, también aportan a reducir la erosión o controlar

las zonas en donde esta se lleva a cabo, como la construcción de embalses o acequias (Vargas Ríos, 2011).

4.6.8 Educación ambiental

La educación ambiental no fue una de las acciones implementadas con mayor frecuencia en las iniciativas revisadas; sin embargo, actualmente es ampliamente reconocido que constituye un aspecto importante para potenciar el éxito de los procesos de restauración forestal. Este tipo de acciones es relevante pues es una forma de promover la participación activa de las comunidades locales en los procesos de conservación o restauración de bosques (SER, 2004). Esto es posible ya que la educación ambiental, mejora los niveles de compromiso de las personas y la percepción que estas tienen en cuanto a los esfuerzos de conservación o restauración (Moreno-Casasola, 2022). También este tipo de acciones cumplen un papel importante al mejorar las condiciones que permiten la participación de la comunidad local en la planificación e implementación de iniciativas de restauración (González-Molina et al., 2022). Por otra parte, la educación ambiental promueve la formación de actitudes y valores positivos hacia el medioambiente, particularmente en jóvenes, lo cual sienta las bases para que en el futuro se manifieste una cultura de respeto y cuidado por la naturaleza (Cortés-Ballén et al., 2021). De la misma forma, las iniciativas que contemplan actividades o estrategias de educación ambiental con la comunidad local,

favorecen la valoración y el conocimiento acerca de los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas forestales (Little y Lara., 2010).

4.7 Tipos de ecosistema restaurado

Los bosques esclerófilos y templados fueron mencionadas en mayor proporción por los expertos encuestados, mientras que en el Catastro público este aspecto no es considerado dentro de las categorías. Los bosques templados es un tipo de formación característica de veranos cálidos e inviernos fríos y presenta subdivisiones de bosques de acuerdo a características especiales desarrolladas. Dentro de ellos se encuentran los bosques caducifolios, esclerófilos, entre otros. Estos ecosistemas son de gran importancia ecológica y cultural, por lo que realizar iniciativas de restauración para conservar su biodiversidad y los servicios que prestan a las comunidades es un aspecto clave para asegurar su subsistencia, ya que se han visto amenazados el último tiempo, como se explica a continuación:

Si bien existen diferentes investigaciones dentro del área de estudio que documentan pérdidas de bosque nativo (Aguayo et al., 2009; Altamirano y Lara, 2010; Echeverría et al., 2006; Miranda et al., 2016). Un caso preocupante es el del bosque esclerófilo, el 6º Informe Nacional de Biodiversidad informe revela que en Chile de 11 formaciones vegetacionales que no han revertido su tasa de

pérdida, 4 de estas presentan aumentos significativos en esta variable, siendo el bosque esclerófilo el caso más preocupante con un aumento de 187,5% de incremento en la tasa de pérdida de superficie anual entre 2006 y 2018. Otro aspecto negativo es su baja representatividad en el sistema de áreas protegidas con un 3,5% de representatividad en el año 2018. Sin duda las iniciativas de restauración del bosque esclerófilo contribuirán a los cambios futuros ambientales, ya que se prevé según pronósticos sobre cambio climático, que para el año 2050 será uno de los pisos vegetacionales más vulnerables, así como también la mayor variación en sus rangos de distribución (MMA, 2014).

La categoría más frecuentada dentro de este estudio fue el bosque templado el cual es definido como un *hotspot* de biodiversidad (Myers et al., 2000) con un 34% de los géneros vegetales son, de las cuales un 90% son monotípicas (Armesto *et al.* 1997 citado en (Echeverría et al., 2006)). Estos bosques se distribuyen en Chile principalmente entre los 35° y 56° S a lo largo de la cordillera de los andes y de la costa, con una cobertura de 13,4 millones de ha en Chile (Conaf *et al.* 1999 citado en (Echeverría et al., 2006)). Sin embargo, estos bosques según (Universidad de Chile. Centro de Análisis de Políticas Públicas, 2000) se han talado para satisfacer la creciente demanda de productos forestales, y debido principalmente a la conservación de bosque nativo en pastizales, prácticas inadecuadas de explotación forestal e incendios de origen antrópico. Por tanto, iniciativas de restauración cuyo foco específico sea el

bosque esclerófilo, que ha presentado más amenazas recientes, contribuirán positivamente a la conservación y protección de estos, ya que como se ha mencionado forman parte de una ecorregión con características relevantes en términos ecológicos, y ambos tipos de bosque han mostrado pérdidas significativas el último tiempo.

4.8 Especies utilizadas

Cuarenta y dos fueron las especies utilizadas en las iniciativas de restauración por parte de los expertos encuestados; por su parte el Catastro del MMA no profundiza este tema dentro de sus categorías. Dentro de las especies más frecuentadas dentro de las iniciativas de restauración impulsadas por los expertos, se evidencio que *Nothofagus dombeyi* fue la especie más seleccionada, seguida cercanamente por *Crptocaria alba* y *Quillaja saponaria*. Entre las especies que se encuentran en estado de conservación de amenaza se encuentran: *Aextoxicon punctatum* (VU) , *Drymis winteri* (EN), *Porlieria chilensis* (VU) y *Prosopis chilensis* (VU) en base al listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 17º Proceso de Clasificación RCE (<https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>) Las demás especies no están evaluadas o clasificadas aún por el reglamento actual, por lo cual cabe señalar que este listado se actualiza cada año, y según menciona en su plataforma oficial, la ciudadanía puede contribuir a mejorar esta causa ya que dentro de sus etapas

las considera en todo momento en cuanto a presentar sugerencias sobre posibles especies a clasificar según su estado de conservación (etapa 1), también aportando antecedentes al momento de ser aprobadas las especies a clasificar (etapa 2) y realizando observaciones a la propuesta preliminar de la clasificación de las especies (etapa 3). Actualmente el 17º Proceso se encuentra en fase de publicación, y el 19º en fase de clasificación (MMA, 2022). Determinar si una especie se encuentra en alguna categoría de conservación permite definir acciones y prioridades para disminuir dichas amenazas, y dar prioridad a aquellas especies más amenazadas. Es relevante señalar que se encuentran evaluadas 1.109 especies, lo cual representa menos de un 4% de las especies registradas en Chile (MMA, 2022).

Drimys winteri, más conocida como canelo fue la única especie con estado más complejo dentro de las especies seleccionadas, considerándose En Peligro según RCE entre las regiones XV y VI y Preocupación menor entre VII y XII.

En Chile central la situación es crítica y debería enfatizar la conservación de las especies amenazadas (CONAMA, 2008) Por lo tanto importante que dentro del listado de especies se incluya un gran número especies con problemas en su estado de conservación, por su ubicación dentro del *hotspot* y su importancia ecológica mencionada anteriormente, sin embargo, esto puede ser explicado por la falta de algunas especies por clasificar, proceso en el cual la ciudadanía puede

involucrarse. Además, es necesario que el Catastro del MMA considere preguntar sobre las especies plantadas, ya que es un aspecto importante teniendo en cuenta la importancia ambiental de la zona en estudio.

4.9 Distribución espacial de especies

Para asegurar el correcto establecimiento y el crecimiento exitoso de las plantas es necesario elegir adecuadamente su distribución espacial e investigar sobre los patrones más efectivos al plantar. Los resultados arrojaron varios métodos utilizados; sin embargo, los más frecuentes fueron el uso de *clusters*, la plantación en núcleos y el uso de nodrizas en orden de preferencias. Este aspecto no es considerado dentro de las categorías presentadas por el catastro público del MMA, revelando la poca importancia otorgada a este aspecto.

Existen algunos estudios han realizado investigaciones en cuanto a la efectividad de estos patrones. Por ejemplo Corbin y Holl (2012), propone a la nucleación como una efectiva estrategia de restauración, ya que atraen a los dispersores y facilitan el establecimiento de nuevos individuos, además imita los procesos de sucesión natural ayudando a la recolonización de plantas leñosas. Por su parte, (Huertas Herrera et al., 2021) realizan una propuesta teórica de rehabilitación basada en este proceso para mejorar las potencialidades de restauración de bosques de Lengua (*Nothofagus pumilio*) degradados en la región de Aysén a

partir de núcleos de Lengua rodeados de Notro (*Eumothrium coccineum*). Otro ejemplo es el estudio realizado por (Hossain et al., 2015), el cual estudió los efectos de la distancia y los patrones de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de la cúrcuma (*Cúrcuma longa* L.) Concluyendo principalmente que los rendimientos fueron significativamente mejores al realizar un patrón triangular con distancia entre sí de 30 cm. Sería interesante en Chile saber documentar cuales son los patrones espaciales utilizados en las iniciativas de restauración y su eficiencia, para recolectar experiencias en futuras iniciativas.

4.10 Tipos de monitoreo

Los resultados de estudio reflejaron cinco formas de realizar el monitoreo posterior a las acciones de manejo implementadas, siendo el monitoreo de sobrevivencia la clara preferencia más utilizada en las iniciativas de los actores, mientras que el catastro del MMA no considera esta categoría dentro de sus preguntas. El monitoreo es una etapa esencial en la restauración ecológica, por ejemplo, es reconocido dentro de la etapa de la planificación en los Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación y se menciona en un apartado como el desarrollo de un plan de monitoreo, evaluación y aprendizaje, señalando que este paso ayuda a realizar el seguimiento del progreso de las metas y objetivos o seleccionar estrategias (CMP, 2020).

Dentro de la segunda edición de los principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica del SER, también hace alusión a la importancia del monitoreo en el principio número 5 señalando “La recuperación de los ecosistemas se evalúa en función de objetivos y metas claros, utilizando indicadores medibles” lo cual es una alusión directa al monitoreo, ya que el monitoreo consiste en medir estos indicadores. Además, sugiere que los objetivos deben ser medibles en el para poder realizarles seguimiento y aplicar manejo adaptativo, en este sentido se recomienda las metas deben contener: indicadores medibles, resultado deseado, magnitud del efecto deseado y el marco temporal (Gann et al., 2019), por ejemplo: Aumentar el porcentaje de cobertura en un 20% los próximos 10 años. De esta manera el monitoreo genera impactos positivos como: Generar aprendizaje social al fortalecer la capacidad y empoderamiento de las partes interesadas, responder a preguntas específicas para mejorar la comprensión de la restauración ecológica, asegurar una toma de decisiones correcta y poder aplicar manejo adaptativo ya que registrar observaciones de las respuestas de las especies como tasas de crecimiento, presencia de malezas, enfermedades, etc. (Gann et al., 2019). Asimismo, dentro del Plan Nacional de Restauración de paisajes, dentro de las líneas estratégicas del plan considera desarrollar mecanismos de seguimiento con reportes y avances (MINAGRI et al., 2021).

La evaluación del éxito es necesaria para avanzar en el desarrollo de la ciencia de la restauración ecológica como también para avanzar en la gestión de iniciativas individuales. Esta evaluación puede ser realizada midiendo atributos de la estructura y función del ecosistema (Koo y Lee, 2005). En este estudio el monitoreo por sobrevivencia es la categoría más frecuentada junto al monitoreo por crecimiento; sin embargo, son solo algunos indicadores de un atributo de los ecosistemas. Existe una gran variedad de indicadores para utilizar en medir atributos de composición, estructura y función, por ejemplo, en el estudio realizado por (Díaz-Triana et al., 2019) monitoreo la restauración ecológica de un bosque seco tropical interandino en Colombia, para lo cual utilizó diferentes parámetros a diferentes niveles de organización como el estado fitosanitario, reclutamiento, estructura de la vegetación, cobertura vegetal, producción de biomasa vegetal, entre otras. Por su parte, (Galindo et al., 2021) monitoreo a corto y largo plazo de ensayos de restauración de *Pilgerodendron uviferum*, en el cual evaluó la producción de semillas, reclutamiento natural, estado fitosanitario, entre otras, concluyendo que al trabajar con especies de lento crecimiento un monitoreo de corto plazo es insuficiente.

Por lo tanto, el monitoreo es esencial para el éxito de las iniciativas de restauración ecológica y es un aspecto relevante a considerar, por lo cual es importante que esta categoría sea incluida en el catastro del MMA para

posteriores análisis, y así saber los tipos de monitoreo actuales, duración, efectividad etc.

4.11 Oportunidades y desafíos de restauración

Las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales se enfrentan tanto a desafíos, como también a oportunidades. En cuanto a las oportunidades, la encuesta realizada a expertos destaca la existencia de acuerdos y leyes nacionales, como también acuerdos internacionales que promueven la restauración menciones respectivamente. Estas regulaciones otorgan un marco legal y político para respaldar la restauración de ecosistemas forestales.

En cuanto a las leyes nacionales, podemos destacar dos: Primero Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, aunque explícitamente no aborda la restauración ecológica, esta ley establece los principios generales para la conservación y protección de los recursos naturales y prevención de la contaminación (Ley N° 19.300 Diario Oficial de la República de Chile). En segundo lugar, la Ley 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal la cual busca “proteger, recuperar y mejorar las especies nativas del país, asegurando su sustentabilidad forestal mediante planes de manejo y preservación” (Ley N° 20.283 Diario Oficial de la República de Chile).

Respecto a los antecedentes sobre el contexto global sobre restauración se puede destacar que la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró los años 2021 a 2030 como la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas, siendo la restauración un proceso fundamental para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), como parte de la agenda 2030 (ONU, 2019). Dentro de los ODS, el n°15 señala “Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de manera sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica” (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>). Dentro de este contexto Chile está adherido a convenios ambientales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Convención de Lucha contra la Desertificación (CNULD), la Convención Ramsar y Convención de Río y el Convenio Sobre la Diversidad Biológica (CBD) (MINAGRI et al., 2021).

La Iniciativa 20x20 (Initiative 20x20, s.f.) pretende sumar más de 52 millones de ha restauradas al año 2030 como parte de los compromisos asumidos por 18 países, incluido Chile, el cual se comprometió a restaurar un millón de hectáreas de paisajes al año 2030, como un común acuerdo entre el Ministerio de Agricultura y del Medio Ambiente, priorizando aquellas zonas de mayor vulnerabilidad ambiental, social y económica, como parte del Desafío de Bonn

(MINAGRI et al., 2021). El Desafío de Bonn es un objetivo global que busca restaurar 350 millones de hectáreas para el 2030 (IUCN, s.f.).

En lo relativo a las políticas nacionales que guardan relación con la restauración de paisajes podemos encontrar (MINAGRI et al., 2021). La estrategia nacional de biodiversidad 2017-2030 reconoce a la restauración dentro de su visión “ La sociedad chilena comprende, valora, respeta e integra la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del país como fuente de su propio bienestar, deteniendo su pérdida y degradación, restaurándolos, protegiéndolos, usándolos de manera sustentable y distribuyendo los beneficios de la biodiversidad de manera justa y equitativa, manteniendo las posibilidades de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras (MMA, 2017).

El plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014-2019 consta de 50 acciones, dentro de las cuales algunas guardan estrecha relación con la restauración, por ejemplo, un programa de restauración ecológica en áreas protegidas en el Parque Nacional Torres del Paine, otro en el Parque Nacional Nevado de Tres Cruces y la Reserva Nacional El Yali. (MMA, 2014).

También existe la Política Forestal 2015-2035 elaborada con el propósito de diseñar y estructurar una política cuyo objetivo principal es orientar los procesos del desarrollo forestal. En su objetivo de impacto nº 4.1 propone “Restaurar el

patrimonio forestal afectado por diversos tipos de catástrofes naturales e intervenciones antrópicas, especialmente aquellas áreas que han sufrido los efectos de incendios forestales, erupciones volcánicas o aluviones, y que tienen consecuencias negativas sobre el suelo, el agua y la biodiversidad. Y explícitamente se propone para el año 2025 restaurar 200.000 ha con nueva cobertura arbórea y arbustiva en áreas prioritarias principalmente con especies nativas (CONAF-MINAGRI, 2015).

En la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT), se encuentra dentro de sus cinco ejes, el número 3 “Sistema natural para un territorio diverso y rico en recursos naturales y culturales”, se plantea el objetivo 3.2 “ Poner en valor el patrimonio natural y cultural de los territorios, armonizando con las distintas dinámicas de ocupación y uso sustentable”, a su vez, este plantea la directriz 3.2.c “Promover la conservación y la restauración del paisaje, la infraestructura ecológica y los servicios ecosistémicos frágiles y degradados” (Decreto N° 469 Diario Oficial de la República de Chile) . La Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2019-2030 ofrece una oportunidad a la restauración ya que este instrumento define metas, acciones, objetivos mediante los cuales se ejecutarán iniciativas tendientes a la Reducción del riesgo de desastres (MINAGRI et al., 2021).

Finalmente, Chile al estar suscrito al Acuerdo de París, debe implementar acciones para cumplir los compromisos, es así como Chile se compromete a tres acciones principales: Primero al “Manejo sustentable y recuperación de 200.000 ha de bosques nativos, representando capturas de GEI en alrededor de 0.9 a 1.2 MtCO₂eq anuales, al año 2030, segundo a crear 200.000 ha de nuevos bosques, de las cuales al menos 100.000 ha corresponden a cubierta forestal permanente. con al menos 70,000 ha de especies nativas, lo que representaran capturas entre 3,0 a 3,4 MtCO₂eq anuales al 2030, y tercero al aplicar y fomentar acciones para reducir las emisiones del sector forestal por degradación y deforestación del bosque nativo en un 25% al 2030, teniendo como referencia el periodo comprendido entre 2001-2013 (MINAGRI et al., 2021). El Plan nacional de restauración de paisajes establece como meta incorporar 1.000.000 de ha de paisajes estratégicos al año 2030, priorizando paisajes con mayor vulnerabilidad social, económica y ambiental.

La restauración de ecosistemas forestales también se ve enfrentada a desafíos, por ejemplo la capacitación de profesionales en el campo de la restauración forestal es un desafío importante a considerar en base a los resultados de este estudio (Smith-Ramírez et al., 2015) considera que el desarrollo de capacidades profesionales en la ciencia y práctica de la restauración ecológica debe ser mejorado a través de la gestión y diseños de programas de posgrado en el país,

aunque actualmente sí existen centros de formación académica con adecuada experiencia para capacitar y entrenar futuros restauradores.

Otro desafío indicado en la encuesta a expertos fue la disponibilidad de plantas nativas y la oferta de viveros. Para llevar a cabo iniciativas de restauración exitosas, se requiere acceso a una amplia variedad de especies nativas y una fuente de procedencia confiable de plantas para su establecimiento en los sitios de restauración. Es estudio realizado por (Bannister et al., 2022) el cual evaluó la disponibilidad de plantas nativas en la Región de los Lagos concluyendo que esta zona no cuenta la disponibilidad necesaria de plantas necesarias para satisfacer los desafíos a corto y mediano plazo en temas de restauración masiva con especies nativas.

Aprovechar las oportunidades, como las leyes y acuerdos nacionales e internacionales, puede proporcionar un marco favorable para la implementación de iniciativas de restauración. Sin embargo, superar los desafíos, como mejorar las capacidades en futuros restauradores y aumentar la oferta de plantas nativas, es fundamental para la restauración ecológica actual y a largo plazo.

4.12 Recomendaciones al catastro público del MMA

La plataforma del Catastro Público del Ministerio del medio ambiente es una herramienta fundamental para recopilar información sobre las iniciativas de restauración en Chile. Sin embargo, es importante destacar ciertas deficiencias y proponer recomendaciones para mejorar su funcionamiento y la calidad de los datos recolectados, por lo cual se recomiendan 4 aspectos:

En primer lugar, es necesario abordar el problema de la disponibilidad del reportador de iniciativas, lo cual impide a los organismos registrar sus iniciativas. Es un requisito básico que la plataforma esté operativa de manera constante, brindando un sistema estable y eficiente que permita el registro oportuno y efectivo de las iniciativas de restauración. Esto garantizará la recopilación adecuada de la información y evitará la pérdida de datos.

Segundo, es preocupante observar que, entre de las 98 iniciativas registradas, siete de ellas contaban únicamente con una columna respondida y casillas restantes sin información, obligando a ser completadas con la respuesta "No indica" para su posterior análisis. Esto indica la necesidad de contar con un sistema más exhaustivo que no permita la omisión de respuestas o la falta de información relevante, asegurando que todas las preguntas sean respondidas adecuadamente para obtener información completa y precisa de las iniciativas de restauración en el país.

El tercer aspecto a considerar son el tipo de respuestas que generan incertidumbre en los análisis posteriores. Por ejemplo, en la pregunta ¿Cuáles son las causas de la degradación?, dentro de las respuestas podemos encontrar las respuestas "varias" y "otras", que dejan ambigüedad y dificultan el análisis. Asimismo, en la pregunta ¿Cuál es el tipo de uso de suelo donde se realiza la restauración? Se encuentran las categorías "arcillosos" y "rocoso", que no corresponden a tipos de usos de suelo. Es necesario revisar y mejorar la claridad y precisión de las opciones de respuesta para evitar confusiones y obtener datos más confiables.

Cuarto, en base a los hallazgos de este estudio, se recomienda que el Catastro Público profundice en aspectos clave relacionados con la restauración. Por ejemplo, es importante incluir preguntas sobre los tratamientos previos realizados en el sitio, para comprender mejor las prácticas y técnicas utilizadas antes de la restauración, al igual que conocer los ecosistemas específicos que se están restaurando y las especies que se están seleccionando, para así tener información sobre la inclusión por especies nativas y/o con problemas de conservación, como también se sugiere preguntar sobre las estrategias de plantación utilizadas al momento de plantar. Finalmente, es fundamental indagar sobre los tipos de monitoreo que se llevan a cabo, ya que el monitoreo regular es esencial para evaluar el éxito de las iniciativas de restauración a largo plazo.

Estas recomendaciones buscan fortalecer la plataforma del Catastro Público, asegurando un sistema estable y una recopilación de datos más precisa y completa, lo que permitirá una mejor comprensión y seguimiento de las iniciativas de restauración en el país.

V. CONCLUSIONES

Las iniciativas de restauración ecológica de ecosistemas forestales del Centro y Sur se concentran en las regiones del Maule, y Biobío y La Araucanía. Estas regiones se caracterizan por su diversidad de ecosistemas y su importancia en términos de biodiversidad debido a su alto endemismo y riqueza de especies, ya que se encuentran dentro un *hotspot* a nivel mundial. No obstante, su alto valor ecológico, estas regiones han experimentado pérdidas significativas de bosque nativo como se ha demostrado en varios estudios presentados. Es alentador que se estén realizando iniciativas de restauración en estas regiones; sin embargo, se debe continuar implementando iniciativas para contrarrestar la pérdida de bosque nativo, no solo en estas regiones.

Las causas principales de la degradación de estos ecosistemas son la ocurrencia de incendios, la presencia de especies invasoras, agricultura y ganadería, la industria forestal, la urbanización y el turismo. Los incendios alteran la estructura y composición de los ecosistemas alterando las interacciones ecológicas y procesos naturales de sucesión. Las especies invasoras compiten con las especies nativas por agua luz y nutrientes representando un serio problema para la restauración ecológica, por lo que se resalta implementar estrategias de control de especies invasoras. El crecimiento de la agricultura y la ganadería afecta de manera negativa la funcionalidad y conectividad de los ecosistemas y es indicada

como una de las causas más importantes de la pérdida de biodiversidad en Chile. La industria forestal cumple un rol significativo en la degradación y la restauración de ecosistemas forestales, por una parte, la expansión de esta industria favorece la fragmentación, que altera los patrones estructurales y composicionales y sus procesos ecológicos asociados y a través de acciones como la tala selectiva intensiva y prácticas inadecuadas de manejo que contribuyen a la degradación de los ecosistemas. La urbanización conlleva la destrucción de los bosques para dar paso a viviendas e infraestructura asociada, lo que resulta en la pérdida de hábitat y fragmentación. Finalmente, el turismo puede ser una causa de degradación cuando no se gestiona de manera correcta, por ejemplo, con la afluencia masiva de turistas que puede tener efectos negativos sobre la vegetación, suelo y fauna. Estas son algunas de las causas principales de la degradación de los ecosistemas forestales, y es importante identificarlas para desarrollar estrategias de restauración efectivas.

Las principales acciones de restauración que se implementan actualmente son la introducción de plantas, exclusión de ganado, control de especies invasoras, manejo de regeneración natural, mientras que el trabajo con comunidades locales y educación ambiental son escasos. La introducción de plantas nativas ayuda a recuperar la estructura y función de los ecosistemas forestales, además la selección adecuada de especies es clave, por ejemplo, al utilizar leguminosas si hay deficiencias de nitrógeno en el suelo, o el uso de especies pioneras en

zonas desprovistas de vegetación. La exclusión de ganado permite la recuperación de la vegetación nativa y estructura del suelo al disminuir la compactación de este y disminuye los daños por herbivoría. En caso de no ser posible la exclusión, se puede optar por ajustar la cantidad de cabezas de ganado por hectárea considerando la capacidad de carga de los ecosistemas.

El control de especies invasoras es esencial en las iniciativas de restauración ya que son exitosas en términos competitivos por recursos como luz agua y nutrientes, por lo que limitan la regeneración de las especies nativas. El control mecánico a través de podas, cortas o anillados, el control químico mediante herbicidas y el control biológico son estrategias de control de especies invasoras, lo cual dependerá de los recursos de cada iniciativa, las características biológicas de la especie invasora y las condiciones ambientales del sitio. La regeneración natural puede ser un método costo - efectivo al aprovechar las semillas presentes en el suelo, disminuyendo los costos, a su vez, este proceso permite el establecimiento temprano de especies clave para la comunidad. Los lagomorfos perjudican la regeneración de la vegetación y cobertura vegetal. Las barreras físicas, técnicas de control biológico y químico pueden ser técnicas efectivas de control de estos. El control de erosión como el uso de mallas de vegetación o construcción de terrazas, han mostrado ser eficaces métodos de pérdida de suelo, como también es factible utilizar barreras físicas, construcción de embalses o acequias.

Finalmente, el trabajo con comunidades locales al igual que la educación ambiental, no suelen ser implementados con gran frecuencia en las iniciativas de restauración, aun cuando la participación y colaboración con las comunidades locales es considerado un pilar fundamental ya que el conocimiento acumulado y prácticas tradicionales puede ser una fuente valiosa de información, y además promueve los vínculos socio-ecológicos. Por su parte, la educación ambiental mejora los compromisos y la percepción de los esfuerzos de conservación o restauración, además promueve la formación de actitudes y valores positivos hacia el medioambiente.

El tipo y fuente de financiamiento del catastro del MMA y la encuesta a expertos revelan que las principales entidades que implementan iniciativas de restauración son empresas privadas, por su parte en el catastro del MMA lideran este proceso Forestal Arauco y CMPC. Estas empresas han mostrado preocupación ambiental, motivadas por compromisos de certificación que a su vez produce apertura de nuevos mercados. Además, las dos empresas publican reportes ambientales anuales de carácter público, gran cobertura certificada con estándar FSC y metas relativas a la protección y restauración de los ecosistemas. En cuanto a la superficie, la mayoría de las iniciativas del catastro del MMA se han implementado a pequeña escala en un intervalo 1-10 ha. Esto se puede deber al reciente origen de la disciplina y falta de experiencias disponibles en el país.

Aunque se refleja una tendencia hacia iniciativas más pequeños, es importante la contribución que pueden realizar iniciativas de gran envergadura.

Entre los tratamientos previos a realizar la restauración, se identificaron nueve tipos de tratamiento, siendo los más frecuentes el análisis de suelo y la realización de una línea base. Esta última es una buena fuente de información de referencia sobre la composición y diversidad de especies, mientras que realizar un análisis de suelo proporciona información relevante sobre la estructura física, composición química y la capacidad de retención del agua. Los ecosistemas más restaurados corresponden a los bosques esclerófilos y templados. Los bosques templados incluyen a los bosques esclerófilos, caducifolios, entre otros y su importancia ecológica en el área de estudio es fundamental; no obstante, se ha mencionado anteriormente, ha sufrido pérdidas significativas los últimos años. Un caso preocupante es el bosque esclerófilo que no ha revertido su tasa de pérdida, por lo cual iniciativas que se desarrollen en este tipo de bosque serán esenciales para su conservación. En esta línea, las especies más utilizadas según el catastro del MMA fueron *Nothofagus dombeyi*, *Cryptocarya alba*, y *Quillaja saponaria*. Cuatro especies se encuentran en categoría amenazada: *Aextoxicon punctatum*, *Drymis winteri*, *Porlieria chilensis* y *Prosopis chilensis*. Sin embargo, actualmente menos del 4% de las especies registradas en Chile han sido evaluadas. A pesar de esto, es importante incluir especies con problemas de conservación, dada su relevancia ambiental en el

área de estudio. Las estrategias de plantación más utilizadas por los expertos corresponden a clusters, núcleos y nodrizas. Sería valioso contar con información sobre este tema en Chile, ya que algunos expertos han evaluado su efectividad, como la nucleación en bosques de *Lenga* o sobre patrones de siembra para aumentar el rendimiento de cultivos. El monitoreo tras realizar acciones de restauración es fundamental para evaluar el éxito de las iniciativas, aunque los resultados reflejan que la sobrevivencia y el crecimiento son los indicadores más utilizados, existen gran variedad que pueden medir los atributos de los ecosistemas como la riqueza de especies, estado fitosanitario, producción de biomasa, etc.

La restauración de ecosistemas forestales presenta desafíos y oportunidades. Las oportunidades incluyen acuerdos y leyes nacionales e internacionales principalmente. El Desafío de Bonn y la iniciativa 20x20 son ejemplos internacionales que brindan oportunidades a la restauración. A nivel nacional se destaca la ley 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal, la estrategia nacional de biodiversidad 2017-2030, la política forestal 2015-2035 y el plan nacional de restauración de paisajes 2021-2030'. En cuanto a los desafíos, mejorar las técnicas de restauración, la oferta de viveros insuficiente y fortalecer la capacitación de profesionales, son los principales temas a abordar.

La plataforma del catastro público del Ministerio del Medio Ambiente es una herramienta fundamental para recolectar las iniciativas de restauración en Chile; sin embargo, presenta algunas deficiencias. En base a los hallazgos se presentan cuatro recomendaciones para mejorar su funcionamiento y calidad de los datos: Primero se debe garantizar la disponibilidad constante de la plataforma para permitir el registro oportuno de las iniciativas de restauración y evitar la pérdida de datos. Segundo, es necesario contar con un sistema más exhaustivo que no dé lugar a la omisión de respuestas o información incompleta. Tercero, se debe mejorar la calidad de las respuestas, para evitar incertidumbre o ambigüedades para posteriores análisis. Cuarto, se recomienda incluir preguntas sobre tratamientos previos, ecosistemas a restaurar, especies seleccionadas, estrategias de plantación y tipos de monitoreo. Estas recomendaciones buscan fortalecer el catastro público del Ministerio del Medio Ambiente, mejorando su estabilidad, permitiendo una comprensión y seguimiento más precisos.

Finalmente, este estudio debido al contexto de pandemia no pudo entrevistar de manera personal a los expertos, lo que pudo permitir la omisión o la confusión al momento de registrar o analizar los datos de algunos temas evaluados, por lo cual este estudio puede ser mejorado o perfeccionado.

VI. GLOSARIO

Biodiversidad: Variedad y la variabilidad de organismos y los complejos ecológicos donde estos ocurren. También puede ser definida como el número diferente de estos organismos y su frecuencia relativa.

Bosque nativo: Bosque que ha evolucionado y se ha renovado naturalmente a partir de organismos que ya estaban en una determinada región biogeográfica.

Capacidad de carga: Capacidad de un territorio para soportar un nivel o intensidad de uso.

Conservación de la biodiversidad: Es la gestión de las interrelaciones humanas con los genes, las especies y los ecosistemas, a fin de producir los mayores beneficios para la generación actual y a la vez mantener sus posibilidades de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las futuras generaciones; sus elementos consisten en salvar, estudiar y utilizar la biodiversidad.

Ecosistema: Es el conjunto de factores abióticos y bióticos de una determinada zona (espacio) y la interacción que se establece entre ellos en un tiempo determinado.

Restauración: Es el restablecimiento de las propiedades originales de un ecosistema o hábitat en cuanto a estructura comunitaria, complemento natural de las especies y cumplimiento de sus funciones naturales.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., & Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 361-374.
2. Alaniz, A. J. (2019). *Chile: Environmental History, Perspectives and Challenges*. Nova Science Publishers, Inc. New York, USA.
3. Altamirano, A., & Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile *Bosque (Valdivia)* 31(1): 53-64.
4. Arauco. (2022). Reporte Integrado. Citado el 12/05/2023. Disponible en <https://www.arauco.cl/chile/sostenibilidad/reportes-de-sostenibilidad/>
5. Armas-Herrera, C. M., Martí, C., Badía, D., Ortiz-Perpiñá, O., Girona-García, A., & Porta, J. (2016). Immediate effects of prescribed burning in the Central Pyrenees on the amount and stability of topsoil organic matter. *Catena* 147: 238-244.
6. Arroyo, M. T. K., Marquet, P., Marticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., Rozzi, R., & Massardo, F. (2008). El Hotspot Chileno, Prioridad Mundial Para La Conservación. En: *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos (2da ed)*, pp. 90-93. (CONAMA, ed) Ocho Libros Editores Ltda. Santiago de Chile.
7. ASÍ Conserva Chile, & Tierra Austral, F. (2020). Estándares para la conservación privada en Chile. Santiago de Chile: ASÍ Conserva Chile. p.
8. Ávila, G., Aljaro, M. E., & Silva, B. (1981). Observaciones en el estrato herbáceo del matorral después del fuego. *Anales Del Museo De Historia Natural De Valparaíso* 99-105.
9. Bannister, J., Galindo, N., Acevedo, M., González, M., & Cartes, E. (2022). Diagnóstico de la producción de plantas nativas en la región de Los Lagos, Chile. *Ciencia & Investigación Forestal*: 7-18.

10. Bannister, J. R., González, M. E., Little, C., Gutiérrez, A. G., Donoso, P. J., Mujica, R., Müller-Using, S., Lara, A., Bustamante-Sánchez, M. A., Bannister, A., Caracciolo, A., Echeverría, J., Suárez, J. A., & Zambrano, C. (2013). Experiencias de restauración en los bosques nativos del sur de Chile: Una mirada desde la Isla Grande de Chiloé. *Revista Bosque Nativo* 52: 35-43.
11. BCN. (s.f.). Clima y vegetación. Clima Nuestro País. Citado el 5/06/2023. Disponible en <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/clima.htm>
12. Bologna, M., & Aquino, G. (2020). Deforestation and world population sustainability: a quantitative analysis. *Sci Rep* 10(1): 7631.
13. Bourlon, F. (2020). La ciencia como recurso para el desarrollo turístico sostenible de los Archipiélagos Patagónicos. *PASOS: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 18(5): 795-810.
14. Cárdenas Cárdenas, M. A., & Cortés Pérez, F. (2023). Historia de vida de *Ulex europaeus* y acciones de gestión para controlar su invasión. *Actualidades Biológicas* 45(119): 1-15.
15. Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486(7401): 59-67.
16. Castellaro, G., Morales, L., Rodrigo, P., & Fuentes, G. (2016). Carga ganadera y capacidad de carga de los pastizales naturales de la Patagonia chilena: estimación a nivel comunal. *Agro Sur* 44(2): 11-23.
17. Castro-Romero, M., Valdés-López, C., & Barrera-Cataño, J. I. (2014). Prioridades de restauración ecológica del suelo y sus servicios ecosistémicos asociados, degradados por uso agropecuario en la microcuenca Santa Helena (Suesca -Cundinamarca). *Caldasia* 36: 37-52.
18. Cerda, C. (2011). Una aplicación de experimentos de elección para identificar preferencias locales por opciones de conservación y desarrollo en el extremo sur de Chile. *Bosque (Valdivia)* 32(3): 297-307.

19. Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Salal, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C., & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *NATURE* 405: 234-242.
20. Clewell, A. F., & Aronson, J. (2007). Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. *Restoration Ecology* 16(4): 730.
21. CMP. (2020). Estándares Abiertos Para La Práctica De La Conservación v4.0. CMP. p.
22. CMPC. (2020). Reporte de Sostenibilidad. 23. p.
23. CMPC. (2022). Reporte Integrado. 509. p.
24. CMPC. (2023). Corredor biológico más grande de Chile se levantará entre las regiones del Biobío y la Araucanía. Citado el 09/06/2023. Disponible en <https://www.cmpc.com/corredor-biologico-mas-grande-de-chile-se-levantara-entre-las-regiones-del-biobio-y-la-araucania>
25. Cochrane, M. A. (2003). Fire Science For Rainforests. *Nature* 421: 913-919.
26. CONAF-MINAGRI. (2015). Política Forestal 2015 - 2035. Santiago, Chile.
27. CONAMA. (2008). Biodiversidad de Chile: patrimonio y desafíos. Comisión Nacional del Medio Ambiente: CONAMA. p.
28. Corbin, J. D., & Holl, K. D. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management* 265: 37-46.
29. Cortés-Ballén, L., Zuluaga-Carrero, J., & Morales-Rozo, C. (2021). Propuesta metodológica para abordar la restauración ecológica participativa en humedales de Bogotá D.C., Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 45(177): 1205-1218.
30. Cuevas, J. G., Silva, S. I., León-Lobos, P., & Ginocchio, R. (2013). El efecto nodriza y la exclusión de herbivoría facilitan la colonización de plantas en depósitos de relaves mineros abandonados en Chile centro-norte. *Revista Chilena de Historia Natural*: 63-74.

31. Cursach, J. A., Rau, J. R., Tobar, C. N., & Ojeda, J. A. (2012). Estado actual del desarrollo de la ecología urbana en grandes ciudades del sur de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande* 52: 57-70.
32. Decreto N° 469 Diario Oficial de la República de Chile. Política nacional de ordenamiento territorial. Santiago, Chile. 14 de octubre de 2019.
33. Dezzotti, A., Sbrancia, R., Rodríguez-Arias, M., Roat, D., & Paris, A. (2003). Regeneración de un bosque mixto de *Nothofagus* (Nothofagaceae) después de una corta selectiva. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 591-602.
34. Díaz-Triana, J. E., Torres-Rodríguez, S., Muñoz-P, L., & Avella-M, A. (2019). Monitoreo de la restauración ecológica en un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia): programa y resultados preliminares. *Caldasia* 41(1): 60-77.
35. Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I. A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K. M. A., Figueroa, V. E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., ..., & Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 1-16.
36. Donoso, P. J., & Soto, D. P. (2010). Plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile: experiencias, desafíos y oportunidades *Revista Bosque Nativo* 47: 10-17.
37. Donoso Zegers, C. (1997). *Ecología forestal: el bosque y su medio ambiente*. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.
38. Drake A, F., Herrera, M. A., & Acuña C., E. (2005). Propuesta de manejo sustentable de *Araucaria araucana* (Mol. C. Koch). *Bosque (Valdivia)* 26(1): 23-32.
39. Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J. M., Lara, A., & Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation* 130(4): 481-494.

40. Ellis, E. C., Kaplan, J. O., Fuller, D. Q., Vavrus, S., Klein Goldewijk, K., & Verburg, P. H. (2013). Used planet: a global history. *Proc Natl Acad Sci U S A* 110(20): 7978-85.
41. Fuentes, N., Sánchez, P., Pauchard, A., Urrutia, J., Cavieres, L., & Marticorena, A. (2014). *Plantas Invasoras del Centro-Sur de Chile: Una Guía de Campo*. Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB). Concepción, Chile.
42. Galindo, N., Bannister, J. R., & Laage, K. (2021). Monitoreo a corto y largo plazo en ensayos de restauración de la conífera longeva y de lento crecimiento *Pilgerodendron uviferum*. *Bosque (Valdivia)* 42(2): 217-229.
43. Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). *Principios Y Estándares Internacionales Para La Práctica De La Restauración Ecológica*. Restoration Ecology. Segunda edición.
44. González-Molina, H. Z., Trilleras, J. M., Pyszczyk, O. L., & Romero-Duque, L. P. (2022). Restauración ecológica participativa y servicios ecosistémicos culturales: una relación necesaria. *Acta botánica mexicana*(129).
45. Grosse, H., & Rosselot, F. (2016). La potencialidad de nuevas plantaciones forestales en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR* 22(1).
46. Heilmayr, R., Echeverría, C., & Lambin, E. F. (2020). Impacts of Chilean forest subsidies on forest cover, carbon and biodiversity. *Nature Sustainability* 3(9): 701-709.
47. Hermosilla, K., Peña-Cortés, F., Gutiérrez, M., & Escalona, M. (2011). Caracterización de la oferta turística y zonificación en la cuenca del Lago Ranco. Un destino de naturaleza en el sur de Chile. Buenos Aires, Argentina: Centro de Investigaciones y Estudios Turísticos, 943-959. p.
48. Hernández, C., Echeverría, C., & Nelson, C. (2021). Evolution and emerging research trends in the ecological impacts of landscape change: perspectives from a Chilean biodiversity hotspot. *Landscape Ecology* 36(6): 1587-1603.

49. Hossain, A., Ishimine, Y., Motomura, K., & Akamine, H. (2015). Effects of Planting Pattern and Planting Distance on Growth and Yield of Turmeric (*Curcuma longa* L.). *Plant Production Science* 8(1): 95-105.
50. Huertas Herrera, A., Promis, Á., Río, M., Toro Manríquez, M., Lencinas, M. V., & Martínez Pastur, G. (2021). Propuesta teórica de rehabilitación de bosques de *Nothofagus pumilio* degradados por incendios basada en plantaciones en núcleo con *Embothrium coccineum*. *Bosque (Valdivia)* 42(3): 285-293.
51. Initiative 20x20. (s.f.). Restoring Latin America's Landscapes. Citado el 16/06/2023. Disponible en <https://initiative20x20.org/restoring-latin-americas-landscapes>
52. IUCN. (s.f.). The Bonn Challenge. Citado el 16/06/2023. Disponible en <https://www.bonnchallenge.org/>
53. Jaksic, F. M., & Fariña, J. M. (2015). Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 43(1): 23-34.
54. Koo, C. D., & Lee, D. K. (2005). How to assess the success of restoration planting. *Forest Science and Technology* 1(1): 13-19.
55. Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2011). Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc Natl Acad Sci U S A* 108(9): 3465-72.
56. Lara, A., Echeverría, C., Thiers, O., Huss, E., Escobar, B., Tripp, K., Zamorano, C., & Altamirano, A. (2008). Restauración ecológica de coníferas longevas: el caso del alerce (*Fitzroya cupressoides*) en el sur de Chile. En: *Restauración de Bosques en América Latina*, pp. 39-56. (Mario González-Espinosa, José María Rey-Benayas, & Ramírez-Marcial N, eds). Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE) y Editorial Mundi-Prensa México. México.
57. Lara, A., Little, C., Cortés, M., Cruz, E., González, M. E., Echeverría, C., Suárez, J., Bahamondes, A., & Coopman, R. (2014). Restauración de Ecosistemas Forestales. En: *Ecología Forestal Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*, pp. 605-672. Vol. 1, (Claudio Donoso, Mauro E. González, & Antonio Lara, eds). Ediciones UACH. Santiago, Chile.

58. Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the anthropocene. *Nature* 519(7542): 171-80.
59. Ley N° 19.300 Diario Oficial de la República de Chile. Ley sobre bases generales del medio ambiente. Santiago, Chile. 1 de marzo de 1994.
60. Ley N° 20.283 Diario Oficial de la República de Chile. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. Santiago, Chile. 11 de julio de 2008.
61. Little, C., & Lara., A. (2010). Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)* 31(3): 175-178.
62. Maldonado, F. (2005). Apuntes del Curso Ciencia y Manejo del Fuego. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal: Universidad Católica de Chile.
63. Mancilla Ruiz, D., González Paz, S., Virano Reyes, P., & De la Barrera Melgarejo, F. (2022). Nuevas oportunidades de conservación y restauración en un paisaje rural-urbano degradado de la región del Maule (Chile) mediante imágenes Sentinel 2. *Revista Universitaria de Geografía* 31(2): 77-108.
64. McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127(3): 247-260.
65. MINAGRI, MMA, & CONAF. (2021). Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030. Santiago de Chile, 82. p.
66. Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A., & González, M. (2016). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change* 17(1): 285-297.
67. MMA. (2014). Plan de adaptación al cambio climático en biodiversidad. Oficina de Cambio Climático y la División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente. Santiago de Chile, 95. p.

68. MMA. (2017). Estrategia nacional de biodiversidad 2017-2030. Santiago de Chile, 98. p.
69. MMA. (2019). Sexto informe nacional de biodiversidad de Chile. Santiago de Chile, 218. p.
70. MMA. (2022). Clasificación de Especies. Citado el 16/06/2023. Disponible en <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>
71. Montaldo, P. (1999). Treinta y cuatro años de una sucesión secundaria en pradera de ñadi en la provincia de Valdivia, Chile. *Agro sur* 27(2): 82-89.
72. Montenegro, G., Ginocchio, R., Segura, A., Keely, J. E., & Gómez, M. (2004). Regímenes de incendios y respuestas de la vegetación en dos regiones de clima Mediterráneo. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 455-464.
73. Montenegro, G., Gómez, M., Díaz, F., & Ginocchio, R. (2003). Regeneration Potential of Chilean Matorral After Fire: An Updated View. En: *Fire and Climatic Change in Temperate Ecosystems of the Western Americas*, pp. 381-409. Vol. 160, (Thomas T. Veblen, William L. Baker, Gloria Montenegro, & Swetnam TW, eds). Springer. New York, NY.
74. Moreno-Casasola, P. (2022). The challenge of participatory restoration in rural areas. *Botanical Sciences* 100(Special): S218-S244.
75. Moya Ramírez, D., Herreros de Lartundo, J., & Ferreyra, J. (2014). Representatividad actual de los pisos vegetacionales en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y de sitios prioritarios para la conservación en Chile. Documento de Trabajo. Proyecto MMA / GEF-PNUD Creación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas para Chile: Estructura Financiera y Operacional. Santiago de Chile, 55. p.
76. Muñoz, A., & Murúa, R. (1990). Control of small mammals in a pine plantation (Central Chile) by modification of the habitat of predators {*Tyto alba*, *Strigiforme* and *Pseudalopex* sp., *Canidae*. *Acta (Ecologica)* 11(2): 251-261.
77. Muñoz, J. R. (1988). Alternativas de control de lagomorfos en plantaciones forestales. *Ciencia*

Investigación Forestal 2(2): 74-85.

78. Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
79. Neary, D. G., Ryan, K. C., & DeBano, L. (2005). *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 4. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.*
80. Niculcar, R., Latorre, K., & Vidal, O. J. (2015). Conservación ex situ de plantas en el banco de germoplasma SAG-Magallanes: una herramienta para la Restauración Ecológica. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 43(1): 109-113.
81. Noh, J.-k., Echeverría, C., Pauchard, A., & Cuenca, P. (2019). Extinction debt in a biodiversity hotspot: the case of the Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forests. *Landscape and Ecological Engineering* 15(1): 1-12.
82. Norambuena, H., Escobar, S., & Rodríguez, F. (2001). Control biológico de *Ulex europaeus* L.: Internación a Chile de dos poblaciones del bioagente *Agonopterix ulicetella* (Stainton) (Lepidoptera: Oecophoridae). *Agricultura Técnica* 61(1): 82-88.
83. Ocampo-Zuleta, K. (2019). Modelo descriptivo de restauración ecológica en zonas afectadas por incendios forestales e invasión de retamo espinoso en los Cerros Orientales de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana* 24(1): 1-12.
84. ONU. (2019). Nueva década de la ONU para la restauración de los ecosistemas, una gran oportunidad para la seguridad alimentaria y la acción climática. Citado el 16/06/2023. Disponible en <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/nueva-decada-de-la-onu-para-la-restauracion-de-los>
85. Otavo, S., & Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(4): 924-935.
86. Ovalle, C., Ojeda, F., & Skewes, O. (2002). Evaluación de distintos métodos de prevención de daño causado por lagomorfos en plantaciones de

- tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* ssp. *palmensis*). *Agricultura Técnica* 62(3): 396-405.
87. Pérez, D. R., Díaz, M., Baschini, C. D., & Sabino, G. (2022). Hidrogel y protección contra mamíferos en plantaciones de restauración ecológica en tierras secas: una evaluación en *Prosopis denudans* var. *denudans*. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 57(2): 31-40.
88. Pérez Quezada, J. F., & Bown, H. E., (eds). (2015). *Guía para la restauración de los ecosistemas andinos de Santiago*. Universidad de Chile-CONAF. Santiago.
89. Peterson, D. W., Dodson, E. K., & Harrod, R. J. (2007). Assessing the Effectiveness of Seeding and Fertilization Treatments for Reducing Erosion Potential Following Severe Wildfires. En: *The Fire Environment—Innovations, Management, and Policy*, pp. 465-474. Destin, FL.
90. Pinilla, J. C., Navarrete Torres, M., García Inostroza, J., Navarrete Ulloa, F., & Luengo Vergara, K. (2023). Evaluación de métodos de manejo de la regeneración natural de *Pinus radiata* para restablecer rodales productivos post incendios forestales. *Ciencia & Investigación Forestal*: 33-44.
91. PNUD. (2017). Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB) Universidad de Concepción, Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago de Chile, 61. p.
92. Promis, Á., Oliares, S., Acuña, S., & Cruz, G. (2019). Respuesta temprana de la regeneración de plantas leñosas después del incendio forestal denominado “Las Máquinas” en la Región del Maule, Chile. *Gayana Botánica* 76(2): 257-262.
93. Quintanilla Pérez, V., & Morales Conzتانزو, M. (2012). Degradación de microcuencas de gran valor geobotánico en la zona costera mediterránea de Chile. Antecedentes para restauración ecológica. *Geographicalia* 61: 67-99.

94. Quiroz, C. L., Pauchard, Á., Marticorena, A., & Cavieres, L. A. (2019). *Manual de Plantas Invasoras del Centro-Sur de Chile*. Laboratorio de Invasiones Biológicas.
95. Ramírez, C., Ortiz, I., San Martín, C., Vidal, O., Álvarez, M., Pérez, Y., Solís, J. L., & Álvarez, I. (2014). Estudio preliminar de la biodiversidad vegetal terrestre en el Estero Walker (Región de Aysén, Chile): utilizando líneas base de proyectos de inversión. *Gayana Botánica* 71(2): 227-245.
96. Ramírez, C., Sandoval, V., San Martín, C., Álvarez, M., Pérez, Y., & Novoa, C. (2012). El paisaje rural antropogénico de Aisén, Chile: Estructura y dinámica de la vegetación. *Gayana Botánica* 69(2): 219-231.
97. Repetto Giavelli, F., & Cabello Cabalin, J. (2015). Potencial de restauración ecológica en zonas de uso público en el Parque Nacional Torres del Paine. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 43(1): 115-121.
98. Rojas, I. M., Pidgeon, A. M., & Radeloff, V. C. (2020). Restoring riparian forests according to existing regulations could greatly improve connectivity for forest fauna in Chile. *Landscape and Urban Planning* 203.
99. Román, B., & Font, X. (2014). Turismo sustentable como herramienta de competitividad en Chile. *Estudios y perspectivas en turismo* 23(3): 421-446.
100. Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A., & Naulin, P. I. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)* 35(1): 1-2.
101. Rouget, M., Cowling, R. M., Lombard, A. T., Knight, A. T., & Kerley, G. I. (2006). Designing large-scale conservation corridors for pattern and process. *Conserv Biol* 20(2): 549-61.
102. Roulier, C., Anderson, C. B., Ballari, S., & Nielsen, E. (2020). Estudios sociales y socioecológicos sobre restauración ecológica: Una revisión de la literatura a escala global e iberoamericana. *Ecología Austral* 30(1): 019-032.
103. Sala, O. E., Chapin, F. S., 3rd, Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L.,

- Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459): 1770-4.
104. Schimmel, J., & Granstrom, A. (1996). Fire severity and vegetation response in the boreal Swedish forest. *Ecology* 77(5): 1436-1450.
105. SER. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
106. Silva, E., Derak, M., Climent-Gil, E., Aledo, A., Bonet, A., López, G., & Cortina-Segarra, J. (2021). Participatory planning for ecological restoration of a highly anthropised semi-arid landscape. *Ecosistemas* 30(3).
107. Smith-Ramírez, C., González, M. E., Echeverría, C., & Lara, A. (2015). Estado actual de la Restauración ecológica en Chile, perspectivas y desafíos *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 43(1): 11-21.
108. Subsecretaría de Turismo. (2017). Turismo sustentable en áreas protegidas del estado: Una apuesta de presente y futuro. Santiago de Chile, 74. p.
109. Talamilla Diaz, D. (2018). *Responsabilidad social empresarial y licencia social para operar en la industria forestal ¿Herramientas para la gestión ambiental sustentable?* Proyecto de grado de Magister. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
110. Universidad de Chile. Centro de Análisis de Políticas Públicas. (2000). *Informe País. Estado del medio ambiente en Chile 1999* LOM Ediciones. Santiago de Chile.
111. Urrutia-Estrada, J., Ulloa, J., García, R. A., & Jara-Seguel, P. (2023). Flora exótica presente en áreas silvestres protegidas de Chile. *Bol Soc Argent Bot* 58: 91-103.
112. Valderrama, L., Contreras-Reyes, J., & Carrasco, R. (2018). Ecological Impact of Forest Fires and Subsequent Restoration in Chile. *Resources* 7(2).

113. Vargas Ríos, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación *Acta biol Colomb* 16(2): 221-246.
114. Vidal, O. J., Aguayo, M., Niculcar, R., Bahamonde, N., Radic, S., San Martín, C., Kusch, A., Latorre, J., & Féliz, J. (2015). Plantas invasoras en el Parque Nacional Torres del Paine (Magallanes, Chile): estado del arte, distribución post-fuego e implicancias en restauración ecológica. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 43(1): 75-96.
115. Villagrán, C., & Hoinojosa, L. F. (1997). Historia de los bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 241-267.
116. Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277(5325): 494-499.

VIII. APÉNDICES

Apéndice A. Listado de expertos que han participado en iniciativas de restauración de ecosistemas forestales.

Nombre	Nombre
Cecilia Smith (R)	Álvaro Promis (NR)
Jan Bannister (R)	Antonio Cabrera (NR)
Juan Ovalle (R)	Eduardo Arellano (NR)
Marcela Bustamante (R)	Christian Little (NR)
Cristián Echeverría (R)	Eduardo Cartes (NR)
Tomás González (R)	Enrique Villalobos (NR)
Pablo Becerra (R)	Eduardo Fuentes (NR)
Edgardo Flores (R)	Jorge F. Pérez (NR)
Antonio Vita (R)	Manuel Acevedo (NR)
Mauro González (R)	María Jesús Ramírez (NR)
Pablo Azua (R)	Marta Gonzales (NR)

Rodrigo Vargas (R)	Rómulo Santelices (NR)
Sebastián Arredondo (R)	Rodrigo Fuentes (R)
Paula Gatica (R)	

Apéndice B. Carta de invitación a los expertos en Restauración de ecosistemas forestales en Chile.



“Análisis de las técnicas, estrategias y enfoques de las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile”

XX de XX 202X

Presente,

Estimado (a).

Ante todo, un cordial saludo para usted. Mi nombre es Bastián Fernández Vergara, soy estudiante de Ingeniería en Conservación de Recursos Naturales y estoy realizando mi iniciativa de título. Esta iniciativa constituye una colaboración entre la Facultad de Ciencias Forestales UdeC y la CONAF, en su preocupación por entender cuáles han sido los enfoques, técnicas, estrategias y obstáculos que han tenido las iniciativas de restauración de ecosistemas forestales en el centro y sur de Chile. Es trascendental señalar la importancia de estos ecosistemas, ubicados en un *hotspot* de biodiversidad, insertos en una matriz de transición entre el bosque esclerófilo y templado. Además, esta zona contiene ecosistemas altamente amenazados que requieren de acciones de restauración, por lo cual es necesario entender cómo restaurarlos.

En esta ocasión, me dirijo a usted para solicitar su apoyo en esta iniciativa. Considerando su gran experiencia de trabajo en este tipo de ecosistemas, le pedimos pudiera contestar la encuesta adjunta. La encuesta cuenta con dos etapas, en las que le solicitamos por favor: (1) Completar el archivo Excel adjunto sobre iniciativas de restauración en las que ha participado (las instrucciones se encuentran en la página uno del archivo Excel); y, (2) Responder dos preguntas abiertas sobre Restauración de ecosistemas forestales (en la página dos del archivo Excel, "Preguntas abiertas")

De antemano agradezco su participación, ya que es vital para esta investigación el contar con información de primera fuente sobre iniciativas de Restauración de ecosistemas forestales en nuestro país. Esperamos sistematizar toda la información recopilada no sólo para el proyecto de título, sino también para proveer a instituciones tomadoras de decisiones sobre el manejo del territorio y los bosques. Fundamentalmente, para identificar oportunidades de restauración de estos importantes ecosistemas de nuestro país. Esperamos pueda participar y apoyarnos en este emprendimiento. Si desea realizar esta encuesta de manera telefónica o a partir de otro medio, por favor contáctenos a +569957652347 o por este mismo medio.

Saludos cordiales,

Bastían Fernández Vergara

Facultad de Ciencias Forestales UdeC

Apéndice C. Antecedentes y actividades de restauración evaluadas en las iniciativas de restauración listadas en el catastro público del Ministerio del medio ambiente de Chile

Antecedentes de restauración	Actividades de restauración
Región	Colecta de germoplasma
Tipo de financiamiento	Contención de erosión
Fuente de financiamiento	Control de especies invasoras
Causas de degradación de ecosistemas	Descripción del ecosistema de referencia
Tipo de ambiente donde se desarrolla la iniciativa	Educación ambiental
Tipo de uso de suelo donde se restaura	Exclusión de ganado
Superficie estimada	Mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas
	Monitoreo tras la restauración
	Plantación de especies nativas
	Producción de plantas nativas
	Recuperación de ecosistemas acuáticos
	Rescate y reintroducción de fauna

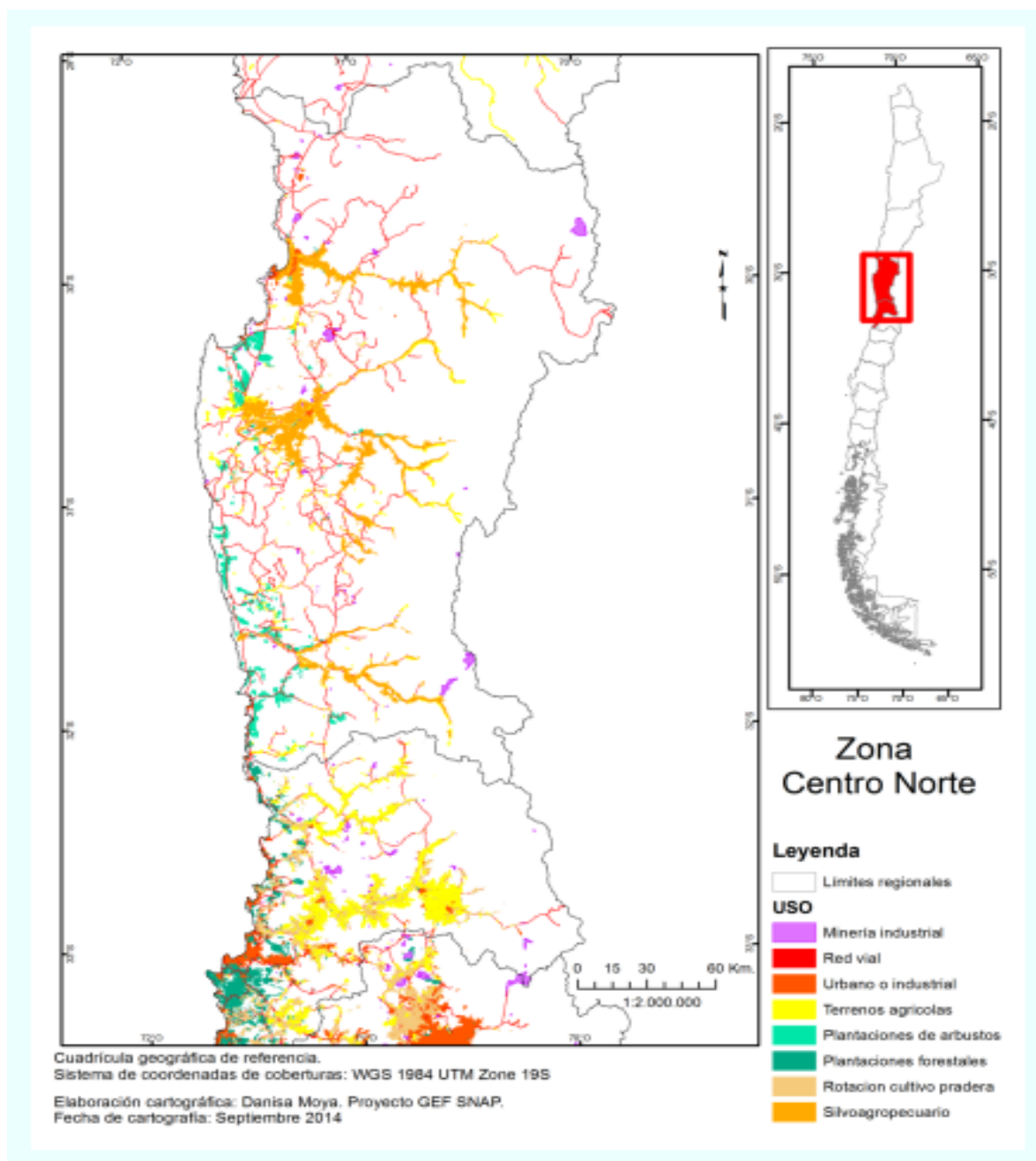
	Trabajo con comunidades locales
--	---------------------------------

Apéndice D. Antecedentes y actividades de restauración evaluadas en las iniciativas de restauración implementadas por expertos.

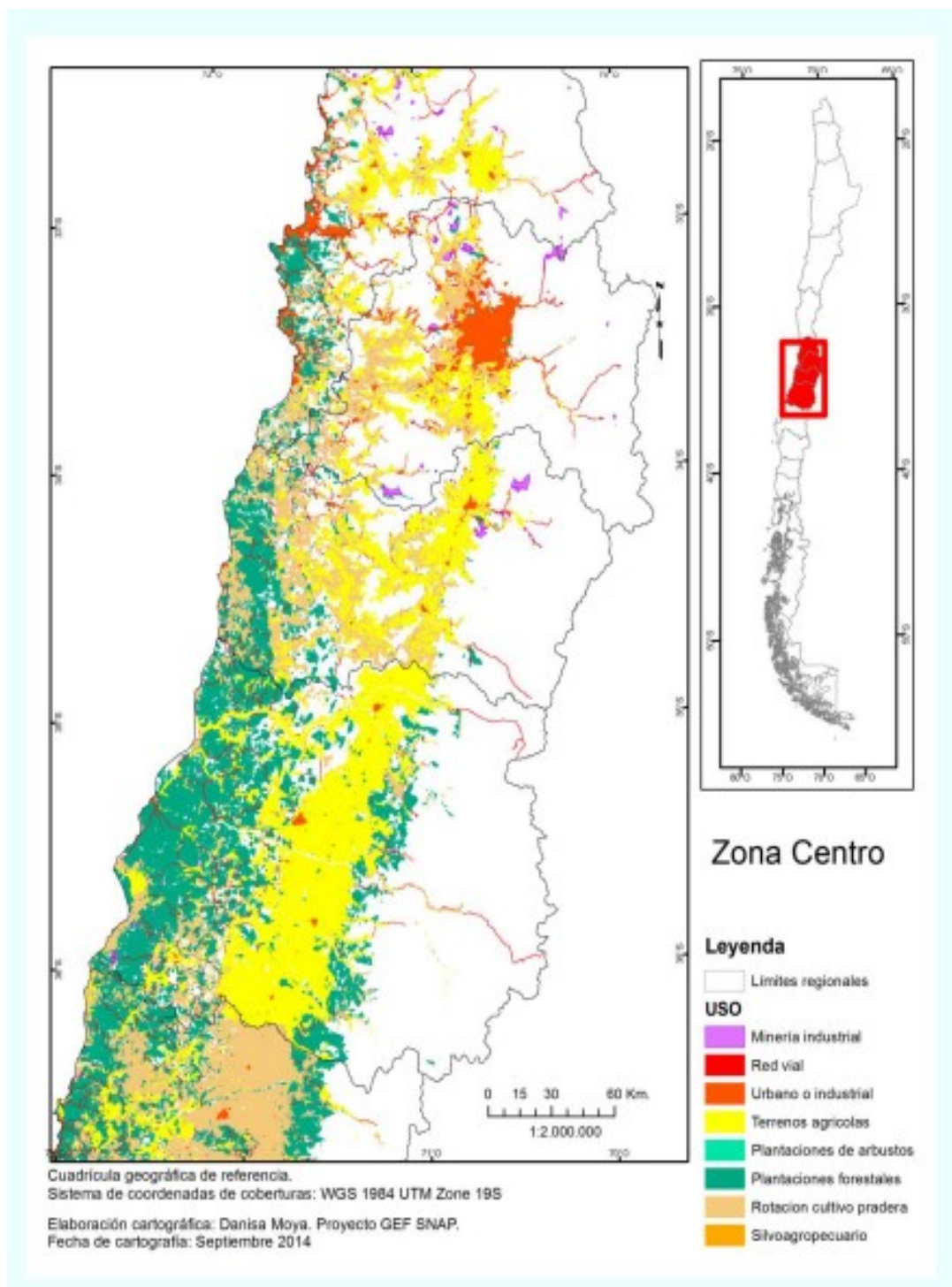
Antecedentes de restauración	Actividades de restauración
Causas de degradación	Aplicación de fertilizantes
Tipos de tratamiento de sitio previos	Aplicación de herbicidas
Tipos de monitoreo	Control de especies exóticas
Época del año	Control de lagomorfos
Considera regeneración natural	Cosecha de aguas lluvia
Tipo de iniciativa	Educación ambiental
Tipos de ecosistema restaurados	Enriquecimiento
Superficie restaurada	Exclusión de humanos
Tipo de financiamiento	Exclusión de ganado
Fuente de financiamiento	Instalación de perchas
Técnica de introducción de plantas	Manejo de regeneración natural
Estratégica de plantación	Plantación de individuos
Considera especies arbustivas	Riego de establecimiento
	Sombreado

IX. ANEXOS

Anexo A. Mapa de usos antrópicos en la zona centro norte



Anexo B: Mapa de usos antrópicos en la zona centro



Anexo C: Mapa de usos antrópicos en la zona centro sur.

