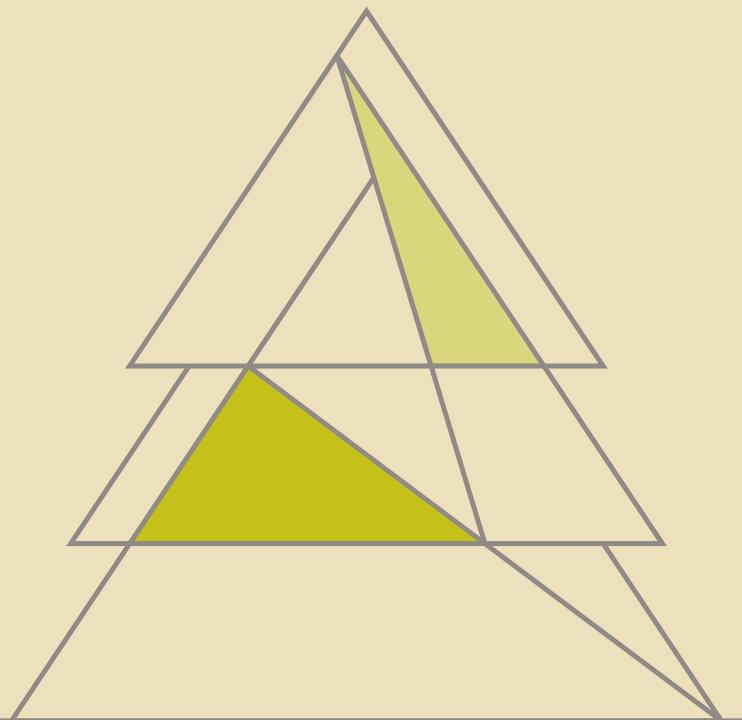


PLAN DE RESTAURACIÓN

BOSQUE NATIVO ARAUCO



FORESTAL ARAUCO
Febrero 2018

arauco

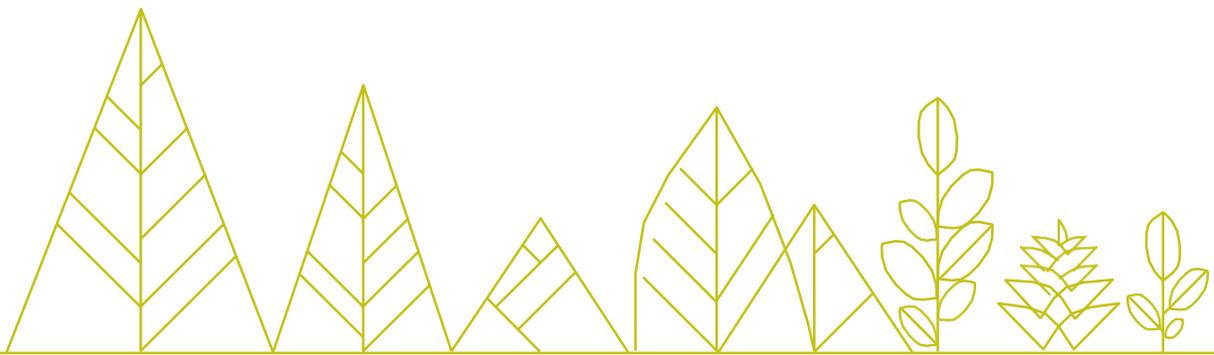


TABLA DE CONTENIDOS

I	INTRODUCCIÓN	4
II	COMPROMISO DE ARAUCO	7
III	OBJETIVOS	9
IV	ALCANCE GEOGRÁFICO	10
V	ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN	17
VI	ESTRUCTURA DE TRABAJO	26
VII	ACTIVIDADES DEL PLAN DE RESTAURACIÓN	29
VIII	EXPERIENCIAS INTERNAS DE REFERENCIA PARA LA RESTAURACIÓN	36
IX	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

I INTRODUCCIÓN



Arauco es una empresa global que produce y gestiona recursos forestales renovables asumiendo los desafíos de un mundo sostenible, es decir, desarrollando productos que mejoren la vida de las personas a través de procesos respetuosos del entorno en que se desarrollan.

El cuidado por los ecosistemas que proveen estos recursos es un aspecto prioritario en la operación productiva de Arauco. El manejo sostenible —entendido como la gestión integral de los ecosistemas en coordinación con los distintos actores del territorio— es parte de la estrategia global y de largo plazo de la empresa.

Forestal Arauco posee y gestiona aproximadamente 1,1 millones de hectáreas en la zona central de Chile, territorio que tiene la mayor densidad de habitantes del país y la mayor concentración de biodiversidad. Siendo un actor relevante en los territorios en que opera, asume con responsabilidad esta condición como una valiosa oportunidad para promover el manejo sostenible. Por ello, la compañía ha incorporado la Restauración de vegetación nativa como un importante ámbito de gestión, lo que además ha permitido potenciar la innovación y fomentar la colaboración con distintos actores sociales.

Forestal Arauco comenzó a trabajar en un primer Plan de Restauración de Bosque Nativo que en su inicio estuvo enfocado en la planificación de la restauración ecológica de alrededor de 25 mil hectáreas, superficie identificada como plantaciones establecidas en terrenos que hasta el año 1994 tenía bosque nativo. Esta superficie es el denominado compromiso voluntario de restauración por sustitución post 1994.

Posteriormente se fue agregando nueva superficie al programa de restauración, correspondiente al aumento de las franjas de protección de cursos y cuerpos de agua, gestión de áreas de alto valor de conservación y otros ámbitos propiciados por los procesos de certificación de Manejo Forestal Sustentable.

Después de los enormes incendios del verano 2017, principalmente en las regiones de Maule y Biobío (que afectó a aproximadamente 90 mil ha de la compañía, considerando plantaciones y bosque nativo, vegetación de protección y otros), Forestal Arauco enfrentó el nuevo desafío de incorporar a la gestión de restauración más de 15 mil ha de bosque nativo quemadas, incluidas unas 2.500 ha de Áreas de Alto Valor de Conservación. Dados los enormes daños ecosistémicos y sociales causados por los incendios, esta incorporación se transformó en un desafío adicional y prioritario del Plan de Restauración de Bosque Nativo.

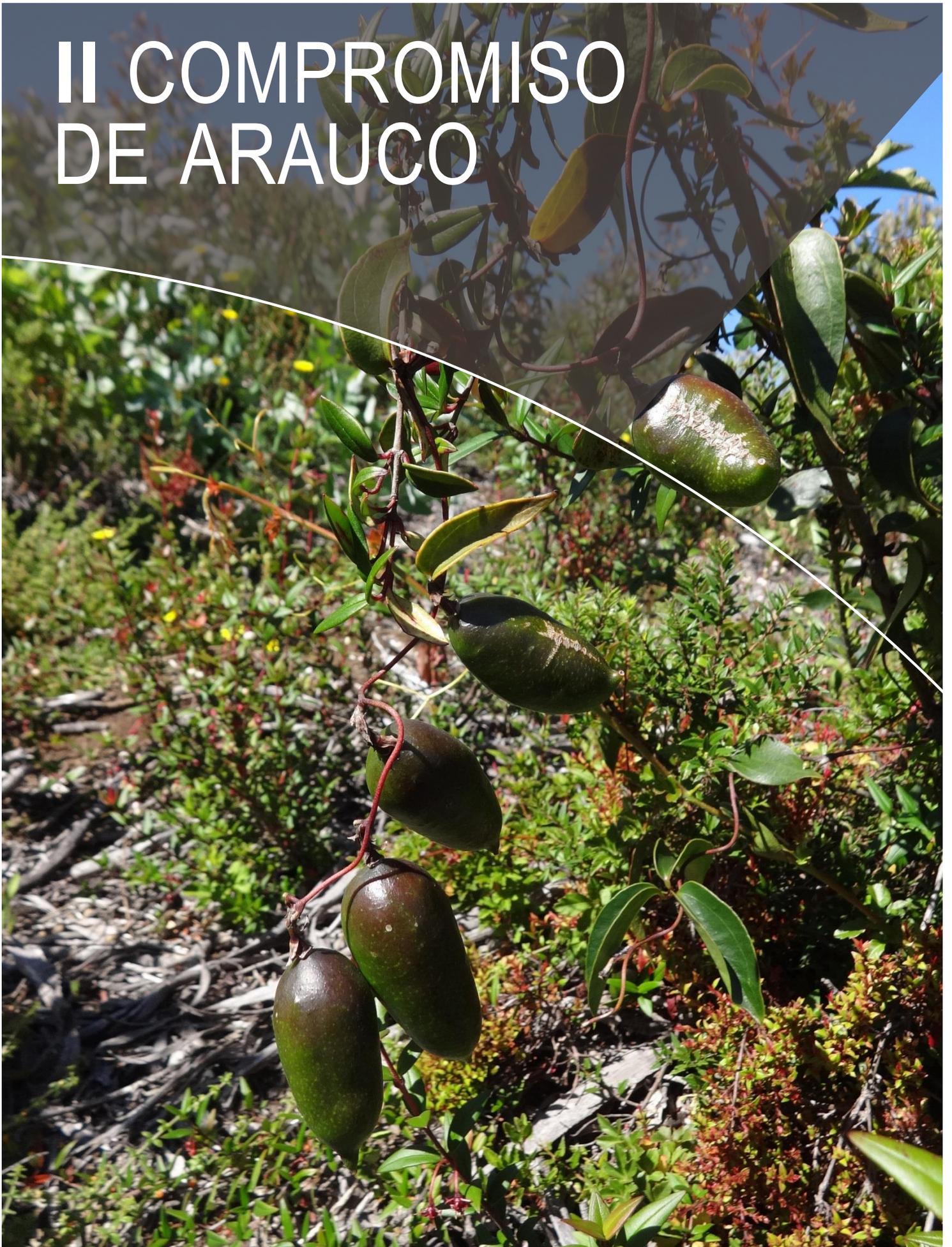
En este marco y con ocasión de una reflexión profunda, Forestal Arauco ha impulsado un Plan de Renovación Forestal, basado en cuatro ejes de acción: prevención, protección, reforestación e impulso al desarrollo local. El objetivo de ese Plan es adaptar la gestión forestal y enfrentar los desafíos que presenta el nuevo contexto, incorporando en los últimos años las lecciones aprendidas de forma integral.

Este Plan de Restauración de Bosque Nativo se integra dentro del mencionado Plan de Renovación Forestal, y lo hace con un enfoque adaptativo, que considera ensayos, monitoreo, evaluación y escalamiento, en un contexto de aprendizaje y mejora continua.

Han sido grandes los desafíos y también los cambios en esta primera etapa del Plan de Restauración, oportunidad para aprender con otros y que se ha reflejado en diversas iniciativas que han ido evolucionando con gran dinamismo por la incorporación de mayor conocimiento, experiencia y diferentes puntos de vistas. Por ejemplo; ha tomado fuerza el concepto de restauración «social» o «socio-ambiental», por sobre la exclusivamente «ecológica». También lo ha hecho el concepto de «compensación», es decir la restauración en un espacio diferente, en donde se pueda reconocer mayores beneficios ambientales, sociales y económicos para todas las partes. Estos conceptos, que no están agotados, abren importante espacio y proyección para considerar la producción de bienes y servicios, tales como los PFNM (productos forestales no madereros), madera nativa y también servicios ecosistémicos como el agua, paisaje, entre otros. También para considerar la incorporación de terrenos de terceros interesados, en que haya una prioridad nacional o regional de restauración.

El presente documento ha sido elaborado gracias al aporte de numerosas personas e instituciones, que desde 2012 han colaborado con Forestal Arauco, tanto en el diseño de medidas como en la investigación de estrategias de restauración. Un especial reconocimiento merecen las personas miembros del Consejo Consultivo de Restauración de Bosque Nativo, instancia creada por Forestal Arauco que ha permitido contar con el valioso acompañamiento, aporte y experiencia de un grupo selecto de profesionales de diversos ámbitos ligados a la investigación, el estado, el desarrollo comunitario, lo social y el medioambiente.

II COMPROMISO DE ARAUCO



Forestal Arauco ha asumido un compromiso formal con la gestión sostenible en todas sus operaciones forestales presentes en siete regiones del centro y sur de Chile. Este compromiso se manifiesta en la **Política de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos** (ver tabla 1).

Esta política fue desarrollada en base a un proceso participativo, con el aporte de diversas organizaciones sociales, personas e instituciones que participaron en los Foros Híbridos, realizados entre los años 2010 y 2012.

La misma, se ubica en un rango de jerarquía alto en las definiciones corporativas de la empresa, por tanto, es de cumplimiento mandatorio en todos los procesos que estén relacionados con los ámbitos a los que ésta se refiere.

POLÍTICA DE BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
1. CONOCER LA RELACIÓN. Conocer y evaluar la relación existente entre nuestras operaciones forestales y la biodiversidad y los distintos servicios ecosistémicos de manera sistemática, transparente y oportuna.
2. PREVENIR Y ADOPTAR MEDIDAS ADECUADAS A LOS IMPACTOS. Gestionar nuestras operaciones forestales de manera de respetar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, aplicando medidas de prevención y mitigación adecuadas a sus impactos.
3. INVESTIGAR Y DIVULGAR. Investigar e incentivar el conocimiento científico en materia de biodiversidad y servicios ecosistémicos, procurando fomentar la investigación asociativa y siendo proactivos en la difusión de información relevante.
4. DIALOGAR PARA MEJORAR. Establecer y mantener un diálogo permanente con nuestras partes interesadas, para la identificación y la gestión de los valores de biodiversidad y servicios ecosistémicos en nuestro patrimonio, reconociendo sus miradas y tomando en cuenta el conocimiento ecológico local.
5. GESTIONAR VALORES EN DIVERSAS ESCALAS. Gestionar los posibles impactos de nuestras operaciones en relación con los valores de conservación de biodiversidad y servicios ecosistémicos, considerando las diferentes escalas en paisaje, ecosistemas y cuencas.

Tabla 1. Política de biodiversidad y servicios ecosistémicos, año 2012.

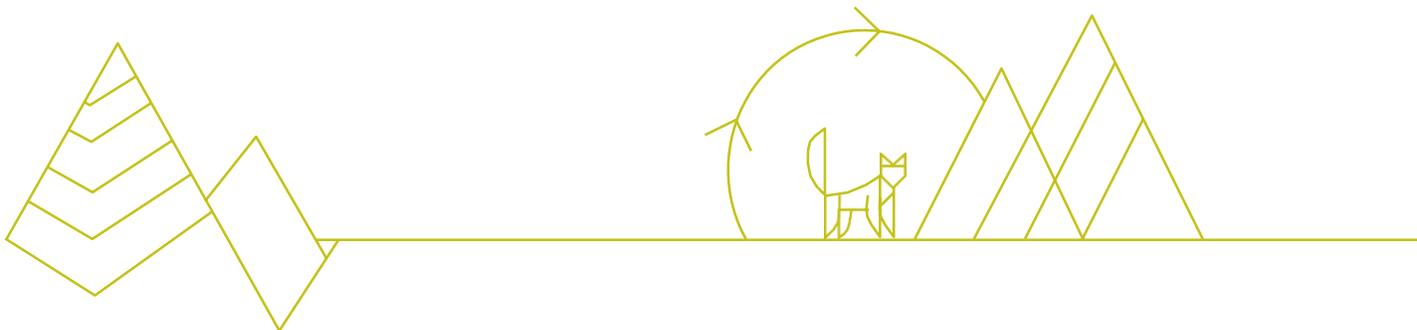
III OBJETIVOS

Objetivo general

Restaurar ecosistemas nativos degradados por distintas causas, buscando maximizar de manera sustentable los servicios ecosistémicos que éstos proveen, resguardando la eficiencia económica de estos esfuerzos para asegurar su efectividad en el largo plazo.

Objetivos específicos

1. Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos asociados a la biodiversidad nativa.
2. Generar relaciones de colaboración con diversas partes interesadas que contribuyan a incrementar sosteniblemente los usos sociales, económicos y culturales asociados a la restauración del bosque nativo.
3. Crear y difundir conocimiento científico de manera asociativa y establecer mecanismos de divulgación que contribuyan a iniciativas similares.
4. Asegurar la sostenibilidad de los esfuerzos de restauración buscando armonizar los aspectos sociales, ambientales y económicos.



IV ALCANCE GEOGRÁFICO



El Plan de Restauración cubre la zona centro y sur de Chile, donde está inserto el patrimonio de Forestal Arauco (FASA). Este patrimonio incluye plantaciones de pino y eucalipto, bosques nativos, protecciones y otros usos cubriendo 1,1 millones de hectáreas, entre las regiones de O'Higgins y Los Lagos (Ver figura 1).

En esta zona destacan dos eco-regiones relevantes para la conservación de la biodiversidad: matorral esclerófilo y bosque valdiviano¹. La región centro-sur de Chile representa uno de los 34 puntos más importantes para la conservación de la biodiversidad en el planeta o hotspots de biodiversidad².

¹ Dinerstein et al. 2001.

² Mittermeier et al. 1999.

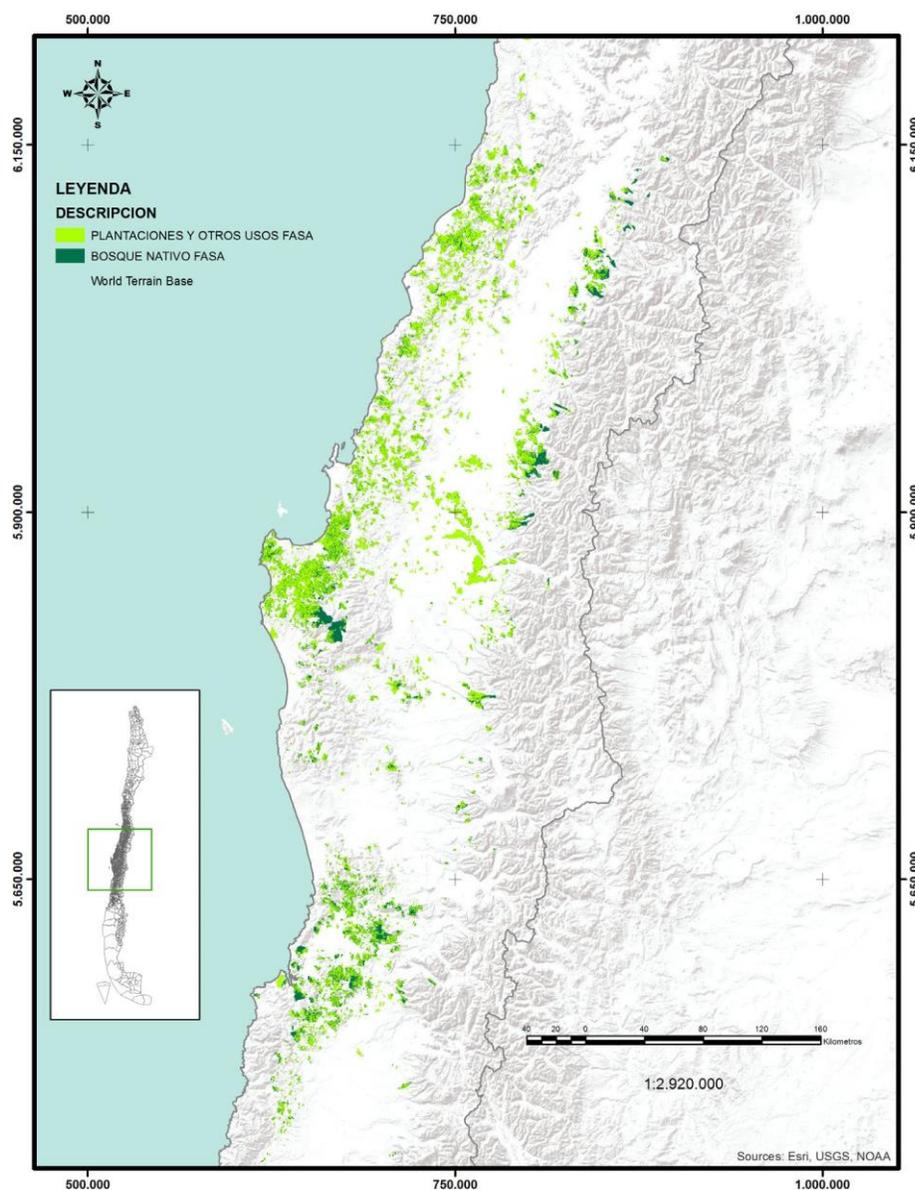


Figura 1. Ubicación del patrimonio forestal de Arauco (FASA) y hotspot de biodiversidad zona centro sur de Chile. Coordenadas en UTM, Datum WGS84, Huso 18S.

El hotspot de la zona centro-sur de Chile ha sido reconocido como un centro de alta biodiversidad debido a su gran importancia biológica y a su alto grado de amenaza³. De los 300.000 km² de vegetación primaria originales de esa área, sólo 90.000 km² permanecen en la actualidad y sólo 9.167 km² se encuentran bajo la protección del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE). Esta región presenta la mayor diversidad de tipos forestales y riqueza de especies arbóreas del país, así como la máxima concentración de géneros de leñosas endémicas y la máxima riqueza de especies de mamíferos, anfibios y peces de agua dulce nativos⁴. Por otra parte, el hotspot concentra la mayor cantidad de población del país como también las mayores superficies de actividad agrícola y forestal (mayor detalle se encuentra en el Anexo 2).

Clasificación de las zonas de restauración

El Plan de Restauración clasifica las zonas a restaurar en los siguientes ámbitos prioritarios:

1. Compromiso de restauración por sustitución.
2. Zonas quemadas.
3. Ampliación de las Franjas de protección de cursos de agua.
4. Superficies degradadas en áreas de alto valor de conservación (AAVC).
5. Otras zonas a restaurar.

1. Compromiso de restauración por sustitución

Este programa de restauración comprende alrededor de 25 mil hectáreas de bosque nativo que fueron sustituidas con posterioridad al año 1994, que están enmarcadas dentro del proceso de certificación de Manejo Forestal Sustentable.

La determinación de la superficie sustituida a partir de 1994 estuvo a cargo de la empresa Cartomapa, trabajo que fue posteriormente verificado por la Universidad Austral de Chile y fue presentado en diversas instancias al Foro Híbrido de Bosque Nativo⁵.

La superficie de bosque nativo sustituido alcanza 13.476 ha y la superficie de matorral esclerófilo alcanza a 11.569 ha, y en total corresponden a 25.044 hectáreas (Tabla 2).

3 Mittermeier et al. 1999; Myers et al. 2000.

4 Armesto et al. 1998.

5 El Foro Híbrido del Bosque Nativo fue una instancia de participación y diálogo entre Arauco y la comunidad generada para acordar soluciones respecto de: (i) la identificación y verificación de la superficie sustituida; (ii) la evaluación de mecanismos que permitan asegurar la no-sustitución futura; (iii) el diseño de lineamientos generales para la estrategia de restauración y (iv) el planteamiento de criterios de valorización de las superficies sustituidas.

Tabla 2. Superficie total sustituida (ha) en predios de Arauco a partir de 1994, clasificados por tipo y filial.

EMPRESA	BOSQUE NATIVO	MATORRAL ESCLERÓFILO	TOTAL
FASA Norte	5.579	11.245	16.824
FASA Centro	1.628	149	1.777
FASA Sur	6.269	175	6.444
TOTAL	13.476	11.569	25.044

Del total de la superficie sustituida, 19.655 ha corresponden a sustituciones⁶ de bosques nativos y matorrales esclerófilo, realizadas directamente por Arauco (FASA). Otras 2.895 ha son sustituciones realizadas por otras empresas, cuyos predios fueron adquiridos posteriormente por Arauco y 2.494 ha son sustituciones realizadas por personas naturales, a quienes Arauco compró sus tierras de manera posterior a la sustitución del bosque nativo (Tabla 3).

Tabla 3. Responsabilidad de la sustitución en predios de Arauco, a partir del año 1994, clasificados por filial.

RESPONSABLE PLANTACIÓN	SUSTITUCIÓN TOTAL (ha)			TOTAL
	FASA Norte	FASA Centro	FASA Sur	
<i>SUELO FASA</i>	10.438	1.454	4.949	16.841
<i>ARRIENDO</i>	1.272	50	6	1.328
<i>CONVENIO EMPRESA</i>	913	30	36	979
<i>CONVENIO CONAF</i>	505	0	0	505
Total FASA	13.129	1.535	4.991	19.655
Empresas adquiridas	2.551	71	273	2.895
Propietario anterior	1.144	171	1.179	2.494
TOTAL	16.824	1.777	6.444	25.044

Aunque el 22% de la superficie de matorral esclerófilo y bosque nativo sustituida, no la hizo Arauco, la compañía se hace cargo del 100% de esta superficie, independientemente de la responsabilidad directa de la sustitución.

Es importante aclarar que Arauco no es el propietario de los suelos que están bajo la modalidad de convenios y/o arriendos (2.813 ha).

Como la decisión de restaurar en estos sitios no depende totalmente de Arauco, se tratará de hacerlo de común acuerdo y con la autorización del propietario. Si esto no fuera posible, se hará compensación en patrimonio propio o de terceros.

En el Anexo 4 se entrega un análisis general de caracterización de las superficies sustituidas.

2. Zonas quemadas

Uno de los mayores riesgos al patrimonio forestal son los incendios, por lo cual todos los años Arauco destina una importante cantidad de recursos para prevenir y combatir alrededor de 1.500 focos de incendios. En algunos años se presentan situaciones de carácter climático con fuertes vientos ($V > 30$ km/hr), baja humedad relativa ($HR < 30\%$) y altas temperaturas ($T > 30^\circ C$) que pueden producir incendios de gran magnitud causando cuantiosos daños a plantaciones, bosques nativos, zonas de

⁶ Se entiende por sustitución a la acción de cortar el bosque nativo del predio y plantar con pino y/o eucalipto. Para los efectos de este análisis, si terceros cortaron bosque nativo que posteriormente fueron plantados con pino y/o eucalipto por FASA, se asume responsabilidad de sustitución.

protección, infraestructura y otros usos. Una vez extinguidos los incendios, se comienza un proceso de restauración para recuperar las plantaciones productivas, la vegetación nativa y las protecciones.

Como ejemplo podemos mencionar el incendio ocurrido en enero de 2012 dentro del área de Quillón (Región del Biobío) que a esa fecha correspondía uno de los incendios forestales de gran tamaño en la zona central de Chile. Las estadísticas generales determinaron que este incendio consumió más de 28.000 ha, principalmente en las comunas de Florida, Quillón, Ránquil y San Rosendo. Para Arauco, el patrimonio forestal siniestrado alcanzó a 9.717 ha, de las cuales 1.120 ha corresponden a protecciones y bosque nativo

Por otra parte, en enero de 2017 se produjo el mayor incendio de la historia del país, quemando cerca de 518 mil hectáreas entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, afectando casas, infraestructura, industrias, cultivos agrícolas, plantaciones, bosque nativo, praderas, matorrales, entre otros. Los incendios tuvieron un origen antrópico, con múltiples focos, cuya propagación fue favorecida por condiciones climáticas muy adversas que hicieron imposible su control.

Respecto de este último incendio, Arauco fue fuertemente impactado con la destrucción de infraestructura y con la quema de cerca de 71 mil hectáreas de plantaciones de pino y eucalipto, y otras 15 mil hectáreas de bosque nativo y protecciones, de las cuales 2.500 ha corresponden a Alto Valor de Conservación (Ver tabla 4 y 5).

Tabla 4. Superficie afectada de Áreas de Alto Valor de Conservación en incendio de enero de 2017.

NOMBRE AAVC	SUPERFICIES		% AFECTADO
	AFECTADA	TOTAL	
Ruiles de Porvenir y el Fin	1.053	1.195	88%
Bosque Maulino de Ruiles y Pitaos	1.030	1.080	95%
Bosque Esclerófilo de Lolol	206	381	54%
Ciénagas del Name	150	404	37%
Humedal Santa Elena	34	41	83%
Palmas de Hualañé	15	22	70%
Ruiles de Agua Buena	10	22	46%
TOTAL	2.498	3.145	79%

En relación a los pisos vegetacionales, fueron afectados el bosque caducifolio (10,600 ha), bosque esclerófilo (3.800 ha) y bosque espinoso (500 ha).

PISO VEGETACIONAL	SUP AFECTADA (HA)
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus glauca</i> y <i>Persea lingue</i>	6,869
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Azara integrifolia</i>	3,018
Bosque caducifolio mediterráneo-templado costero de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Gomortega keule</i>	1,901
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus glauca</i> y <i>Azara petiolaris</i>	1,332
Bosque espinoso mediterráneo interior de <i>Acacia caven</i> y <i>Lithrea caustica</i>	541
Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Cryptocarya alba</i>	530
Bosque esclerófilo mediterráneo interior de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Peumus boldus</i>	425
Bosque esclerófilo mediterráneo interior de <i>Quillaja saponaria</i> y <i>Fabiana imbricata</i>	259
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Lomatia hirsuta</i>	32
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Cryptocarya alba</i>	29
TOTAL GENERAL	14,936

Tabla 5. Superficies afectadas por tipo de Piso Vegetacional.

El cálculo de la superficie afectada por los incendios se realizó en base a imágenes satelitales Pleiades y Sentinel usando el BAI (Burn Area Index) y el Normalized Burn Ratio (NBR).

El caso del ruil (*Nothofagus alessandri*) es especialmente importante. Esta especie está declarada como monumento natural, es endémica y sólo está presente en la Región del Maule. Se distribuye desde las localidades de Curepto hasta Empedrado, en aproximadamente 350 ha.

A nivel país el incendio afectó un 50% de la superficie de ruil, presente en tres áreas de Alto Valor de Conservación de Arauco. La situación es crítica y requiere un tratamiento prioritario.

3. Franjas de protección de cursos de agua

A partir de enero del año 2012, se definió incrementar las medidas de resguardo de los cursos de agua. Esto implica, en casos que amerite, una ampliación de las franjas de vegetación que protegen los cauces, favoreciendo una mayor calidad del agua y el resguardo de la vida silvestre.

El ancho de las protecciones varía entre 10 y 60 metros dependiendo del tipo (cursos de agua, manantiales, cuerpos de agua o humedales), del caudal (permanente o temporal) y pendiente del terreno.

El proceso se inicia con la identificación de los anchos de las protecciones en la cartografía, posteriormente cuadrillas especializadas, previo a la cosecha, validan los árboles límite en terreno. La Unidad de Cartografía

recogerá los comentarios realizados por la marcación de terreno para elaborar la cartografía definitiva de las nuevas protecciones. Esta cartografía es utilizada como base en todas las actividades de la empresa y está alojada en los sistemas de información.

4. Superficies degradadas en Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC)

Las AAVC suman unas 59.803 ha en Arauco. Las superficies degradadas o que requieran ser restauradas al interior de dichas AAVC dependen de los resultados individuales de cada plan de conservación de AAVC.

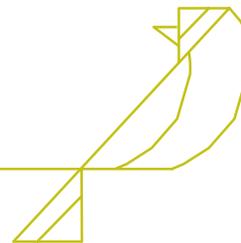
El Plan de conservación (PC) corresponde a un documento que reúne toda la información relevante en relación a la identificación, manejo y monitoreo de Altos Valores de Conservación (AVC). Como parte integrante de estos planes se cuenta con un monitoreo permanente de los Valores que se quieren mantener o mejorar en dicha área.

El análisis del monitoreo contempla la evaluación del cumplimiento de los objetivos de conservación propuestos en los planes de conservación. Los resultados son la base para el manejo adaptativo, es decir, corresponde a un insumo para la modificación de los planes de conservación.

Si el análisis del monitoreo indica que el Valor ha sido afectado negativamente, el plan cambia incorporándose acciones para su recuperación y mejora. Esto, a través de la implementación de medidas de control o exclusión de amenazas, trabajos de recuperación de las condiciones del sitio o la reintroducción o enriquecimiento con especies nativas requeridas para la restauración, entre otras.

5. Otras zonas a restaurar

En esta categoría se consideran aquellas como: compensaciones por obras civiles, restauraciones culturales, sectores en zonas de interfaz, restauración de vegetación nativa en torno a caminos públicos y plantaciones productivas de bosque nativo (raulí, maquí, PFNM). Respecto de este último, la idea es otorgar mayor funcionalidad a la restauración mediante incorporación de plantaciones o cultivos en parches rodeados de matriz de restauración y bosque nativo no alterado de mayor diversidad.



V ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN



Un enfoque adaptativo

Dentro de la estrategia general de restauración se reconoce la necesidad de una mayor cantidad de estudios de restauración en plantaciones forestales a escala operacional, al menos dentro del ámbito nacional. Por ello se incorporó un proceso de investigación y acción, que permite una restauración ecológica exitosa.

Este proceso de investigación se basa en la generación de ciclos de ensayos, evaluación y escalamiento, con énfasis en un enfoque adaptativo, que incorpora de manera continua procesos de diseño, manejo y monitoreo.



Figura 2. Estrategia general de ensayos-evaluación-escalamiento.

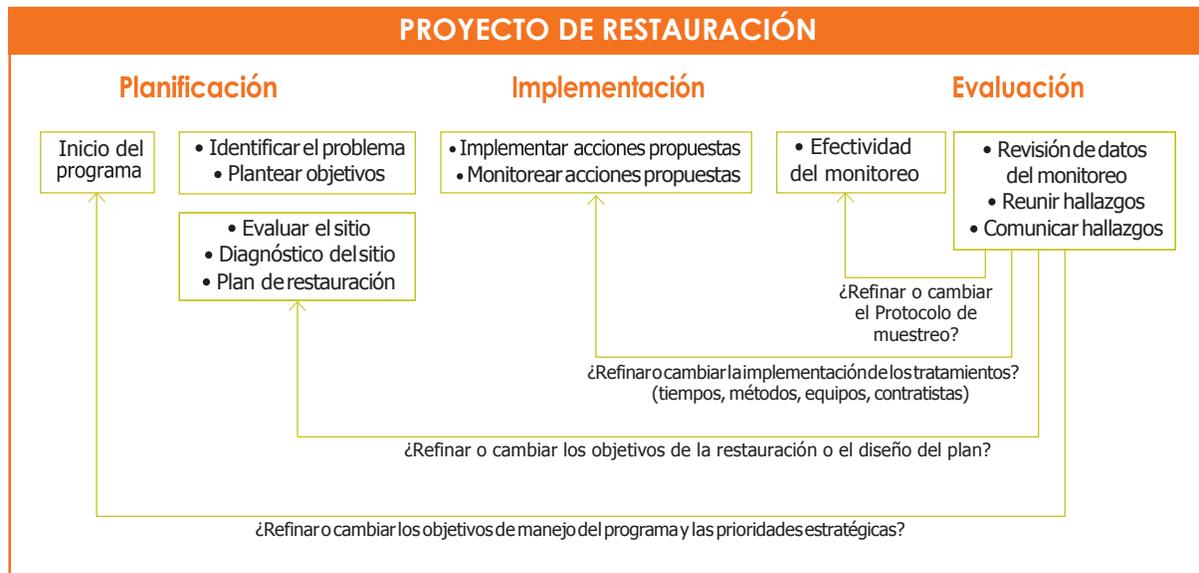
La **Primera Fase** contempla restauración mediante ensayos y pilotos, seguida de una **Segunda Fase** de escalamiento o propagación de la restauración. Entre los años 2012 y 2016 se realizó un levantamiento de conocimiento basal, mediante la implementación de una red de pilotos de restauración en sectores que representan situaciones factibles de encontrar. Esta red consistió en ensayos de plantación (8 predios) y ensayos de efecto de herbivoría (5 predios).

La red de ensayos y pilotos continuó implementándose, permitiendo aumentar el conocimiento de estos procesos y aplicarlos en las siguientes fases. La información de ensayos es complementada con los resultados de los monitoreos anuales de los sitios ya sustituidos.

Dado el cambio climático, el enfoque adaptativo es clave.

A nivel específico el enfoque adaptativo implica acciones de planificación, implementación, evaluación y mejora continua del proyecto, como las recomendadas por WWF a través de una adaptación general del modelo de Gaboury & Wong (1999) para restauración de cuencas. Los autores plantean que la retroalimentación permite modificar o refinar las prácticas

de restauración, promoviendo su eficiencia (ver figura 3). A través del monitoreo también se incrementa la comprensión sobre las funciones del ecosistema y los umbrales de respuesta, proporcionando información detallada sobre qué prácticas son más efectivas⁷.



La participación como característica esencial

El modelo incorpora los requerimientos y aportes de las partes interesadas, como organizaciones de la sociedad civil, la academia y comunidades vecinas, estableciendo un mecanismo de relacionamiento continuo, transparente y de largo plazo.

Existen tres ámbitos de participación:

1. Consejo Consultivo: es una instancia convocada por Arauco, cuyas principales funciones son detectar necesidades, anticipar situaciones conflictivas, identificar oportunidades, y recomendar medidas que puedan ser adoptadas por la empresa, para mejorar el desempeño del Plan de Restauración de Bosque Nativo. El Consejo Consultivo posee una composición híbrida, en la que participan personas provenientes de diferentes ámbitos de la sociedad.

El Consejo Consultivo está compuesto por personas con miradas del mundo científico, social, ambiental, del Estado, de las comunidades locales y también algunas personas de la empresa, que aportan la mirada económica y productiva (Figura 4).

Sus opiniones y recomendaciones son consideradas prioritarias, sin embargo no son vinculantes para ningún actor que lo componga, pues su carácter es eminentemente consultivo.

Figura 3. Ejemplo del rol del monitoreo efectivo en un esquema de manejo adaptativo para la restauración ecológica (modificado de Gaboury & Wong, 1999).



Figura 4. Composición del Consejo Consultivo.

2. Academia y mesas técnicas: Arauco realiza proyectos de investigación conjunta con universidades y centros de investigación regionales y nacionales, para cumplir con el adecuado levantamiento y divulgación del conocimiento científico, generado a través de las experiencias de restauración.

A través de esta vinculación con la academia y otras instituciones, se obtiene información necesaria para evaluar adecuadamente el éxito o fracaso de las iniciativas de restauración emprendidas.

El registro de los resultados mediante tesis de pre y postgrado, publicaciones científicas, seminarios internacionales y proyectos de investigación asociados a la restauración, permite compartir el conocimiento generado a través del proceso de ensayos y su posterior escalamiento. El objetivo de este enfoque es potenciar los conocimientos locales y la experiencia de los investigadores en los distintos ámbitos que cubre este plan.

3. Comunidad y escala local: Las comunidades son incorporadas en la revisión de los planes y acciones en aquellos sitios donde los servicios ecosistémicos y/o beneficios sociales sean relevantes para ellos.

El conocimiento ecológico local es importante para comprender usos históricos, culturales y/o tradicionales de las áreas a restaurar.

En la Figura 5 se detallan acciones a implementar en distintas escalas.

ESCALA LOCAL Organizaciones sociales	<ul style="list-style-type: none"> • Información en Consulta de Operaciones • Levantamiento de Servicios Ecosistémicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión pública de acciones de restauración 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la provisión de Servicios Ecosistémicos
ESCALA REGIONAL Mesas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación con iniciativas relacionadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Información de procesos en marcha 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de mejores prácticas
ESCALA NACIONAL Consejo Consultivo Diálogo Forestal Redes de Restauración	<ul style="list-style-type: none"> • Orientaciones estratégicas para el diseño del Plan 	<ul style="list-style-type: none"> • Información de procesos en marcha 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del funcionamiento del Plan
PLANIFICACIÓN		IMPLEMENTACIÓN	EVALUACIÓN

Sitios prioritarios para la restauración

Dada la escala del proceso, se requiere identificar aquellos sitios en los cuales los esfuerzos de restauración resulten en la maximización de los servicios ecosistémicos. Esta priorización requiere el desarrollo de criterios e indicadores apropiados que permitan, por una parte, asegurar el éxito de las iniciativas abordadas y, por otra, maximizar los resultados del proceso de restauración. Dado el enfoque adaptativo del plan se debe contar permanentemente con una priorización actualizada. Para ello, la compensación pasa a ocupar un lugar relevante dentro de la estrategia.

En general la identificación de prioridades depende de los objetivos del proceso de restauración, que suelen ser múltiples y de distinta naturaleza⁸, y pueden convivir sitios prioritarios distintos, con diferentes especies y diversos métodos de restauración⁹.

El enfoque de este Plan de Restauración se basa en la generación de un proceso participativo de levantamiento de indicadores y criterios realizados en el Foro Híbrido de bosque nativo y consejo consultivo, que deben ser consensuados con las partes interesadas. Estos criterios e indicadores dan cuenta de los diferentes objetivos y permiten discriminar las áreas a restaurar, de aquellas en las cuales se genera otra estrategia de compensación. La compensación se distribuye en rodales pertenecientes al patrimonio de Arauco, pero también es factible evaluar casos en predios de terceros propietarios, donde los valores a preservar y mejorar sean de importancia para el país.

Dentro del proceso de priorización, la restauración a escala de paisaje tiene un especial valor. El contexto del paisaje adquiere un alto nivel de importancia, debido a que su fragmentación puede alterar las rutas de migración entre las áreas de hábitat natural y evitar el flujo genético entre poblaciones¹⁰. Las decisiones a nivel de sitio¹¹ deben estar en coordinación con objetivos a escala de paisaje, y es necesario reconocer los potenciales impactos de la restauración. De acuerdo a WWF, la restauración a escala de paisaje nunca es un proyecto a corto plazo, con un principio y un final claro. Los esfuerzos deben ser a largo plazo y las medidas específicas son parte de una trayectoria hacia un paisaje de bosque más saludable y sostenible.

Figura 5. Esquema de participación a distintas escalas.

8 Lamb & Gilmour; 2003; Mansourian et al. 2005.

9 Lamb et al. 2005.

10 Echeverría et al. 2006; Broadbent et al. 2008; Stewart et al. 2008.

11 Rietbergen-McCracken et al. 2012.

Restauración natural asistida

Un aspecto clave de la estrategia de restauración es la necesidad de privilegiar los procesos de restauración natural asistida por sobre la restauración activa, propiciando las condiciones necesarias para su éxito.

La restauración natural es la más común y en muchas situaciones, es la única opción viable para la restauración¹², por lo cual debería ser priorizada si la resiliencia del ecosistema es alta después de controlar los factores limitantes¹³. WWF señala que la restauración natural debe llevarse a cabo antes de probar otras formas, debido a su viabilidad económica, simplicidad en el proceso y en atención a que este enfoque considera la reactivación de procesos naturales. Se ha demostrado que la restauración pasiva puede ser la única opción capaz de generar beneficios económicos netos¹⁴.

El Plan privilegia la restauración natural, ya que la mayor parte de los sectores sustituidos a partir del año 1994 poseen sólo una rotación de plantaciones, por lo que resulta altamente probable que en estos sitios los procesos de restauración natural sean exitosos. Se ha verificado la existencia de fuentes de propágulos en los mismos sectores sustituidos y la presencia de sotobosque importante bajo el dosel de plantaciones.

Es muy importante destacar que la priorización de la restauración natural, no implica descartar la restauración activa. Esta última, es una alternativa en aquellos casos donde las evaluaciones iniciales demuestran la inexistencia de fuentes cercanas de propágulos de especies relevantes al ecosistema, o donde el monitoreo detecta rodales en que la regeneración natural no ha sido exitosa.

Además se considera la inclusión de la restauración activa cuando los procesos que se generan a través de la restauración natural se alejan de la imagen de referencia o de las metas de restauración planteadas.

En este sentido, la empresa considera colectas de semilla en los sitios restaurados o sectores cercanos para posteriormente producir las plantas, cautelando el origen genético de ellas. La vigilancia en una frecuencia adecuada es parte integral del enfoque de manejo adaptativo de la restauración, donde las intervenciones o cambios en el proyecto se realizan una vez que los indicadores evaluados señalan la necesidad de tal intervención. Los resultados de dicha vigilancia pueden gatillar activación de faenas de control de amenazas, como por ejemplo, control de plantas exóticas o prevención de daños por animales.

Planificación de cosechas

Debido a que el proceso de restauración involucra importantes costos asociados a las labores de cosecha, habilitación, evaluación y monitoreo a gran escala, el total de actividades de restauración sobre los sitios sustituidos se hará conforme se vayan realizando las cosechas de acuerdo a Planificación de cosechas de Arauco.

12 Lamb & Gilmour 2003.

13 SER 2004; DellaSala et al. 2003; Kauffman et al. 1997

14 Birch et al. 2010, Bullock et al. 2011.

Este plan es dinámico en el tiempo de acuerdo a los requerimientos anuales de los centros industriales de la compañía.

Restauración de franjas de protección de cursos de agua

La restauración de franjas de protección de cursos de agua se realiza de acuerdo al avance de las cosechas y en aquellas áreas en las cuales se verifica la necesidad real.

Se contemplan las actividades de modelación cartográfica, marcación en terreno y obtención de la cartografía definitiva con la cual se planifican y controlan las faenas futuras. Las faenas de cosecha y establecimiento, como habilitación y plantación, son planificadas y ejecutadas para no afectar las protecciones, considerando la cartografía y el chequeo en terreno. Finalmente existe un chequeo cartográfico que garantiza el éxito del proceso.

Restauración en zonas quemadas

Históricamente, el fuego no se ha producido de forma natural en la zona centro-sur de Chile, siendo los seres humanos la causa principal de los incendios¹⁵. Esto hace que el ecosistema mediterráneo chileno sea muy singular en comparación con los demás, donde el fuego es una perturbación natural. En efecto, en otros ecosistemas mediterráneos, hay muchas especies que dependen del fuego para su regeneración¹⁶.

Existen algunos estudios históricos que describen el rebrote después de incendios y que ayudan a predecir cómo los ecosistemas se someterán a la sucesión. Los modelos de recuperación de ecosistemas de matorral esclerófilo muestran una amplia gama de posibilidades para la recuperación, los que van desde la recuperación inmediata después de la perturbación, mediante la regeneración de los tipos de vegetación originales; hasta la total sustitución por especies introducidas, dependiendo de la intensidad del fuego y la frecuencia. La recuperación total podría tardar entre 25 y 30 años, o bien las comunidades vegetales podrían no recuperarse completamente, dando lugar a una comunidad vegetal alternativa¹⁷.

15 Aravena et al. 2003;
16 Montenegro et al. 2003.
17 Montenegro et al. 2003
18 Fernández et al. 2010

a. Planificación

Es importante definir cuáles son los factores abióticos y bióticos que estaban presentes antes del incendio. En el caso de los factores abióticos, como la pendiente del suelo, poseen un papel importante en la determinación de la cantidad de erosión que se produce cuando hay fuertes lluvias post-incendios.

Graves incendios destruyen la cubierta vegetal aumentando la impermeabilidad del suelo y generando la erosión de los suelos minerales. El mayor escurrimiento no sólo degrada la tierra, sino que tiende a contaminar cursos de agua. Por lo tanto, es prioritario definir un plan de reducción de la erosión en los paisajes quemados¹⁸. El trabajo de prevención de la erosión, a través de la reparación de obras de arte, mantención de caminos y pequeños diques, se prioriza en las cuencas abastecedoras de agua potable a las comunidades.

b. Restauración natural asistida

Representa la opción más viable cuando la resiliencia del ecosistema es alta, existe el potencial de rebrotes, hay bajas tasas de incendios provocados por el hombre y existen bosques cercanos que puedan permitir la dispersión de semillas. Esto se complementa con el control de las poblaciones de especies exóticas y la mantención de los agentes estresores lejos del sitio, si es posible.



Figura 6. Ejemplos de recuperación natural del bosque nativo post incendio.

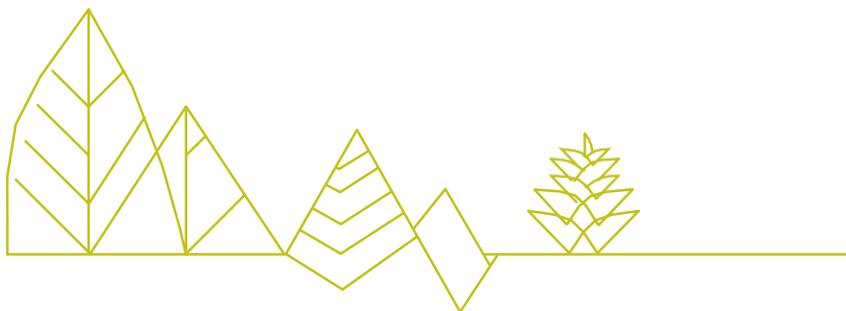
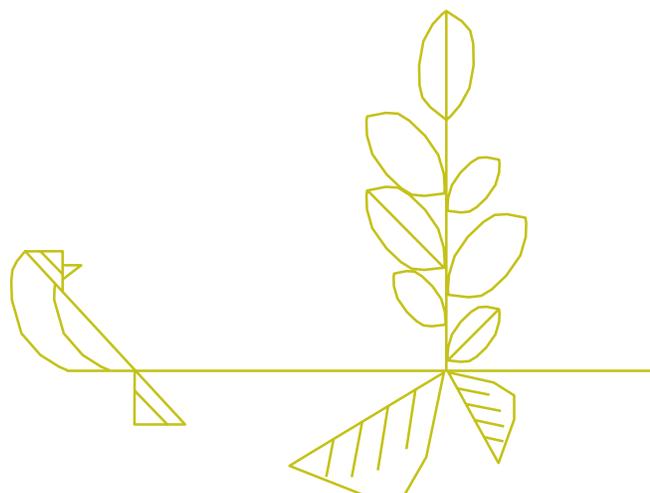


c. Enriquecimiento con especies nativas

En los lugares donde la regeneración natural no ha sido exitosa, se debe recurrir al enriquecimiento con plantas nativas. Este método tiene altos costos y las plantas pueden sufrir depredación y mortalidad. Puede ser necesario añadir protecciones de barrera, como el cercado, para que los individuos sean protegidos de la depredación o ramoneo.



Figura 7. Enriquecimiento con especies nativas.



VI ESTRUCTURA DE TRABAJO



Para la implementación del Plan de Restauración se genera una estructura de trabajo que incluye los siguientes roles:

- Jefe de Restauración de Bosque Nativo: es el responsable de liderar el proceso de restauración de bosque nativo. Depende de la Gerencia de Medio Ambiente y Comunidades.
- Jefe de división Manejo Ecosistémico: es el responsable de dar el soporte conceptual y técnico, incluyendo las actividades de estudios, nexos con centros de investigación y desarrollo de herramientas y métodos que permitan la implementación y mejora del Plan. Depende de la Gerencia de Bioforest.
- Unidad de Aguas y Biodiversidad: es responsable de coordinar, implementar y controlar las actividades definidas en el plan de restauración en cada zona. Depende de la Gerencia de Medio Ambiente y Comunidades.
- Encargado de Área de Alto valor de Conservación: es el responsable de apoyar y coordinar la restauración dentro de los AAVC. Depende de la Gerencia de Medio Ambiente y Comunidades.
- Encargados de Comunidades: son los responsables de generar los vínculos con las comunidades, instancias de diálogo y coordinación en cada zona. Dependen de la Gerencia de Medio Ambiente y Comunidades de Forestal Arauco y de la Subgerencia de Comunidades.

La cosecha de los predios está a cargo de la Unidad de Cosecha, en base a la planificación entregada por la Unidad de Planificación.

Las actividades silvícolas como viverización, plantación, vigilancia y control de amenazas son ejecutadas por la Gerencia de Patrimonio. En coordinación con la Unidad de Aguas y Biodiversidad.

Arauco reformuló su estructura en los años 2016 y 2018, incorporando en la misma Gerencia los temas de Medio Ambiente y Comunidades. Este cambio permite enlazar y coordinar ambos esfuerzos para mejorar los resultados obtenidos (ver figura 8).

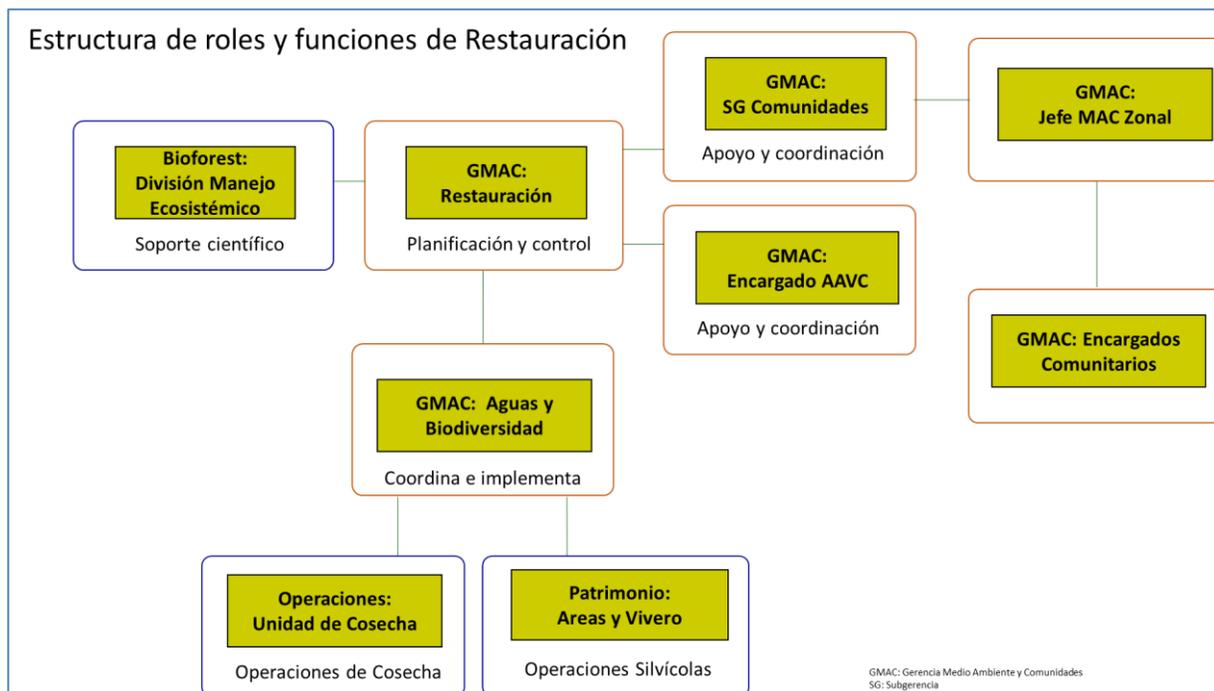


Figura 8. Estructura de trabajo interna de Restauración.



VII ACTIVIDADES DEL PLAN DE RESTAURACIÓN



Identificación superficie sustituida	Diseño de plan de restauración	Ensayos de restauración	Escalamiento de la restauración	Compensación
<p>Análisis superficies sustituidas (Cartomapa).</p> <p>Diálogo sobre el Proceso en el Foro Híbrido Bosque Nativo.</p> <p>Verificación de superficies con UACH.</p>	<p>Priorización áreas a restaurar.</p> <p>Socialización y difusión del plan.</p> <p>Alianzas con centros de investigación.</p> <p>Plan de Restauración socializado.</p> <p>Pilotos de restauración.</p>	<p>Implementación de ensayos.</p> <p>Evaluación participativa y manejo adaptativo.</p> <p>Identificación de aprendizajes claves.</p>	<p>Proceso gradual de escalamiento de mejores prácticas.</p> <p>Diálogo con partes interesadas.</p> <p>Consejo Consultivo de restauración.</p> <p>Acuerdo en criterios generales de priorización.</p> <p>Modelo de restauración.</p>	<p>Determinación de áreas para la compensación con partes interesadas.</p> <p>Estrategia de compensación con énfasis en servicios ecosistémicos.</p> <p>Implementación de la estrategia y mecanismos de compensación.</p>

La propuesta temporal se presenta en la figura 9.

Figura 9. Escala temporal de la propuesta de restauración de Arauco.

2010 y 2012: entre estos años se desarrolló la planificación general de la restauración, en la cual destacan las tareas de constitución y diálogo del Foro Híbrido de Bosque Nativo. También se identificó la superficie sustituida de bosque nativo a partir del año 1994. La metodología de evaluación y determinación de la superficie sustituida por plantaciones forestales, se presentó al interior del Foro Híbrido.

Se diseñó el plan de restauración y se trabajó en la generación de pilotos de restauración. Adicionalmente, se evaluaron los indicadores y criterios propuestos por el Foro Híbrido de Bosque Nativo para la priorización de los sectores sustituidos. Se hizo difusión del plan de restauración y se da curso a los primeros convenios y acuerdos con universidades y centros de investigación.

2013-2016: Se instaló una red de ensayos de restauración en zonas representativas de las áreas sustituidas, cubriendo diferentes condiciones climáticas, formaciones vegetales y tipos forestales. Esta red consistió en ensayos de plantación (8 predios) y ensayos de efecto de herbivoría (5). La sistematización de las mejores prácticas jugó un rol fundamental en esta etapa. Adicionalmente, durante este período se levantó conocimiento necesario para la restauración de protecciones de cursos de agua.

Durante 2015 comenzó a sesionar el Consejo Consultivo de Restauración, para potenciar el diálogo con diversos actores, el análisis de información y las posibles mejoras del Plan. En este mismo año se establece un acuerdo sobre criterios generales de priorización. Otro de los hitos importantes es el cambio en el foco desde restaurar en el mismo lugar que se sustituyó (tratando de similar la vegetación de referencia del lugar) hacia uno con mayor énfasis en servicios ecosistémicos a través de la compensación.

A partir del año 2016 comienza el escalamiento gradual de la restauración in situ y el inicio al trabajo de la corrida de priorización.

Resultados esperados

- Priorización a escala patrimonial y estrategia de compensaciones, en un ciclo de mejoramiento continuo.
- Generación y/o mejoramiento continuo de las prioridades de restauración y de las prescripciones de actividades vinculadas al proceso de restauración, con base en la experiencia y en el conocimiento científico.
- Comenzar el escalamiento operacional de sitios a restaurar.
- Incorporar la participación de partes interesadas ya no solo en experiencias piloto sino en la escala operativa, asegurando dentro del proceso una vinculación positiva con la comunidad.
- Mantener y complementar los ensayos para ir mejorando las prescripciones técnicas.
- Divulgación del conocimiento generado respecto de la restauración mediante publicaciones científicas, reuniones y seminarios.
- Generación de estrategia comunicacional interna y externa acerca de los objetivos de la restauración y del enfoque del proceso.

Detalle de actividades clasificadas por objetivos específicos

1. Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos asociados a la biodiversidad nativa.

Definición de la superficie a restaurar.

Objetivo: Identificar los sitios y superficies a restaurar.

Producto: (1) Listado de sitios y superficies a restaurar. Cartomapa.

Definición de bosque objetivo.

Objetivo: Identificar para cada sitio el bosque y servicios ecosistémicos.

Producto: (1) Listado de sitios con la descripción del bosque o vegetación objetivo y sus servicios ecosistémicos.

Priorización de sitios a restaurar.

Objetivo: Determinar los sitios o sectores dentro del patrimonio de la empresa en los cuales los esfuerzos de restauración resulten en la maximización de beneficios provenientes de los servicios ecosistémicos sujeto a una restricción presupuestaria.

Productos: (1) Listado de sitios donde restaurar in situ y aquellos donde la mejor opción es compensar.

Compensación.

Objetivo: Cambiar la ubicación de sitios a restaurar dentro del predio o fuera de ellos para hacer más efectiva la mejora de los servicios ecosistémicos y operaciones futuras.

Productos: (1) Planos con detalle de sectores originales y definitivos restaurar. (2) Detalle de elementos que justifican la decisión. (3) Registro de predios con compensaciones in situ.

2. Generar relaciones de colaboración con diversas partes interesadas que contribuyan a incrementar sosteniblemente los usos sociales, económicos y culturales asociados a la restauración del bosque nativo.

Reuniones con partes interesadas.

Objetivo: (1) Comunicar plan de restauración a partes interesadas en los ámbitos nacional, regional y local. (2) Obtener aportes de las partes interesadas para mejorar desempeño.

Productos: (1) Programa de reuniones con partes interesadas. (2) Actas de reuniones.

Sesión del Consejo Consultivo.

Objetivo: Identificar oportunidades, detectar necesidades, anticipar situaciones conflictivas y recomendar medidas que puedan ser adoptadas por la empresa para mejorar el desempeño del Plan de Restauración.

Productos: (1) Programa de reuniones Consejo Consultivo. (2) Actas de reuniones.

Establecer enlaces con organizaciones, universidades o empresas.

Objetivo: Participar en conjunto con otras organizaciones, universidades y/o empresas en proyectos comunes permitiendo hacer más eficientes y fructíferos los esfuerzos de restauración.

Productos: (1) Convenios y acuerdos establecidos;

Comunicaciones internas y externas.

Objetivo: (1) Difundir plan de restauración a la organización para lograr conocimiento y compromiso de los trabajadores y tomadores de decisión.

(2) Sociabilizar el plan de restauración a las partes interesadas.

Productos: (1) Reuniones, eventos, videos, posters, etc.

3. Generar conocimiento científico de manera asociativa y establecer mecanismos de divulgación que contribuyan a iniciativas similares.

Instalación y medición de ensayos.

Objetivo: (1) Determinar el efecto de los factores que influyen sobre el proceso de restauración de bosque nativo. (2) Mejoramiento de prescripciones técnicas para aumentar la eficiencia y eficacia del proceso de restauración.

Productos: (1) Informes de estudios realizados.
(2) Prescripciones técnicas.

Implementación de estudios de casos (pilotos)

Objetivo: (1) Obtener conocimiento del proceso de restauración a través de estudio de casos. (2) Mejoramiento de prescripciones técnicas para aumentar la eficiencia y eficacia del proceso de restauración.

Productos: (1) Informes de estudios realizados.
(2) Prescripciones técnicas.

Monitorear desarrollo de restauración en sitios cosechados.

Objetivo: (1) Evaluar el estado de avance de la restauración en los sitios en proceso de restauración. (2) En base a los resultados mantener o modificar las acciones definidas.

Productos: (1) Informes de monitoreo realizados.
(2) Prescripciones técnicas.

Prescripciones técnicas.

Objetivo: Generar, mantener o modificar las prescripciones técnicas a aplicar a los sitios que entran en el proceso de restauración.

Productos: (1) Prescripciones técnicas.

Convenios de investigación con organizaciones y universidades.

Objetivo: Establecer convenios o acuerdos de investigación con distintas organizaciones y universidades para obtener conocimiento científico en temas de restauración definidos por Arauco.

Productos: (1) Convenios y acuerdos establecidos.

Participación en publicaciones, talleres y seminarios.

Objetivo: (1) Difundir el conocimiento y experiencia de Arauco en el tema de Restauración en distintos eventos internos y externos. (2) Conocer e intercambiar conocimientos y experiencias con otras organizaciones y universidades.

Productos: (1) Participación en publicaciones, talleres y seminarios.

4. Asegurar la sostenibilidad de los esfuerzos de restauración buscando armonizar los aspectos sociales, ambientales y económicos

Definición de presupuesto anual del programa.

Objetivo: Generar presupuesto anual para actividades de restauración aprobadas por Gerencia.

Productos: (1) Plan operativo anual del programa de Restauración.

Definición de predios a cosechar por año.

Objetivo: Generar plan anual de cosecha de sitios sustituidos.

Productos: (1) Plan operativo físico de cosecha de sitios sustituidos.

Plan de producción de plantas nativas.

Objetivo: Generar plan anual de producción de plantas nativas que serán usadas para el enriquecimiento de sitios.

Productos: (1) Plan de recolección de semillas y producción de plantas.

Actividades específicas para restaurar el bosque nativo y zonas de protección afectadas por el mega incendio ocurrido en enero de 2017 incluidas en Plan de Renovación Forestal.

Definición de la superficie a restaurar.

Objetivo: Identificar los sitios y superficies a restaurar de bosque nativo y protecciones afectadas por el incendio.

Producto: (1) Listado de sitios y superficies a restaurar.

Definición de sitios y superficies prioritarias.

Objetivo: Generar los criterios y definir las superficies quemadas prioritarias de restauración para focalizar esfuerzos y recursos escasos.

Producto: (1) Listado de sitios prioritarios

Monitorear desarrollo de restauración en sitios quemados.

Objetivo: (1) Evaluar el estado de avance de la restauración en los sitios en proceso. (2) En base a los resultados mantener o modificar las acciones definidas.

Productos: (1) Informes de monitoreo realizados.

(2) Prescripciones técnicas.

Actividades de restauración.

Objetivo: Generar plan de actividades para llevar a cabo la restauración del bosque quemado considerando acciones de asistencia a la restauración natural asistida, control de amenazas y pilotos a escala territorial.

Producto: (1) Plan de acciones restauración de bosque nativo y protecciones quemadas.

Producción de plantas nativas.

Objetivo: Generar plan de producción de plantas nativas que serán usadas para el enriquecimiento de sitios incendiados donde la regeneración natural no fue exitosa. Considerando para estos efectos las especies nativas presentes antes de los siniestros.

Productos: (1) Plan de recolección de semillas y producción de plantas.

Presupuesto del programa de restauración del incendio.

Objetivo: Generar presupuesto anual para actividades de restauración aprobadas por Gerencia.

Productos: (1) Plan operativo restauración mega incendio 2017.

Objetivos específicos / actividades	2017	2018	2019	2020	2021
Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos asociados a la biodiversidad nativa					
Definición de la superficie a restaurar	X	X			
Definición de bosque objetivo	X	X	X		
Priorización de sitios a restaurar.	X	X	X	X	X
Compensación.	X	X	X	X	X
Generar relaciones de colaboración con diversas partes interesadas que contribuyan a incrementar sosteniblemente los usos sociales, económicos y culturales asociados a la restauración del bosque nativo					
Reuniones con partes interesadas	X	X	X	X	X
Sesión del Consejo Consultivo.	X	X	X	X	X
Establecer enlaces con organizaciones, universidades o empresas	X	X	X	X	X
Comunicaciones internas y externas	X	X	X	X	X
Generar conocimiento científico de manera asociativa y establecer mecanismos de divulgación que contribuyan a iniciativas similares					
Instalación y medición de ensayos	X	X	X	X	X
Implementación de estudios de casos (pilotos)	X	X	X	X	X
Monitorear desarrollo de restauración en sitios cosechados	X	X	X	X	X
Prescripciones técnicas	X		X		X
Convenios de investigación con organizaciones y universidades	X	X	X	X	X
Participación en publicaciones, talleres y seminarios	X	X	X	X	X
Asegurar la sostenibilidad de los esfuerzos de restauración buscando armonizar los aspectos sociales, ambientales y económicos					
Definición de presupuesto anual del programa	X	X	X	X	X
Definición de predios a cosechar por año	X	X	X	X	X
Plan de producción de plantas nativas	X	X	X	X	X
Restaurar el bosque nativo y zonas de protección afectadas por el mega incendio ocurrido en enero de 2017					
Definición de la superficie a restaurar	X				
Definición de sitios y superficies prioritarias	X				
Monitorear desarrollo de restauración en sitios quemados	X	X	X	X	X
Actividades de restauración	X	X	X	X	X
Producción de plantas nativas	X	X	X	X	X
Presupuesto del programa de restauración del incendio	X	X	X	X	X

VIII EXPERIENCIAS INTERNAS DE REFERENCIA PARA LA RESTAURACIÓN



Según el enfoque adaptativo de la metodología utilizada para el Plan de Restauración, los ensayos y el aprendizaje continuo cumplen un rol fundamental. Por ello, en este capítulo se exponen las cuatro experiencias que están teniendo resultados favorables y son consideradas como referencias metodológicas, para la ejecución de las próximas etapas del Plan.

Restauración de bosque nativo en Área de Alto Valor de Conservación Ciénagas del Name.

Filial: FASA Norte

Predio: San Ignacio CBB

Superficie: 30 ha.

Arauco ha identificado su patrimonio en la cuenca tributaria del humedal Ciénagas del Name, como un Área de Alto Valor de Conservación (AAVC), con motivo de corresponder a un Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad de la Estrategia Regional de Biodiversidad del Maule (2002). Tiene por atributos, tanto por su diversidad y riqueza de especies en categorías de conservación, como por la alta representatividad espacial como ecosistema de humedales del secano interior del país.

Considerando que esta AAVC fue afectada por incendio de enero de 2017, se están realizando acciones de restauración como la cosecha de rodales de pino quemado, ordenamiento de desechos en curva de nivel para evitar la sedimentación del cuerpo de agua, también se construyeron cercos para proteger la restauración y se están plantando especies nativas representativas de la zona en el sector aledaño al cuerpo de agua.



Pilotos de plantación en predios de secano Zona Norte

Filial: FASA Norte

Predios: Esquellade Trilico, Colomávida-CBB, Hacienda El Auquily El Trebol-CBB

En los predios de referencia se realizaron ensayos de plantación instalados en el año 2015 con distintas técnicas (con y sin malla). Se presentan los resultados de sobrevivencia al primer año (julio de 2016).

PREDIO	% DE SOBREVIVENCIA (año1)	
	CON MALLA	SIN MALLA
ESQUELLA DE TRILICO	42%	28%
COLOMÁVIDA-CBB	78%	45%
EL TREBOL-CBB	81%	62%
HCIENDA EL AUQUIL	49%	21%
TOTAL	62%	39%





Restauración de Bosque Nativo en Cordillera de Nahuelbuta en Zona Centro

Filial: FASA Centro

Predio: En el sitio Caramávida S9.

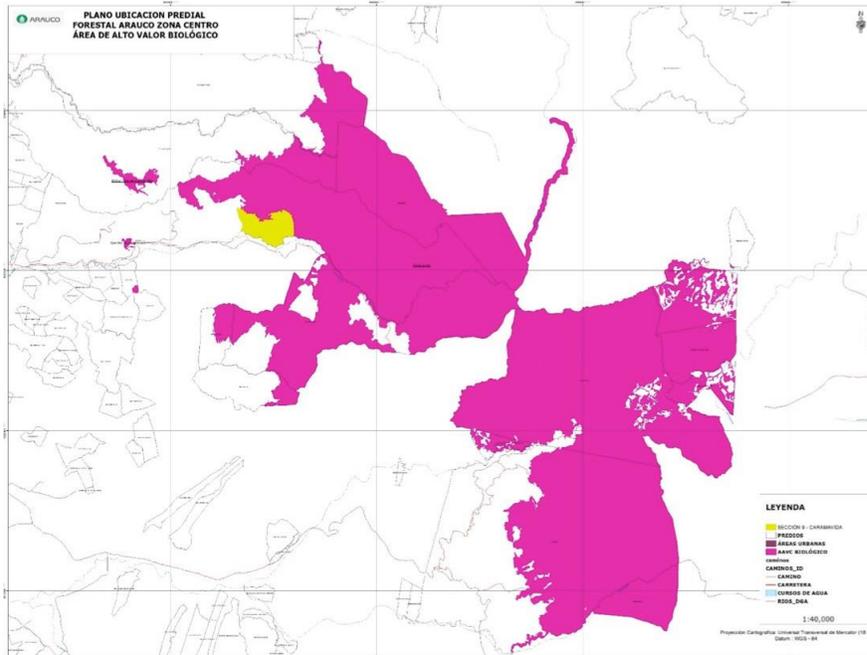
Superficie: 121,5

Se está restaurando bosque nativo compensando superficie desde el sitio sustituido Cifuentes. La cosecha se realizó en septiembre de 2015.

El sitio (color amarillo en mapa adjunto) se ubica adyacente al Área de Alto Valor de Conservación de Arauco, denominado Caramávida (color morado) de una superficie de 20.481 ha. Este lugar está inserto en la Cordillera

de Nahuelbuta la cual ha sido declarada como Sitio Prioritario para la Conservación (CONAMA 2006), y Área Prioritaria para la Conservación en la ecoregión de los bosques templados (WWF 1999).

Este sitio ha sido mencionado por distintos actores involucrados en la conservación de la Cordillera de Nahuelbuta como uno de los lugares prioritarios donde se podría realizar compensación



Restauración de Bosque Nativo en predio La Rochela en Zona Sur

Filial: FASA Sur

Predio: La Rochela

Superficie: 8 ha.

Se está restaurando bosque nativo a partir de una plantación de Eucalyptus globulus. El sitio está ubicado en Lanco, región de Los Ríos. Fue cosechado en el año 2012.

El predio tiene una abundante regeneración de distintas especies nativas y se realizaron algunas plantaciones como ensayos.

Documento asociado: Estudio de reconversión de plantación de eucalyptus de noviembre de 2014 de los autores: Cecilia Smith Ramírez (Universidad Austral de Chile e Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB)), Rodrigo Vargas Gaete (Universidad de La Frontera) & Christian Barrón (Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB)).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armesto J, Bautista S, Val E D, Ferguson B, García X, Gaxiola A, Godínez-Álvarez H, Gann G, López-Barrera F, Manson R, Núñez-Ávila M, Ortiz-Arrona C, Tognetti P & G. Williams- Linares. 2007. Towards an ecological restoration network: reversing land degradation in Latin America. The ecological society of America. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(4): W1-W4.
- Armesto J, Rozzi R, Smith-Ramírez C & M Arroyo. 1998. Conservation Targets in South American Temperate Forests. *Science* 282(5392):1271-1272
- Armesto J & STAPickett (1985) A mechanistic approach to the study of succession in the Chilean matorral. *Revista Chilena de Historia Natural* 58:9-17.
- Aronson J, Milton S J & Blignaut J N. 2007. Restoring natural capital: Science, business and practice. Island Press.
- Arroyo M, R Rozzi, J Simonetti, P Marquet & M Salaberry. 1999. Central Chile. En: Mittermeir, R.A., M, Norman, P. Robles & C.G. Mittermeier. *Hotspots*: 160-171. CEMEX S.A., México City, México. 431 pp.
- Arroyo M, Marquet P, Marticorena C, Simonetti J, Cavieres L, Squeo F & R Rozzi. 2004. Chilean Winter rainfall-Valdivian forests. In: Mittermeier RA, Gil PR, Hoffmann M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier CG, Lamoreux J y GAB da Fonseca (eds.) *Hotspots revisited: Earth's biologically wealthiest and most threatened ecosystems*. CEMEX, México DF. Pp 99-103.
- Arroyo M, Marquet P, Marticorena C, Simonetti J, Cavieres L, Squeo F, Rozzi R & F Massardo. 2008. El Hotspot chileno prioridad mundial para la conservación. En: *Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos*. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Pp: 90-94.
- Baeza M, Barrera E, Flores J, Ramírez C & R Rodríguez. 1999. Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural* 47:23-46.
- Bahamonde N, A Carvacho, C Jara, M López, F Ponce, MA Retamal & E Rudolph. 1998. Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 47:91-100.
- Becerra P, González V, Smith-Ramírez C, Armesto J (2011a) Spatio-temporal variation in the effect of the herbaceous layer on seedling survival of woody species in a semiarid ecosystem. *Journal of Vegetation Science*, 22:847-855.
- Becerra P & Bustamante R (2011b) Effect of a native tree on seedling establishment of two exotic species in a semi-arid ecosystem. *Biological Invasions*, 13:2763-2773.
- Becerra P, C. Smith-Ramírez, C. Echeverría, J.J. Armesto. (2011c). Effect of fragmentation on plant communities of central Chile. En: Newton, A.C. and Tejedor, N. (Eds.). *Principles and practice of forest landscape restoration: case studies from the drylands of Latin America*. Gland, Switzerland: IUCN. pp: 121.
- Becerra P & Montenegro G (2012) The widely invasive tree *Pinus radiata* D. Don facilitates regeneration of woody species in a semiarid ecosystem. *Applied Vegetation Science*, DOI: 10.1111/j.1654-109X.2012.01221.x
- Becerra P & Simonetti J (2012) Invasion of different taxonomic groups in a fragmented forest landscape of Chile. *Bosque* (en prensa).
- Belmonte E, Faundes L, Flores J, Hoffmann A, Muñoz M & S Teillier. 1998. Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 47:69-89.

- Benoit I. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal. Impresora Creces Ltd., Santiago, Chile. 157 Pp.
- Birch J, Newton AC, Aquino CA, Cantarello E, Echeverría C, Kitzberger T, Schiappacese I & NT Garavito. 2010. Cost-effectiveness of dryland forest restoration evaluated by spatial analysis of ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107:21925-21930
- Bradshaw AD. 1996. Underlying principles of restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 (1): 3-9.
- Broadbent E, Asner G, Keller M, Knapp D, Oliveira P & J. Silva. 2008. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation* 141:1745-1757
- Bullock M, Aronson J, Newton AC, Pywell RF & JM Rey-Benayas. 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 26:541-549.
- Bustamante R (1991) Clonal reproduction and succession: the case of *Baccharis linearis* in the Chilean matorral. *Medio Ambiente* 11:43-47.
- Bustamante, R.O., A.A. Grez & J.A. Simonetti (2006) Efectos de la fragmentación del bosque maulino sobre la abundancia y la diversidad de especies. In: (A.A. Grez, J.A. Simonetti & R.O. Bustamante, eds), «Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile. Patrones y procesos a diferentes escalas», pp.83-98. Editorial Universitaria, Santiago.
- Campos H, G Dazarola, B Dyer, L Fuentes, JF Gavilán, L Huaquín, G Martínez, R Meléndez, G Pequeño, F Ponce, VHRuiz, W Sielfeld, D Soto, R Vega & I Vila. 1998. Categorías de conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 47:101-122.
- Ciccarese L, Mattsson A, Pettenella D (2012) Ecosystem services from forest restoration: thinking ahead. *New Forests* 43:543-560.
- Clewell A & F Aronson. 2007. *Ecological Restoration: Principles, values and structure of an emerging profession*. Island Press, Washington D.C. 216 pp.
- Clewell, A. and J.P. Rieger. 1997. What practitioners need from restoration ecologists. *Restoration Ecology* 5:350-354.
- Cofré H & PAMarquet. 1999. Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. *Biological Conservation* 88:53-68.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 2003. *Estrategia Nacional de Biodiversidad*. 21 pp.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 2006. *Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos*. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago. 637 pp.
- Conservation International. 2012. Chilean Winter rainfall-valdivian forests. Retrieved from http://www.conservation.org/where/priority_areas/hotspots/south_america/Chilean-Winter-Rainfall-Valdivian-Forests/Pages/default.aspx/ Retrieved 2 July, 2012.
- Della Sala DA, Martin A, Spivak R, Schulke T, Bird B, Criley M, van Daalan C, Kreilick J, Brown R & G Aplet. 2003. A citizen's call for ecological forest restoration: forest restoration principles and criteria. *Ecological Restoration* 21:114-23.
- Díaz-Páez H & JC Ortiz. 2003. Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76:509-525.
- Dinerstein, E.; Olson, D.M.; Wikramanayake, E.D.; Burgess, N.D.; Powell, G.V.N.; Underwood, E.C.; D'Amico, J.A.; Itoua, I.; Strand, H.E.; Morrison, J.C.; Loucks, C.J.;

- Allnutt, T.F.; Ricketts, T.H.; Kura, y.; Lamoreux, J.F.; Wettengel, W.W.; Hedao, P. y Kassem, K.R. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A new map of life on earth. *Bioscience* 51:933-938.
- Dobson A.P, Bradshaw AD & Baker A.J.M. 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science* 277:515-522.
- Donoso C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 38. Investigación y Desarrollo Forestal (CONAF, PNUD-FAO), FAO Chile.
- Donoso C (1993) Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria.
- Donoso S. 2012a. Propuesta de aplicación de criterios de rehabilitación en la superficie sustituida por Forestal Arauco S.A. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 36 pp.
- Donoso S. 2012b. Zonas con potencialidad para establecimientos de ensayos piloto de rehabilitación. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 36 pp.
- Echeverría C, Schiappacassel, Urrutia R, Cárcamo M, Becerra P, Smith C & M Holmgren. 2010. Restauración de ecosistemas degradados para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural en la zona semiárida de Chile Central. Proyectos REFORLAN-CONICYT RUE 33. Valdivia, Chile. 24 pp.
- Echeverría NE, Silenzi JC, Vallejos AG & de Lucia MP. 2006. Evaluación de la infiltración en pastizales degradados del sur del caldenal. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta-Jujuy (Argentina). CD: 6 pp.
- Egan D, Hjerpe EE & J Abrams. 2011. Human dimensions of ecological restoration: integrating science, nature and culture. *Society for ecological restoration*.
- Ehrenfeld J. 2000. Defining limits of restoration: The need of realistic goals. *Restoration Ecology*, 8 (1):2-9.
- Fajardo A, Alaback P. 2005. Effects of natural and human disturbances on the dynamics and spatial structure of *Nothofagus glauca* in south-central Chile. *Journal of Biogeography* 32:1811-1825.
- Falk DA, Palmer MA & JB Zedler. 2006. Foundations of restoration ecology. (SER) Society for Ecological Restoration International. Island Press. Washington, DC.
- Fernández I, Morales N, Olivares N, Salvatierra J, Gómez M & G Montenegro. 2010. Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Gráfica LOM, Santiago, Chile. 162 pp.
- Finegan B. 1993. Procesos dinámicos en bosques naturales tropicales. Curso de bases ecológicas para la producción sostenible. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 25 pp.
- Formas JR. 1995. Anfíbios. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno y E Lozada (Eds.). *Diversidad biológica de Chile*, pp. 31 4-325. CONICYT, Santiago, Chile.
- FSC-Chile. 2012. Pautas para la restauración de bosques y otros ecosistemas en plantaciones forestales en Chile. Conceptos, criterios y procedimientos para cumplir con estándares chilenos FSC. FSC-Chile 68 pp + Anexos.
- Fuentes ER, RD Otaiza, M Calliende, A Hoffmann & A Poiani (1984) Shrub clumps of the Chilean matorral vegetation: structure and possible maintenance mechanisms. *Oecologia* 62:405-411.
- Fuentes ER & G Espinoza (1986) Resilience of central Chile shrublands: a vulcanism related hypothesis. *Interciencia* 11:164-165.
- Fuentes ER, R Avilés & A Segura (1989) Landscape change under indirect effects of human use: the Savanna of central Chile. *Landscape Ecology* 2:73-80.

- Fuentes-Ramírez A, Pauchard A, Marticorena A, Sánchez P. 2010. Relación entre la invasión de *Acacia dealbata* Link (Fabaceae: Mimosoideae) y la riqueza de especies vegetales en el centro-sur de Chile. *Gayana Botánica* 67:188-197.
- Gaboury, M. & R. Wong. 1999. A framework for conducting effectiveness evaluations of watershed restoration projects. *Watershed Restoration Technical Circular No. 12*. FRBC Watershed Restoration Program, B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forests, Victoria. 40 pp.
- Gajardo R. 1994. *La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria, Santiago.
- Gálvez J. 2002. *La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones*. Doc. Téc. 8. Revisión Bibliográfica. Universidad Rafael Landívar. Guatemala, 23 pp.
- Glade A. (Ed). 1988. *Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile*. Corporación Nacional Forestal. Santiago. 65 pp.
- Gómez-Aparicio L. 2009. The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life forms and ecosystems. *Journal of Ecology* 97:1202-1214.
- Hechenleitner P, Gardner M, Thomas P, Echeverría C, Escobar B, Brownless P & C Martínez. 2005. *Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación*. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo, Valdivia. 188 pp.
- Henríquez CA y JA Simonetti (2001) The effect of introduced herbivores upon an endangered tree (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae). *Biological Conservation* 98:69-76.
- Hobbs R & D Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4:93-110.
- Hobbs RJ & JA Harris (2001) *Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium*. *Restoration Ecology* 9:239-246.
- Holmgren M, A M Segura & ER Fuentes (2000b) Limiting mechanisms in the regeneration of the Chilean matorral – Experimentos on seedling establishment in burned and cleared mesic sites. *Plant Ecology* 147:49-57.
- ITTO (International Tropical Timber Organization). 2002. *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*. ITTO Policy Development Series Nº 13.
- Jacksic FM & J Jiménez. 1986. The conservation status of raptors in Chile. *Birds of Prey Bulletin* 3:95-104.
- Kauffman JB, Beschta RL, Otting N & D Lytjen. 1997. An ecological perspective of riparian and stream restoration in the western United States. *Fisheries* 22(5):12-24.
- Lamb D & D Gilmour. 2003. *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland. 110 pp.
- Lamb D, Erskine PD & JA Parrotta. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310:1628-1632.
- Long J, Teale A, & B Burnette. 2003. Cultural Foundations for Ecological Restoration on the White Mountain Apache Reservation. *Ecology and Society* 8 (1):4; Disponible en: <http://www.consecol.org/vol8/iss1/art4.RFO>
- Lübert F & P Pliscoff. 2006. *Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago. 316 p
- Machlis G. 1993. Áreas protegidas en un mundo cambiante: Los aspectos científicos. En *Parques y progreso*. UICN, BID. IV Congreso mundial de parques y áreas protegidas, Caracas, Venezuela. 37-53.

- Martínez E. 1996. La restauración ecológica. *Ciencias*, 43:56-61.
- Mclver J & L Starr. 2001. Restoration of degraded lands in the interior of Columbia River basin: passive vs. active approaches. *Forest Ecology and Management* 153:15-28.
- Millennium Ecosystem Assessment Board. 2003. *Ecosystems and human well-being*. Island Press, 1718, Washington DC, USA. 245 pp.
- Mittermeier RA, Myers N, Gil PR & CG Mittermeier. 1999. Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions (Cemex, Conservation International and Agrupación Sierra Madre, Monterrey, Mexico).
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB & J Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Newton AC & N Tejedor. (Eds.) (2011). *Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina*. Gland, Suiza: UICN y Madrid, España: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas. 409 pp.
- Núñez H, V Maldonado & R Pérez. 1997. Reunión de trabajo de especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. *Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 329: 12 -19.
- Orsi F, Geneletti D & AC Newton. 2011. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert-based approach. *Ecological Indicators* 11:337-347.
- Palmer MA, Ambrose RF & Poff NL. 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology* 5:291-300.
- Palmer M.A., Falk D. & J.B. Zedler. 2006. *Ecological Theory and Restoration Ecology*. In: Falk D.A., Palmer M.A. y J.B. Zedler (eds.) *Foundations of Restoration Ecology*. Society for Ecological Restoration International (SER). pp 1-10.
- Primack R & F Massardo. 2001. Restauración Ecológica. En Primack R, Rozzi R, Feinsinger P, Dirzo R y F Massardo (eds.) *Fundamentos de Conservación Biológica, Perspectivas Latinoamericanas*, pp 559-584.
- Putz FE, Redford KH, Robinson JG, Fimbel R, & GM Blate. 2002. Biodiversity conservation in the context of tropical forest management. The World Bank, Environment Department Papers, Paper N° 75. Washington, DC.
- Quilhot W, Pereiral, Guzmán G, Rodríguez R & I Serey. 1999. Categorías de conservación de Líquenes nativos de Chile. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural* 47:19
- Ravenna P, Teillier S, Macaya J, Rodríguez R & O Zöllner. 1999. Categorías de conservación de las Plantas Bulbosas nativas de Chile. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural* 47:47-68.
- Rayden T. 2008. *Assessment, management and monitoring of High Conservation Value Forest (HCVF): A practical guide for managers*. Proforest. Oxford, United Kingdom.
- Rietbergen-McCracken J, Maginnis S & A Sarre. 2012. *The forest landscape restoration handbook*. ITTO (International Tropical Timber Organization). Cromwell Press, Trowbridge, United Kingdom.
- Rottmann J. 1982. Conservación de mamíferos chilenos. En: D Frassinetti & J Yáñez. *Primer encuentro nacional de mastozoólogos*. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 38:207-213
- Rottmann J & MV López-Callejas. 1992. *Estrategia Nacional Conservación de Aves*. Serie Técnica Año I N° 1, División de Protección de Recursos Naturales, SAG. 16 pp.
- Rovere A & A Masini. 2011. Diferentes enfoques de la restauración ecológica en las III

- Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes. Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes 2(2):95-99.
- SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International. 15 pp.
- Simonetti J. 1999. Diversity and conservation of terrestrial vertebrates in mediterranean Chile. Revista Chilena de Historia Natural 72:493-500.
- Stewart C, George P, Rayden T & R Nussbaum. 2008. Good practice guidelines for high conservation value assessments: a practical guide for practitioners and auditors. Proforest. Oxford, United Kingdom.
- Van andel J & Aronson L. 2006. Restoration Ecology. Blackwell Publishing. 319 pp.
- Vargas O (Ed.). 2007. Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Walker LR & Moral R. 2003. Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 442 p.
- Whisenant SG. 1999. Repairing damaged wildlands: a process orientated, landscape-scale approach. Cambridge University Press, Cambridge, UK 224 p. 59
- WWF (World Wildlife Federation). 2005. Forest restoration in landscapes: beyond planting trees. Springer New York. NY, USA. 437 pp.
- Young TP, Chase JM & Huddleston RT. 2001. Community succession and assembly: comparing, contrasting and combining paradigms in the context of ecological restoration. Ecological Restoration 19:

ANEXO 1

Marco teórico de la restauración

1 MARCO TÓRICO

1.1 Definiciones clave sobre restauración

Palmer et al (2006) plantea la existencia de tres conceptos básicos similares, pero divergentes en su fundamento respecto de la restauración ecológica: la teoría ecológica, la ecología de la restauración y la restauración ecológica. La teoría ecológica considera conceptos y modelos predictivos y/o matemáticos que explican los patrones y procesos que ocurren en los sistemas ecológicos. La ecología de la restauración, por otro lado, corresponde al proceso científico de desarrollar la teoría para guiar la restauración de ecosistemas y utilizarla para generar avances en ecología. Por último, la restauración ecológica se relaciona con la práctica de restaurar ecosistemas degradados. De acuerdo a la Sociedad de Restauración Ecológica (SER), la restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad (SER 2004). Este concepto no excluye la posibilidad de considerar como restaurado un ecosistema sin ser exactamente igual al que había previo a las perturbaciones, implicando que la meta no es necesariamente reproducir un estado histórico estático (Ciccarese et al. 2012).

Los términos degradación, daño, destrucción o transformación apuntan a una desviación del estado normal o deseado de un ecosistema intacto, pero tienen distintas consideraciones en la restauración. La degradación corresponde a cambios graduales o sutiles que reducen la integridad o salud de un ecosistema (los procesos ecológicos son deteriorados), el daño se refiere a un cambio notorio en el ecosistema (donde el ecosistema no es capaz de recuperarse por sí solo), la destrucción ocurre cuando la degradación o el daño remueven toda la vida macroscópica y por lo general arruina el ambiente físico también (SER 2004; Clewell & Aronson 2007) y, por último, la transformación ocurre cuando un ecosistema es convertido en otro diferente. Lamb & Gilmour (2003) establecen que el deterioro de los sitios condicionará el tipo de restauración ecosistémica a ejecutar y según Finegan (1993) y Machlis (1993) existe un nivel de degradación por debajo del cual no habrá recuperación.

Cualquier ecosistema posee una trayectoria ecológica, que describe su patrón de desarrollo en el tiempo. Si un ecosistema es degradado, dañado, destruido o transformado, esa trayectoria se pierde y es el objetivo de la restauración tratar de recuperar la trayectoria original (SER 2004). La trayectoria puede ser conocida a través de la medición reiterada de parámetros ecológicos, considerando atributos tanto bióticos como abióticos. Tras un evento de degradación, daño o

destrucción, el ecosistema perderá su trayectoria y sólo un conjunto de áreas de referencia permitirá conocer el estado actual del ecosistema si el evento no hubiese ocurrido. Este ecosistema de referencia, sirve entonces como modelo para planificar y posteriormente evaluar el proyecto de restauración, o sea, es la meta que guiará el diseño de la restauración y será característico de la región natural en que se encuentra el área degradada, pero no necesariamente debe ser idéntico al original, debido por ejemplo a diferencias dadas por causas históricas (cambio climático), de objetivo (generar un ecosistema manejado), o simplemente por desconocimiento del estado original exacto (Ciccarese et al. 2012). El concepto implica conocer de la mejor forma posible el ecosistema original o histórico, así como el potencial de restauración que puede desarrollar el ecosistema degradado (Clewel & Aronson, 2007)

La SER, plantea que en el marco de la restauración ecológica, existen cuatro principales actividades: reclamación, rehabilitación, mitigación e ingeniería ecológica. Sin embargo, diferentes autores plantean variaciones al concepto. En la Tabla 1 se presentan diferentes revisiones a los conceptos asociados a la restauración ecológica.

Tabla 1. Definiciones existentes en literatura para las actividades relacionadas a la restauración ecológica.

Concepto	Definición	Fuente
Restauración	Reparación se las procesos ecosistémicos, productividad y servicios, a partir de una recuperada composición y estructura biótica.	SER (2004)
	Reparación de la estructura comunitaria, composición de especies y el restablecimiento de procesos ecológicos a través de un activo programa de modificación del sitio y reintroducción de especies	Primack y Massardo (2002)
	Devolver el ecosistema a su estado original o previo e términos de estructura y función ecosistémica	Bradshaw (1996)
	Un proceso planificado que tiene por objetivo recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes forestales deforestados o degradados	WWF (2005)
Rehabilitación	Se enfoca en la reparación de procesos ecosistémico, productividad y servicios.	SER (2004)
	Reparación de algunas especies originales y funciones claves del ecosistema.	Primack y Massardo (2002)
	Fijar algunos aspectos del orden, pero generalmente logrando que el estado degradado esté lo más cerca del estado original, tendiendo hacia la restauración.	Bradshaw (1996)

Concepto	Definición	Fuente
Reclamación	Más general, incluye estabilización de terrenos, seguridad pública, mejoramiento estético, y generalmente, retorno a lo que es considerado, en el contexto regional, un propósito útil. Común en Minería.	SER (2004)
	Ya no es posible volver al estado original, se reponen ciertas funciones ecosistémicas relevantes	Bradshaw (1996)
Mitigación	Compensación de daño ambiental. Generalmente es una condición para la ejecución de proyectos que causan daños.	SER (2004)
	Establecimiento de mejoras (recuperación, rehabilitación, restauración) en un ecosistema distinto al degradado.	Bradshaw (1996)
Creación/Fabricación	Proyectos de mitigación en terrenos desprovistos de vegetación.	SER (2004)
	Establecer una comunidad biológica en el sitio y recupera ciertas funciones ecológicas.	Primack y Massardo (2002)
Ingeniería Ecológica	Considera la manipulación de materiales naturales, organismos vivos y el ambiente físico para alcanzar un objetivo humano y resolver problemas técnicos.	SER (2004)

Las actividades descritas en las distintas definiciones señaladas en la Tabla 1 pueden conducir a diferentes estados de restauración según la trayectoria del ecosistema, pero sólo la restauración ecológica considera los múltiples servicios que prestan los ecosistemas para conducir al sitio restaurado hacia un estado cercano al original (Figura 1).

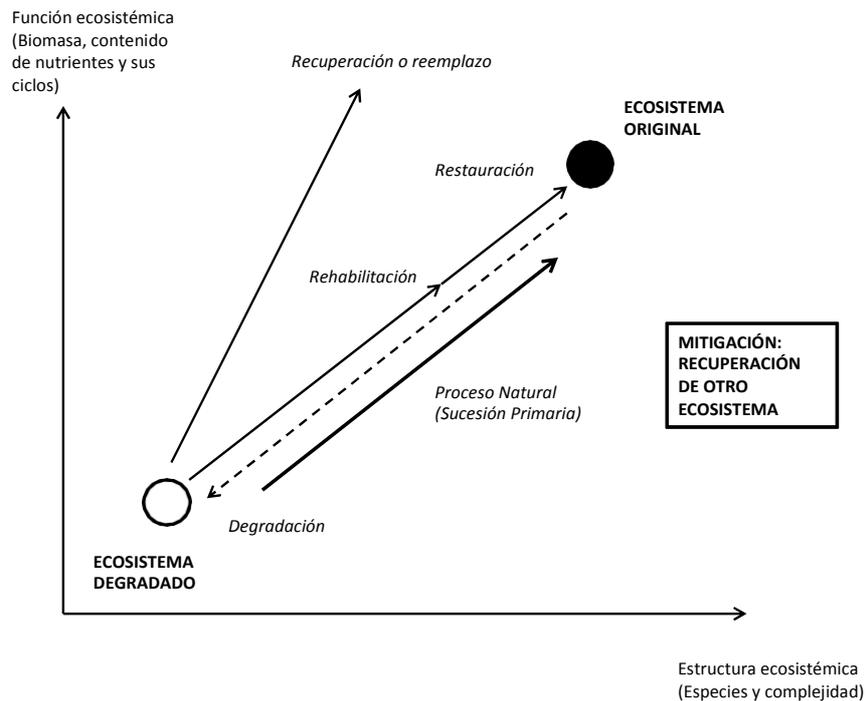


Figura 1. Diferentes opciones para el manejo de ecosistemas naturales degradados. Modificado de Bradshaw (1996).

Clewell & Aronson (2007) plantean que la trayectoria de la restauración no debe extenderse indefinidamente, sino que debe ser lo suficientemente larga como para que el ecosistema restaurado alcance su madurez ecológica, lo que puede ser varios cientos de años para un ecosistema boscoso, pero solo décadas para un sistema de humedal con herbáceas. Los autores plantean que el objetivo de un ecosistema restaurado es alcanzado cuando éste es capaz de adaptarse a la variabilidad natural y a los cambios de las condiciones ambientales. Así el ecosistema restaurado puede tomar varias trayectorias a lo largo del tiempo (Figura 2) donde incluso prácticas tradicionales culturales pueden conducir a estados de equilibrio alternativos. El ecosistema restaurado puede no necesariamente recuperar su condición previa o histórica debido a limitaciones de diversa consideración y a que las condiciones actuales de uso pueden orientar su desarrollo por una trayectoria diferente. La trayectoria histórica de un ecosistema gravemente impactado puede ser difícil o imposible de determinar con exactitud. No obstante, la dirección general y los límites de esa trayectoria se pueden establecer a través de una combinación de conocimientos sobre la estructura, composición y funcionamiento preexistentes del ecosistema dañado, de estudios de ecosistemas intactos comparables, información sobre condiciones ambientales de la región y análisis de otras informaciones ecológicas, culturales e históricas del ecosistema de referencia.

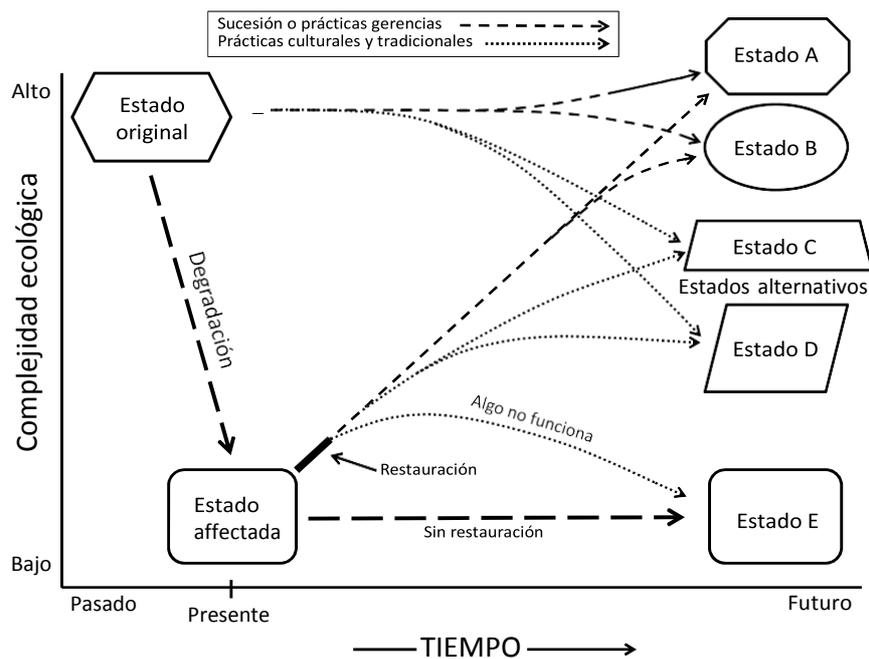


Figura 2. Representación esquemática de diferentes trayectorias de ecosistema a través del tiempo. Modificado de Clewell & Aronson (2007).

Echeverría et al. (2010) plantean que la restauración inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su función, integridad ecológica (composición de especies nativas y estructura comunitaria) y sostenibilidad (resistencia a las perturbaciones y resiliencia). De esta forma, al restaurar perseguimos una meta más ambiciosa que la simple reforestación con alguna especie arbórea. Lo que se busca es recuperar de la forma más semejante posible, las especies y los procesos ecológicos que alguna vez gobernaron un determinado ecosistema.

Para FSC-Chile (2012) la restauración persigue más que recuperar cobertura forestal, en el proceso se trata de recuperar la integridad de los ecosistemas alterados y lograr su funcionamiento adecuado y de este modo mantener los servicios ecosistémicos que proveen para el bienestar humano, tales como ayudar a mitigar el cambio climático, recuperar especies en peligro de extinción, regular y mantener el ciclo del agua, y otros servicios.

1.2 Servicios Ecosistémicos

El Millennium Ecosystem Assessment Board (2003) establece que los servicios ecosistémicos son beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas e incluyen servicios de provisión o suministro, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de apoyo o reserva.

- Servicios de suministro: Productos que se obtienen de los ecosistemas, tales como: alimentos, combustibles, recursos genéticos, medicinas naturales, recursos ornamentales, y agua dulce.
- Servicios de regulación: Beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos del ecosistema, incluyendo la calidad del aire, regulación del clima, regulación de la calidad agua, control de la erosión, control biológico y control de algunas enfermedades humanas,
- Servicios culturales: los beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, diversidad cultural y educacional, reflexión, recreación y valores estética, así como las relaciones sociales y sentido de pertenencia.
- Servicios de apoyo: aquellos necesarios para la producción de los demás servicios ecosistémicos. Algunos ejemplos incluyen la producción primaria, producción de oxígeno atmosférico, la formación y retención del suelo, ciclo de nutrientes, ciclo del agua y la provisión de hábitats.

1.3 Restauración activa y pasiva (asistida)

En términos globales, el objetivo de restaurar un ecosistema hasta que éste sea capaz de adaptarse a la variabilidad natural, implica inducir un proceso de sucesión secundaria lo más cercano posible a los procesos que ocurren en la naturaleza, lo que requiere la formación de comunidades estables en el tiempo y el espacio (Dobson et al. 1997, Palmer et al. 1997, Whisenant 1999, Young et al. 2001, Walker & del Moral 2003). Cuando se ha producido una perturbación y el ambiente que lo rodea es saludable en cuanto a la composición de especies y la función, bastaría con controlar los factores de degradación, más los procesos ecológicos como la dispersión y la colonización natural de plantas y animales para permitir la recuperación natural del ecosistema (Van Andel & Aronson 2006). Sin embargo, en el otro extremo, en ecosistemas fuertemente modificados que han cruzado uno o más umbrales de irreversibilidad, la recolonización natural del total de especies pre-existentes puede no ser posible (Hobbs & Harris 2001).

Las perturbaciones que producen la degradación de los ecosistemas pueden consistir en eventos discretos que provocan cambios significativos, como por ejemplo el derrame de petróleo o un incendio, o eventos que ocurren con alta frecuencia o incluso son continuos en el tiempo, como es el caso del pastoreo no regulado de ganado o la descarga de contaminantes a las aguas de un río. Adicionalmente, la degradación de un ecosistema puede deberse a una única causa (tal como un incendio o tala) o ser multi-causal, si varios factores diferentes actúan al mismo tiempo o en forma sucesiva (como incendios, tala e introducción de especies exóticas; Aronson et al. 2007).

La restauración pasiva se centra en eliminar o modificar los agentes de perturbación que limitan la recuperación natural del ecosistema, de manera de permitir que los

componentes y procesos ecológicos se recuperen por sí solos a través del proceso de sucesión natural (McIver & Starr, 2001; Van Andel & Aronson 2006). En cambio, la restauración activa implica tomar acciones específicas de mayor envergadura que pueden ayudar al desarrollo de la sucesión para lograr la recuperación del ecosistema (Van Andel & Aronson 2006). Éstas abarcan normalmente la eliminación de especies exóticas invasoras, control de herbívoros y ganado, control de erosión, fertilizaciones, enriquecimiento, relocalización y reintroducción de fauna (Hobbs & Norton 1996, Whisenant 1999, Hobbs & Harris 2001). El empleo de una u otra alternativa dependerá de la resiliencia del ecosistema y del potencial de regeneración natural de éste (Clewell & Aronson 2007).

1.4 Enfoque de Paisaje

En el contexto de las plantaciones, es necesario asegurar la mantención de los Altos Valores de Conservación (AVC) y que las áreas de gestión estén diseñadas para ser lo suficientemente grandes, conectadas lo suficiente y de calidad suficiente para mantener o mejorar los AVC (Stewart et al. 2008). El contexto del paisaje adquiere un mayor nivel de importancia debido a la creciente fragmentación que interrumpe las rutas de migración entre áreas de hábitat natural y evita el flujo genético entre las poblaciones (Echeverría et al. 2006). La fragmentación puede cambiar las proporciones relativas de las formas de vida y los ciclos biogeoquímicos, ciclos de nutrientes e hidrológicos, la productividad y los flujos de energía. A nivel comunitario, la fragmentación causa cambios en la composición y estructura trófica de las masas forestales, siendo más evidente el cambio en las proporciones de las etapas sucesionales (Putz et al. 2002; WWF, 2005). Toda conversión es relevante en este contexto, ya que muchas pequeñas conversiones pueden afectar los valores de conservación del paisaje a nivel de la forma incluso más eficazmente que grandes operaciones unitarias (Stewart et al. 2008).

Para imitar la dinámica de la naturaleza, se ha recomendado hacer esfuerzos por mantener la heterogeneidad y complejidad espacial a nivel de paisaje (Falk et al. 2006). Rietbergen-McCracken et al. (2012) sugiere un enfoque donde la heterogeneidad a nivel de paisaje se logra mediante un

mosaico de paisajes, donde las diferentes partes encajan entre sí para formar un paisaje compuesto.

WWF (2005) sugiere la creación de paisajes multifuncionales que ofrecen una mezcla de los bienes ambientales, sociales y económicos y servicios a través de un mosaico de sitios gestionados con diferentes objetivos, pero armónicos para proporcionar enfoques equilibrados en los paisajes, considerando tanto aspectos ambientales como sociales. Sin embargo, se reconoce la dificultad de alcanzar objetivos mancomunados, debido a la naturaleza compleja de los patrones de mosaico y procesos del paisaje. Como una solución a esta dificultad, Rietbergen-McCracken et al. (2012) recomiendan utilizar distintos mapas confeccionados a la misma escala que pueden superponerse entre sí para crear una imagen compuesta. De esta manera, en cada mapa se conceptualizan las interacciones dentro del contexto más amplio del mosaico del paisaje (Rayden 2008). Los autores señalan además que debe existir una cierta cantidad mínima de información antes de comenzar con la planificación y aplicación. Sin embargo, existe una tendencia común a pasar más tiempo del necesario en esta fase. Por lo tanto, es mejor empezar con una base de información mínima y construir sobre ella, utilizando el enfoque adaptativo mediante ciclos de acción-aprendizaje, para reflexionar sobre la forma en que el proyecto avanza mientras se está progresando.

1.5 Enfoque Adaptativo

Actualmente existe un fuerte apoyo para el enfoque de manejo adaptativo en la restauración de ecosistemas (Egan et al 2011; ITTO 2002; Rayden 2008; Rietbergen-McCracken et al 2012; Stewart et al 2008; WWF 2005). WWF (2005) sugiere la aplicación de la vigilancia continua en los proyectos de restauración, con el fin de facilitar la gestión adaptativa y acciones correctivas (Figura 3).

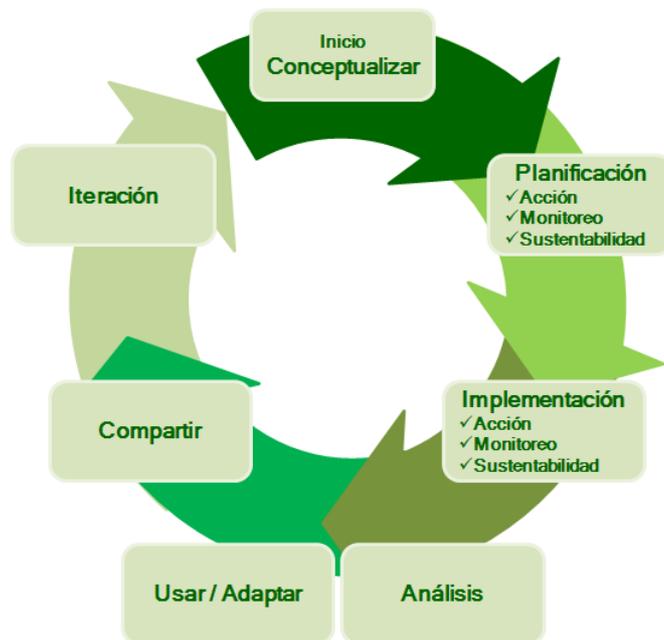


Figura 3. Esquema del ciclo de administración de un proyecto basado en el enfoque adaptativo. Modificado de WWF (2005).

El enfoque adaptativo se vuelve particularmente crucial en un esfuerzo de restauración a gran escala, que puede tener una duración de varias décadas y donde se involucran actores diferentes, haciendo necesaria la creación de herramientas de supervisión adecuadas que se adapten a esta gran escala mediante un plan de monitoreo global que esboce las necesidades de información, el número mínimo de indicadores para satisfacer tales necesidades, los métodos para el levantamiento de los datos, los roles y la frecuencia de levantamiento de dicha información (WWF 2005). Variaciones de gran escala, tales como el cambio climático, hacen más necesaria aún la consideración del diseño adaptativo (Egan et al. 2011)

Las correcciones que se realizan en el diseño de un proyecto de restauración deben estar guiadas por la teoría y la experimentación. En la gestión adaptativa es importante esperar siempre sorpresas, dado el camino variable que es parte integral de este tipo de plan (Falk et al. 2006). Por lo tanto, la cantidad de recursos destinados a la supervisión varía inversamente con el grado de certeza sobre la efectividad de las actividades del proyecto (WWF 2005).

1.6 Participación

El apoyo comunitario es un elemento clave en el éxito de cualquier restauración de paisajes y bosques, donde diferentes percepciones pueden requerir de negociaciones y tal vez la implementación de un mecanismo de resolución de conflictos. La gobernanza territorial incluye descentralización en la toma de decisiones y la existencia de derechos de acceso y uso (Maginnis y Jackson, 2002).

Los principios de la restauración del paisaje forestal, tienen por objeto la restauración de los bosques para proporcionar múltiples beneficios sociales y ambientales a través de procesos que involucran la participación de las partes interesadas. La capacidad de alcanzar estos objetivos depende de encontrar una estrategia exitosa en medio de una variedad de problemas prácticos (WWF 2005). Por lo tanto, en el contexto de la restauración ecológica es relevante entender las diferentes dimensiones de partes interesadas como sus fortalezas, temores, necesidades e intereses.

Lamb & Gilmour (2003) recomiendan calificar a cada actor en términos de importancia relativa, e involucrarlos en el proceso continuo de participación del manejo forestal. Para esto, consideran los siguientes elementos: (i) proximidad al bosque, (ii) derechos pre-existentes, (iii) dependencia de los bosques, (iv) pobreza, (v) conocimiento local, (vi) relación cultura forestal y poder.

De acuerdo a WWF (2005) es importante construir y mantener formas eficaces de trabajar con las partes interesadas, ser flexible y paciente, y centrarse en la búsqueda de acuerdos satisfactorios para todos los criterios acordados. Para esto es relevante cómo nos acercamos a nuestros grupos de interés, tanto al principio como durante toda la permanencia del proyecto. Para generar confianza y respeto y gestionar eficazmente los eventuales conflictos, es importante hablar respetuosamente con cada grupo, sin reflejar dominio y agresión por ninguna de las partes. Por el contrario, se deben realizar preguntas relevantes que involucren preocupación e interés.

Debido a la capacidad para dar rienda suelta a la energía y el interés de la gente, la restauración ecológica es un vehículo perfecto para la educación, ya que involucra a la gente en las ideas y temas innatamente interesantes y personalmente importantes (Egan et al. 2011). WWF (2005) plantea 7 pasos en el proceso de negociación con partes interesadas previamente identificadas:

- Cada grupo trabaja para entender las posiciones iniciales del otro grupo en relación con el paisaje.

- Cada grupo genera cuestionamientos de alta calidad y usa sus habilidades de escucha para tratar de entender las necesidades subyacentes, miedos y motivaciones en la identificación de las intervenciones de restauración.
- Las partes tratan de desplegar el pensamiento creativo y otras habilidades para generar una amplia gama de opciones que podrían abordar estas necesidades, temores y motivaciones.
- Las opciones se priorizan y se reúnen en formas que permiten a todos ganar tanto como sea posible.
- Se generan acuerdos mancomunados.
- Los acuerdos se analizan desde la perspectiva del mundo real, para asegurarse que se pueden lograr.
- Las partes quedan de acuerdo en los pasos a seguir, en la forma de gestionar las intervenciones de restauración, en los recursos necesarios y en la forma de seguimiento de los acuerdos y compromisos.

1.7 Etapas de la restauración

Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales (Fernández et al. 2010). Las acciones de restauración se deben basar en profundos conocimientos ecológicos y de los conocimientos locales. Las acciones deben considerar el contexto social y cultural, el costo de la restauración, la evaluación de riesgo y los aspectos técnicos de la restauración propuesta. (FSC-Chile, 2012).

SER (2004) plantea una secuencia de 6 etapas para la generación de un plan de restauración, a saber:

- Planificación conceptual de la restauración,
- Tareas preliminares,
- Planificación de la implementación,
- Tareas de implementación,
- Tareas posteriores a la implementación, y
- Evaluación y publicidad.

Las etapas 1 y 2 corresponden a etapas de tipo conceptual, previas a la ejecución del proyecto de restauración. Destaca la planificación conceptual como una de las etapas relevantes dentro del proceso, ya que es en esta fase en la cual se diseña el plan estratégico, el cual debe cumplir con pautas establecidas para obtener un programa preliminar de restauración reflejado a nivel cartográfico, el cual servirá de base para decidir qué y cómo restaurar.

Cada una de las etapas contiene a su vez actividades (51 en total), la mayor proporción de las cuales se encuentran asociadas a las etapas 1 y 2 (64%). Para el desarrollo de estas actividades iniciales se requiere un alto nivel de detalle en la información basal previo a la formulación del plan de restauración por predio, incluyendo: información del sitio o ecosistemas de referencia, definición de atributos relevantes perdidos, metas de la restauración, identificación de impactos a regular, fuentes de financiamiento, mano de obra, equipo, presupuesto, permisos ambientales, contacto con la comunidad y capacitación del personal designado.

Por otro lado, en literatura se encuentran diversos ejemplos de etapas y fases de restauración (Hobbs & Norton 1996; Gálvez 2002; SER 2004; Clewell & Aronson 2007; Vargas 2007; Echeverría 2010; Fernández et al. 2010, Newton & Tejedor, 2011, entre varios otros) y en términos generales, la mayoría de las investigaciones conviene en que durante el proceso de restauración de superficies deben ejecutarse las etapas clave identificadas en el Cuadro 1.

- **Descripción del sitio designado para la restauración:**
 - **Caracterización del sitio (atributos y nivel de degradación),**
 - **Identificación de los factores de degradación,**
 - **Frecuencia con que los factores de degradación se manifiestan;**
- **Declaración de metas y objetivos del proyecto de restauración:**
 - **Escala de la restauración,**
 - **Sitio de referencia o visión;**
- **Vinculación de la restauración propuesta con el paisaje y flujos de organismos y materiales;**
- **Vinculación del proyecto con la comunidad**
- **Planificación y preparación del sitio:**
 - **Selección de estrategias apropiadas,**
 - **Selección de zonas apropiadas;**
- **Estrategia de restauración y las intervenciones de manejo para la detección y corrección de fallas (manejo adaptativo);**
- **Indicadores de desempeño explícitos y monitoreo asociado;**
- **Propagación y manejo;**
- **Estrategias para protección y mantenimiento a largo plazo del ecosistema restaurado.**

Cuadro 1. Síntesis de Etapas Clave en un proceso de restauración. Elaboración propia, varios autores.

Dependiendo de la escala y del tipo de proyecto de restauración, cada una de estas etapas puede ser evaluada y reevaluada en diferentes momentos del proyecto de restauración, el cual por su naturaleza compleja puede incluso enfatizar ciertos componentes del ecosistema, de acuerdo a los objetivos del proyecto. Estos objetivos o metas son clave en el proceso de restauración, ya que definen tanto la selección de donde restaurar como los énfasis del proyecto de restauración.

Ehrenfeld (2000) establece que la especificación de objetivos de restauración es el componente más importante en el proyecto de restauración y que la primera tarea es reconocer explícita y claramente metas apropiadas para cada proyecto de restauración de manera independiente. El autor establece que estas metas pueden no estar relacionadas directamente con flora o fauna, si

no que pueden estar vinculadas a elementos estructurales del sistema, como por ejemplo el agua. Otro aspecto relevante es ser realista con partes interesadas, manejando las expectativas que diferentes actores pudieran tener respecto del proceso que se está llevando a cabo, reconociendo las diferencias entre las funciones del ecosistema creado o que se va a crear y el ecosistema natural supuesto.

La planificación exitosa de un proyecto de restauración tiene relación con la identificación y eventual limitación de los agentes que producen la degradación del ecosistema. Gálvez (2002) y Gómez-Aparicio (2009) señalan como limitantes a la regeneración natural los siguientes:

- Trastornos recurrentes (ej: tala, ganado e incendios)
- Ausencia de propágulos (semillas, raíces), ya sea por la distancia a la fuente de semillas o por la falta de agentes dispersores
- Falta de micro-ambientes favorables para la germinación de semillas y establecimiento de plántulas
- Baja disponibilidad de nutrientes en el suelo y ausencia de especies importantes desde el punto de vista funcional (ej: micorrizas)
- Competencia con la vegetación establecida

Es importante considerar que en ocasiones la restauración ecológica es sólo uno de los elementos de una iniciativa más amplia del sector privado o público, tales como proyectos de desarrollo, programas para el manejo de una cuenca hidrográfica, de manejo de ecosistemas o de conservación de la naturaleza (SER, 2004). Se pueden reducir costos si se coordinan cuidadosamente las actividades de restauración con los demás aspectos de un programa mayor, beneficiándose tanto el equipo a cargo de la restauración como el propio proyecto, asegurando que la restauración ecológica esté bien concebida, totalmente realizada y contribuyendo al bien público.

ANEXO 2

Hotspot de la zona centro sur de Chile

El hotspot de la zona centro sur de Chile comprende desde la costa del Pacífico hasta las cumbres andinas entre los 25° y 47° de latitud sur, incluyendo la estrecha franja costera que se extiende entre los 19° y 25° de latitud sur. También contempla las islas de Juan Fernández y una pequeña área de bosques adyacentes a Argentina (Arroyo et al. 2008). La zona ha sido reconocida como un centro de alta biodiversidad debido a su gran importancia biológica y a su alto grado de amenaza (Mittermeier et al. 1999; Myers et al. 2000). De acuerdo a Myers et al. (2000), de las 300.000 ha de vegetación primaria originales de esa área, sólo 90.000 ha permanecen en la actualidad y sólo 9.167 ha se encuentran bajo la protección del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE). Esta región presenta la mayor diversidad de tipos forestales y riqueza de especies arbóreas del País, así como la máxima concentración de géneros de leñosas endémicas y la máxima riqueza de especies de mamíferos, anfibios y peces de agua dulce nativos (Armesto et al. 1998). Entre los géneros de plantas endémicas destacan *Aetoxicon*, *Fitzroya*, *Pitavia*, *Gomortega*, *Peumus*, *Sarmienta*, *lapageria*, *Philesia*, *Zephyra*, *Placea*, *Tecoploaea* y *Copiapoa* (Arroyo et al. 2008). Por otro lado, la fauna de vertebrados de esta ecoregión del país es una de las mejores conocidas, en ella habitarían unas 287 especies, lo que equivale al 52% de todos los vertebrados terrestres del país. De las 102 especies de vertebrados terrestres endémicos que existen en Chile, un 51% serían exclusivas de esta ecoregión (Simonetti 1999). En general, destacan por su endemismo los géneros *Telmatobufo*, *Rhinoderma*, *Insuetophrynus*, *Caudiverbera*, *Hylorina*, *Liolaemus*, *Octodon*, *Spalacopus*, *Irenomys*, *Rhyncholestes*, *Dromiciops*, *Chinchilla*, *Sephanoides* y *Sylviorthorhynchus*, entre otros (Arroyo et al. 2008).

Aunque cerca del 19 % de Chile continental está incluido en algún área del SNASPE, sólo el 4,2 % (6.504 Km²) de la biota mediterránea está protegida en la actualidad (Arroyo et al. 1999; Cofré & Marquet 1999), ya que el 90% de las áreas protegidas ocupan latitudes más extremas (Armesto et al. 1998). Con el fin de promover la gestión sustentable de la biodiversidad del país, en el año 2003 CONAMA desarrolla la Estrategia Nacional de Biodiversidad. En este proceso, se definieron 68 Sitios prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad en Chile, de los cuales 27 se encuentran entre la VI y X Regiones (CONAMA 2003).

En cuanto a la flora y fauna amenazada en Chile, varios autores han clasificado la biota según su estado de conservación (Rottmann 1982; Jacksic & Jiménez 1986; Glade 1988; Benoit 1989; Rottmann & López-Callejas 1992; Formas 1995; Nuñez et al. 1997; Bahamonde et al. 1998; Campos et al. 1998; Quilhot et al. 1999; Baeza et al. 1999; Belmonte et al. 1998; Díaz-Páez & Ortiz 2003; Hechenleitner et al. 2005; CONAMA 2006). En la actualidad, el Reglamento de Clasificación de Especies a cargo del Ministerio de Medio Ambiente, representa la instancia para la clasificación de nuevas especies y para la actualización o reclasificación de especies con problemas de

conservación. A partir de una revisión extensiva de las clasificaciones existentes a la fecha, se definió los listados de especies de flora y fauna amenazadas prioritarias para Arauco. En fauna se definió un total de 58 especies, que incluyen: 4 de crustáceos, 10 especies de peces, 11 especies de anfibios, 7 especies de reptiles, 9 especies de aves y 20 especies de mamíferos. En el caso de flora, se determinó un total de 85 especies prioritarias: 17 arbóreas, 8 arbustos, 17 helechos, 17 herbáceas, 16 líquenes, 3 subarbustos y 7 suculentas.

En términos biogeográficos, existen diversas clasificaciones de las comunidades vegetales nativas en Chile, dentro de los cuales destacan los Tipos Forestales (Donoso 1981), las formaciones vegetales (Gajardo 1994) y los Pisos de vegetación (Luebert & Plissock 2006).

La clasificación de Donoso (1981), que sistematiza la vegetación nativa en tipos forestales, fue utilizada para el desarrollo del Catastro de Bosque Nativo generado por CONAF-CONAMA-BIRF (1999). Según este catastro, Balocchi y Alarcón (2005) informan que en el patrimonio de FASA es posible encontrar 11 tipos forestales: Alerce (<1%), Araucaria (3%), Ciprés de la Cordillera (<1%), Ciprés de las Guaitecas (<1%), Coihue-Raulí-Tepa (4%), Coihue de Magallanes (<1%), Esclerófilo (12%), Lenga (2%), Roble-Raulí-Coihue (51%), Roble-Hualo (7%) y Siempreverde (21%),

Las formaciones vegetales (Gajardo 1994) corresponden a las divisiones de 8 grandes Regiones vegetales presentes en Chile. Cinco de estas se encuentran presentes entre las Regiones de O'Higgins y Los Lagos: Matorral y Bosque Esclerófilo, Bosque Caducifolio, Bosque Andino Patagónico, Bosque Laurifolio, Bosque Siempreverde y Turberas. Cada una de estas Regiones se subdividen en Subregiones y estas su vez en formaciones vegetales. De esta forma, en el área de distribución patrimonial de Arauco se pueden distinguir 5 regiones, 13 sub-regiones y 53 formaciones vegetales.

La clasificación más reciente de la vegetación de Chile es la realizada por Luebert & Plissock (2006). Estos autores reclasifican la vegetación de Chile en pisos de vegetación, de acuerdo a las macrozonas bioclimáticas y formaciones vegetales. Estos pisos surgen de una combinación de variables bioclimáticas y de altitud con las formaciones vegetales, la composición florística y la fisionomía de la vegetación de las diversas zonas del país. Ellos definieron 17 formaciones vegetales y 127 pisos vegetales. Entre la VI y X Regiones se presentan 9 formaciones subdivididas en 58 pisos vegetales (Tabla 3).

Tabla 3. Formaciones vegetales y número de pisos vegetales presentes en el Centro-Sur de Chile (VI a X Regiones) según Lübert y Pliscoff (2006).

Formaciones vegetales	Pisos vegetales
Bosque caducifolio	20
Bosque esclerófilo	8
Bosque espinoso	4
Bosque laurifolio	3
Bosque resinoso	7
Bosque siempreverde	6
Herbazal de altitud	3
Matorral bajo de altitud	6
Matorral caducifolio	1
Total general	58

Dinámica sucesional de especies nativas en Chile central¹

Las sucesiones ecológicas son el marco conceptual en el cual se basa la restauración (Martínez et al. 2006). El conocimiento de los eventos de sucesión de los diversos ecosistemas o comunidades permite plantear enfoques apropiados para realizar una restauración exitosa.

Las tendencias sucesionales en Chile central han sido poco monitoreadas, pero existen algunos trabajos que proponen algunos patrones de sucesión (e.g. Armesto & Pickett 1985, Fuentes et al. 1986) que pueden ser simulados en procesos de restauración. Sitios abiertos sin cobertura leñosa, por ejemplo después de incendios frecuentes, abandono de campos agrícolas, o movimientos de tierra, son rápidamente colonizados por especies herbáceas, principalmente exóticas (Arroyo et al. 1995). Estos sitios dominados por herbáceas son comúnmente colonizados por especies leñosas como *Acacia caven*, *Baccharis linearis*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Trevoa trinervis*, generalmente independiente de la posición topográfica (Armesto & Pickett 1985, Fuentes et al. 1986). Sin embargo, usualmente *A. caven* domina sitios usados para pastoreo de ganado, *B. linearis* sitios que fueron utilizados anteriormente con fines agrícolas y *T. trinervis* y *Muehlenbeckia hastulata* son particularmente abundantes en sitios recientemente quemados (Holmgren et al. 2000b).

¹ Extraído del informe técnico elaborado por el Dr. Pablo Becerra Osses (Pontificia Universidad Católica de Chile), en el marco de la restauración del bosque nativo incendiado dentro del patrimonio de Forestal Arauco.

Posteriormente, una vez que se ha desarrollado una estrata de especies leñosas pioneras, otras especies podrían colonizar y desarrollar una fase sucesionalmente intermedia. Por ejemplo, *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica* normalmente son especies sucesionalmente más tardías e incluso climácicas en hábitats menos húmedos (Armesto & Pickett 1985, Fuentes et al. 1986). Finalmente, en sitios que ya poseen una cobertura importante de especies leñosas, se podrían desarrollar etapas sucesionales avanzadas o climácicas, cuyas especies dominantes varían en forma importante según la zona geográfica, altitud, y posición topográfica. En zonas de bosque esclerófilo podrían llegar a dominar especies como *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus* y *Lithrea caustica*, mientras que en zonas de bosque caducifolio se integrarían otras como *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus glauca* (Armesto & Pickett 1985, Fuentes et al. 1986, Donoso 1993, Holmgren et al. 2000b). La regeneración de especies leñosas en sitios abiertos (cubiertos sólo por una estrata herbácea) es en general bastante baja en densidad y diversidad en todo Chile central. Martínez & Fuentes (1993) documentan regeneración sólo de *Baccharis linearis* en una zona de la precordillera andina de Santiago, y a distancias cercanas a un matorral adulto de esta especie. En una zona del valle central Fuentes et al. (1989) observaron regeneración principalmente de *Acacia caven* en sitios abiertos y dominados por un espinal. Por otro lado, Armesto & Pickett (1985) observaron prácticamente ninguna plántula de especies leñosas en sitios abiertos en una zona costera de la V región. En cambio, Bustamante (1991) observó una alta regeneración vegetativa de *Baccharis linearis* en sitios abiertos de una zona costera y pre-andina de esta región. También se ha observado a *Maytenus boaria* e incluso *Lithrea caustica* y *Quillaja saponaria*, colonizando sitios abiertos, aunque en hábitats más húmedos costeros (Armesto & Pickett 1985, Fuentes et al. 1984, 1986, Holmgren et al. 2000b). En sitios abiertos con estrata herbácea, la presencia de hierbas parece afectar positivamente la sobrevivencia de plantas de especies nativas (Becerra et al. 2011a). Por lo anterior es altamente probable que se requieran métodos activos de restauración en sitios abiertos donde no se está produciendo regeneración vegetativa post-incendio, es decir en sitios abiertos sin cepas o tocones sobrevivientes al incendio. Además, es muy bajo el conocimiento de la tasa y diversidad de la regeneración vegetativa en zonas incendiadas donde quedan cepas y tocones vivos remanentes post-incendio. Por ello, para un proceso de restauración sería elemental monitorear detalladamente la recolonización de la vegetación en estas áreas tanto respecto a la regeneración vegetativa como a la regeneración por semillas de especies que no tienen la capacidad de rebrote vegetativo en el área incendiada.

En sitios bajo una cobertura de especies leñosas pioneras se ha observado una densidad y diversidad levemente mayor de regeneración que en sitios abiertos. Por ejemplo, Bustamante (1991) documenta regeneración natural de *Quillaja saponaria*, *Cryptocarya alba*, *Schinus* spp. y

Muehlenbeckia hastulata bajo el dosel de Baccharis linearis en una zona costera de la V región. Similarmente, Armesto & Pickett (1985) observaron regeneración natural de Aristotelia chilensis, Cryptocarya alba, Maytenus boaria y Lithrea caustica bajo el dosel de arbustos pioneros de Baccharis linearis. Similarmente, Fuentes et al. (1986) documentan existencia de regeneración natural de diferentes especies leñosas bajo el dosel de matorral de Baccharis linearis tanto en localidades pre-andinas como costeras de Chile central, aunque tanto la densidad como diversidad fue mayor en el rango costero. En áreas de bosque decíduo, Fajardo & Alaback (2005) documentan regeneración de Nothofagus glauca en sitios abiertos al interior de bosques o en sitios perturbados por deslizamientos de tierra. En sitios bajo un dosel arbóreo ya desarrollado en general es donde se ha observado la mayor densidad de regeneración de especies leñosas, aunque con variabilidad entre estudios. Dentro de bosques de la zona costera de la V región, Henríquez & Simonetti (2001) documentan la existencia de regeneración de Beilschmiedia miersii, pero en general con densidades bajas, principalmente debido a la fuerte depredación por ganado. Bustamante & Simonetti (2000) documentan densidades relativamente altas de regeneración de Cryptocarya alba especialmente bajo un dosel de bosque continuo de esta especie. Por otra parte Becerra et al. (2011c) han observado otras especies regenerando dentro de sitios de bosque tales como Peumus boldus, Azara celastrina, Cryptocarya alba y Lithrea caustica. En consecuencia, los trabajos de regeneración natural sugieren que en algunas localidades pueden estar ocurriendo procesos de sucesión secundaria, principalmente donde ya existe regeneración de especies leñosas pioneras en áreas que fueron perturbadas. Sin embargo, dada la generalmente baja densidad de la regeneración, es muy probable que la tasa de sucesión natural sea bastante baja y muy variable espacialmente. Luego, en áreas donde el incendio fue leve o donde la regeneración vegetativa forma un dosel pionero rápidamente, sería posible aplicar métodos de reintroducción de especies más fácilmente que en sitios abiertos, especialmente de aquellas que no pueden regenerar vegetativamente o de especies que no poseen fuentes cercanas de semillas para la recolonización natural.

Muchas veces la apertura y reducción de la vegetación nativa después de incendios u otras perturbaciones en Chile central ha permitido una rápida invasión de especies exóticas tales como Acacia dealbata, Rubus ulmifolius, Pinus radiata, Rosa moschata, entre otras (Fuentes-Ramírez et al. 2010, Becerra & Bustamante 2011b, Becerra & Simonetti 2012). Sin embargo, el efecto de estas especies en la recolonización de especies nativas puede ser variable. Por ejemplo, Acacia dealbata pareciera inhibir la regeneración natural de especies nativas (Fuentes-Ramírez et al. 2010), aunque estudios experimentales aún no existen. En cambio, Pinus radiata parece facilitar la regeneración de especies nativas (Becerra & Montenegro 2012). Por ello, sería importante realizar estudios experimentales más específicos respecto al rol de estas especies exóticas en el proceso

de restauración de manera de establecer cómo y cuándo proceder a su erradicación y control de reintroducción.

Finalmente, si bien existe evidencia de procesos sucesionales después de incendios u otras perturbaciones en este tipo de ecosistemas en Chile central, en términos de restauración, no se han realizado estudios que cuantifiquen la tasa y nivel de similitud que van alcanzando las zonas degradadas en su proceso sucesional, con sitios originales o menos perturbados. Es decir, no es claro si los procesos de sucesión secundaria llevan a una recuperación importante de la composición y estructura de los bosques previo a las perturbaciones que han sufrido. Por ello, resulta relevante generar monitoreos de largo plazo para establecer si cualquier medida de restauración, ya sea pasiva (asistida) o activa lleva realmente a la restauración de los ecosistemas nativos potenciales y de referencia que se establezcan.

ANEXO 3

Listado de Flora y Fauna
Amenazada en FASA

LISTADO DE FLORA AMENZADA

N°	Especie	Forma de vida	Estado de Conservación	Presencia en el patrimonio		
				FASA Norte	FASA Centro	FASA Sur
1	<i>Alstroemeria presliana</i>	Herbácea	V	X	X	
2	<i>Alstroemeria venusta</i>	Herbácea	P	X	X	
3	<i>Anemone moorei</i>	Subarbusto	P	X		
4	<i>Araucaria araucana</i>	Arbóreo	V, MN		X	X
5	<i>Asplenium obtusatum var sphenoides</i>	Helecho	V, I	X	X	X
6	<i>Asplenium trilobum</i>	Helecho	V		X	X
7	<i>Austrocactus patagonicus</i>	Suculenta	P, R			X
8	<i>Austrocactus philippii</i>	Suculenta	P, R	X		
9	<i>Avellanita bustillosii</i>	Arbustivo	P, R	X		
10	<i>Beilschmiedia berteroa</i>	Arbóreo	P	X	X	
11	<i>Beilschmiedia miersii</i>	Arbóreo	V	X		
12	<i>Berberidopsis corallina</i>	Arbustivo	P, R	X	X	X
13	<i>Berberis negeriana</i>	Arbustivo	P, R		X	
14	<i>Bipinnula volkmanni</i>	Herbácea	P		X	
15	<i>Blechnum asperum</i>	Helecho	V		X	X
16	<i>Blechnum blechnoides</i>	Helecho	V		X	X
17	<i>Blechnum corralense</i>	Helecho	P			X
18	<i>Brigantiaea fuscolutea</i>	Liquen	V	X	X	X
19	<i>Calceolaria pallida</i>	Herbácea	P	X		
20	<i>Chloraea cuneata</i>	Herbácea	CR		X	X
21	<i>Chloraea prodigiosa</i>	Herbácea	P	X		
22	<i>Chloraea volkmanni</i>	Herbácea	CR		X	
23	<i>Dasyphyllum excelsum</i>	Arbustivo	V	X		
24	<i>Dennstaedtia glauca</i>	Helecho	V	X		
25	<i>Dioscorea longipes</i>	Herbácea	V	X	X	X
26	<i>Echinopsis bolligeriana</i>	Suculenta	P, R	X		
27	<i>Echinopsis litoralis</i>	Suculenta	V	X	X	
28	<i>Erioderma leylandii</i>	Liquen	V			X
29	<i>Erioderma solediantum</i>	Liquen	V			X
30	<i>Eriosyce aspillaga</i>	Suculenta	P	X		
31	<i>Eriosyce curvispina ssp curvispina var mutabilis</i>	Suculenta	V	X		
32	<i>Eriosyce subgibbosa spp subgibbosa var castanea</i>	Suculenta	P	X		
33	<i>Famatina maulensis</i>	Herbácea	P	X		
34	<i>Fitzroya cupressoides</i>	Arbóreo	P, MN			X
35	<i>Gaultheria renjifoana</i>	Arbustivo	CR		X	
36	<i>Gilliesia curicana</i>	Herbácea	P	X		
37	<i>Gomortega keule</i>	Arbóreo	P, MN	X	X	
38	<i>Grammitis magellanica</i>	Helecho	V, I		X	X
39	<i>Grammitis patagonica</i>	Helecho	V, I			X
40	<i>Grammitis poeppigiana</i>	Helecho	V, I			X
41	<i>Graphis scripta</i>	Liquen	V	X	X	
42	<i>Haematomma fenziannum</i>	Liquen	V	X		
43	<i>Haplopappus taeda</i>	Arbustivo	V	X		
44	<i>Hymenophyllum secundum</i>	Helecho	V			X
45	<i>Hymenophyllum tortuosum</i>	Helecho	V			X
46	<i>Hypolepis poeppigii</i>	Helecho	V, I	X	X	X
47	<i>Isoetes araucaniana</i>	Helecho	P		X	
48	<i>Isoetes savatieri</i>	Helecho	V		X	X
49	<i>Alstroemeria presliana</i>	Herbácea	V	X	X	

N°	Especie	Forma de vida	Estado de Conservación	Presencia en el patrimonio		
				FASA Norte	FASA Centro	FASA Sur
50	<i>Isoetes savatieri</i>	Helecho	V			
51	<i>Jubaea chilensis</i>	Arbóreo	V	X		
52	<i>Laurelia sempervirens</i>	Arbóreo	V		X	X
53	<i>Lecanora epybrion spp. brocha</i>	Liquen	V			
54	<i>Legrandia concinna</i>	Arbóreo	P	X		
55	<i>Libertia tricocca</i>	Herbácea	V			
56	<i>Lomatia ferruginea</i>	Arbustivo	V		X	X
57	<i>Lycopodium paniculatum</i>	Helecho	V, I			
58	<i>Nothofagus alessandrii</i>	Arbóreo	P, R, MN	X		
59	<i>Nothofagus alpina</i>	Arbóreo	V			
60	<i>Nothofagus dombeyi</i>	Arbóreo	V	X	X	X
61	<i>Pellaea ternifolia</i>	Helecho	V, I			
62	<i>Persea lingue</i>	Arbóreo	V, LC	X	X	X
63	<i>Pertusaria velata</i>	Liquen	V			
64	<i>Pilgerodendron uviferum</i>	Arbóreo	V			X
65	<i>Pitavia punctata</i>	Arbóreo	P, MN	X	X	
66	<i>Podocarpus salignus</i>	Arbóreo	V			X
67	<i>Porlieria chilensis</i>	Arbustivo	V			
68	<i>Protousnea magellanica</i>	Liquen	V			
69	<i>Protousnea malacea</i>	Liquen	V			
70	<i>Pterygiopsis foliacea</i>	Liquen	P			
71	<i>Rhodophiala chilensis</i>	Herbácea	P			
72	<i>Rhodophiala fulgens</i>	Herbácea	P			
73	<i>Rhodophiala pratensis</i>	Herbácea	P			
74	<i>Rhodophiala speciosa</i>	Herbácea	P			
75	<i>Roccela potentosa</i>	Liquen	V			
76	<i>Roccellina crecebriformis</i>	Liquen	V			
77	<i>Saxegothaea conspicua</i>	Arbóreo	P			X
78	<i>Senecio pycnanthus</i>	Subarbusto	P			
79	<i>Schizaea fistulosa</i>	Helecho	V			
80	<i>Scutellaria valdiviana</i>	Subarbusto	P	X		
81	<i>Teloschistes chrysophthalmus</i>	Liquen	V			
82	<i>Teloschistes flavicans</i>	Liquen	V			
83	<i>Valdivia gayana</i>	Herbácea	V			X
84	<i>Weinmannia trichosperma</i>	Arbóreo	P		X	X
85	<i>Xanthoparmelia farinosa</i>	Liquen	V			

LISTADO DE FAUNA AMENAZADA

N°	Especie	Forma de vida	Estado de Conservación	Presencia en el patrimonio		
				FASA Norte	FASA Centro	FASA Sur
1	<i>Cheirodon kiliani</i>	Pez	P	X	X	
2	<i>Bullockia maldonadoi</i>	Pez	P	X	X	
3	<i>Diplomystes camposensis</i>	Pez	P		X	X
4	<i>Diplomystes nahuelbutaensis</i>	Pez	P		X	
5	<i>Galaxias globiceps</i>	Pez	P	X	X	
6	<i>Galaxias platei</i>	Pez	v		X	X
7	<i>Nematogenys inermis</i>	Pez	V		X	X
8	<i>Odontesthes brevianalis</i>	Pez	V	X	X	
9	<i>Odontesthes itatanum</i>	Pez	I	X	X	
10	<i>Odontesthes mauleanum</i>	Pez	V	X	X	X
11	<i>Percichthys melanops</i>	Pez	V		X	X
12	<i>Percilia irwini</i>	Pez	P		X	X
13	<i>Percilia gillissi</i>	Pez	P(V-VI), V(VII-X)	X	X	
14	<i>Trichomycterus chiltoni</i>	Pez	P	X	X	X
15	<i>Alsodes barrioi</i>	Anfibio	P	X	X	X
16	<i>Alsodes hugoi</i>	Anfibio	I			X
17	<i>Alsodes monticola</i>	Anfibio	I			X
18	<i>Alsodes nodosus</i>	Anfibio	I		X	X
19	<i>Alsodes tumultuosus</i>	Anfibio	P		X	X
20	<i>Alsodes vanzolinii</i>	Anfibio	P	X	X	
21	<i>Alsodes verrucosus</i>	Anfibio	I	X	X	
22	<i>Alsodes vittatus</i>	Anfibio	I		X	X
23	<i>Batrachyla nibaldoi</i>	Anfibio	I		X	X
24	<i>Batrachyla taeniata</i>	Anfibio	I(V-VII), V(VIII-X), F(XI-XII)		X	X
25	<i>Bufo rubropunctatus</i>	Anfibio	P	X	X	
26	<i>Eupsophus contulmoensis</i>	Anfibio	P		X	
27	<i>Eupsophus insularis</i>	Anfibio	P			X
28	<i>Eupsophus migueli</i>	Anfibio	P			X
29	<i>Eupsophus nahuelbutensis</i>	Anfibio	P		X	
30	<i>Eupsophus roseus</i>	Anfibio	I		X	X
31	<i>Hylorina sylvatica</i>	Anfibio	I			X
32	<i>Insuetophrynus acarpicus</i>	Anfibio	P			X
33	<i>Pleurodema bufonina</i>	Anfibio	I	X	X	X
34	<i>Pleurodema thaul</i>	Anfibio	P(II-III), V(IV-VII), F(XI)	X	X	X
35	<i>Rhinoderma darwini</i>	Anfibio	P(VIII-IX) I(X-XI-XIII)	X	X	X
36	<i>Rhinoderma rufum</i>	Anfibio	E	X		
37	<i>Telmatobufo bullocki</i>	Anfibio	P	X	X	
38	<i>Telmatobufo venustus</i>	Anfibio	I			X
39	<i>Campephilus magellanicus</i>	Aves	P(VI-VII), V(VIII-XII)	X	X	X
40	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Aves	V(XV-III), R(IV-VII)	X	X	
41	<i>Columba araucana</i>	Aves	P(IV-X), V(XI-XII)	X	X	
42	<i>Coscoroba coscoroba</i>	Aves	P		X	X
43	<i>Cyanoliseus patagonus</i>	Aves	P(III-IV), V(VI-VII)			
44	<i>Cygnus melanocorypha</i>	Aves	P(VIII-X), V(IV-VII, XI-XII)	X	X	X
45	<i>Enicognathus leptorhynchus</i>	Aves	P(VII), V(VIII-X, I(XI))		X	
46	<i>Spalacopus cyanus</i>	Aves	P	X		
47	<i>Theristicus melanopis</i>	Aves	P(II-III), V(IV-X), F(XI-XII)	X	X	X
48	<i>Buteo albigola</i>	Aves	V(IV-IX)	X	X	X
49	<i>Buteo ventralis</i>	Aves	V(IV-IX)	X	X	X

N°	Especie	Forma de vida	Estado de Conservación	Presencia en el patrimonio		
				FASA Norte	FASA Centro	FASA Sur
50	<i>Strix rufipes</i>	Aves	V(IV-IX)	X	X	X
51	<i>Aegla conceptionensis</i>	Crustacea	V	X	X	X
52	<i>Aegla laevis talcahuano</i>	Crustacea	V	X	X	X
53	<i>Parastacus nicoleti</i>	Crustacea	V	X	X	
54	<i>Parastacus pugnax</i>	Crustacea	I(V-RM), V(VI-IX)		X	X
55	<i>Samastacus spinifrons</i>	Crustacea	I(V, VII), V(VIII,XI)		X	X
56	<i>Dromiciops gliroides</i>	Mamifero	I	X	X	X
57	<i>Chelemys megalonyx</i>	Mamifero	P	X	X	
58	<i>Euneomys mordax</i>	Mamifero	I	X	X	X
59	<i>Geoxus valdivianus</i>	Mamifero	R		X	X
60	<i>Hippocamelus bisulcus</i>	Mamifero	P	X		
61	<i>Lagidium viscacia</i>	Mamifero	P	X		
62	<i>Lontra provocax</i>	Mamifero	P(VI-X), I(XI-XII)		X	X
63	<i>Octodon bridgesi</i>	Mamifero	V	X		
64	<i>Leopardus colocolo</i>	Mamifero	I	X	X	X
65	<i>Oncifelis geoffroyi</i>	Mamifero	R	X		X
66	<i>Pudu pudu</i>	Mamifero	V	X	X	X
67	<i>Rhyncholestes raphanurus</i>	Mamifero	I	X	X	
68	<i>Thylamys elegans</i>	Mamifero	R	X	X	
69	<i>Zaedyus pichiy</i>	Mamifero	R(VIII), V(XI-XII)	X	X	X
70	<i>Lycalopex fulvipes</i>	Mamifero	P		X	
71	<i>Callopiastes maculatus</i>	Reptil	V	X	X	
72	<i>Diplolaemus bibroni</i>	Reptil	R	X	X	X
73	<i>Diplolaemus leopardinus</i>	Reptil	I	X	X	X
74	<i>Liolaemus bellii</i>	Reptil	R	X	X	X
75	<i>Liolaemus buergeri</i>	Reptil	R	X	X	X
76	<i>Liolaemus ceii</i>	Reptil	R	X	X	X
77	<i>Liolaemus cristiani</i>	Reptil	R	X	X	X
78	<i>Liolaemus lemniscatus</i>	Reptil	V(IV-VII), F(VIII-XIV)	X	X	X
79	<i>Liolaemus leopardinus</i>	Reptil	R	X	X	X
80	<i>Liolaemus lineomaculatus</i>	Reptil	R	X	X	X
81	<i>Liolaemus pictus</i>	Reptil	V	X	X	X
82	<i>Phymaturus flagellifer</i>	Reptil	P	X	X	X

ANEXO 4

Caracterización superficies
sustituidas

Caracterización general de las superficies sustituidas

El análisis de caracterización de las superficies sustituidas por filial y tipo de sustitución (matorral o bosque nativo) permite observar que en la Región del Maule es donde se produce la mayor proporción de la sustitución con un total de 13.366 ha, de las cuales 9.325 ha corresponden a matorral esclerófilo (Figuras 1 y 2). En términos generales, en FASA Norte es donde se concentra la proporción de superficie a restaurar (16.823 ha), con un 67% de matorral esclerófilo. FASA Centro corresponde a la filial con menor superficie de sustitución (1.777 ha) con 8% de matorral esclerófilo, mientras que en FASA Sur la sustitución alcanza a 6.444 ha, de las cuales sólo el 3% corresponde a matorral esclerófilo.

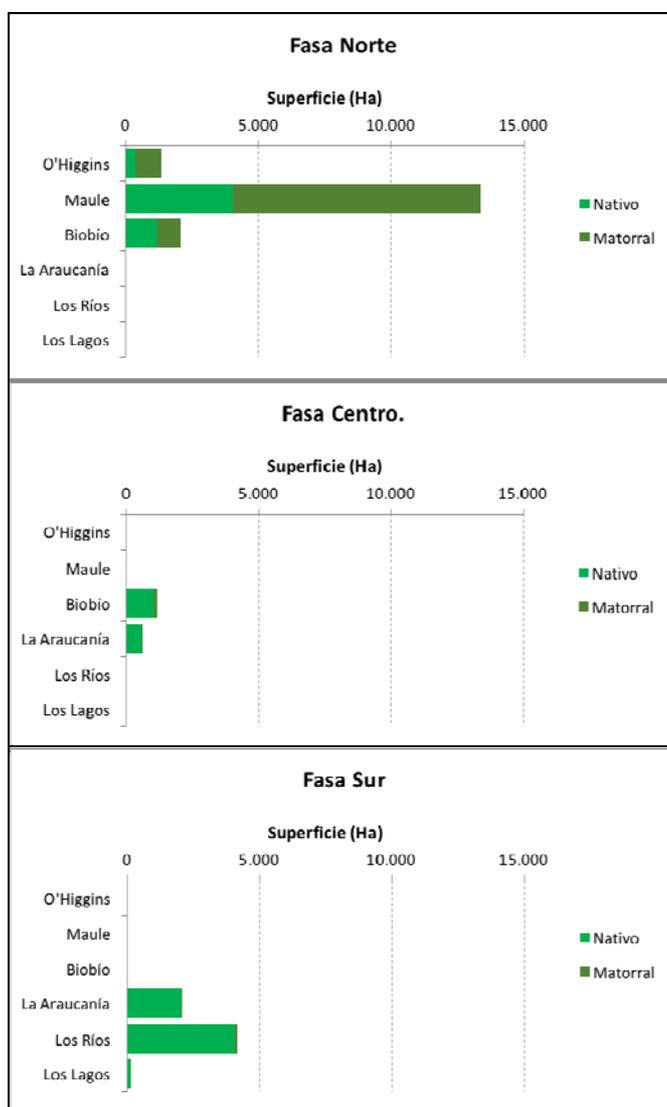


Figura 1. Distribución de la superficie sustituida por región y filial.

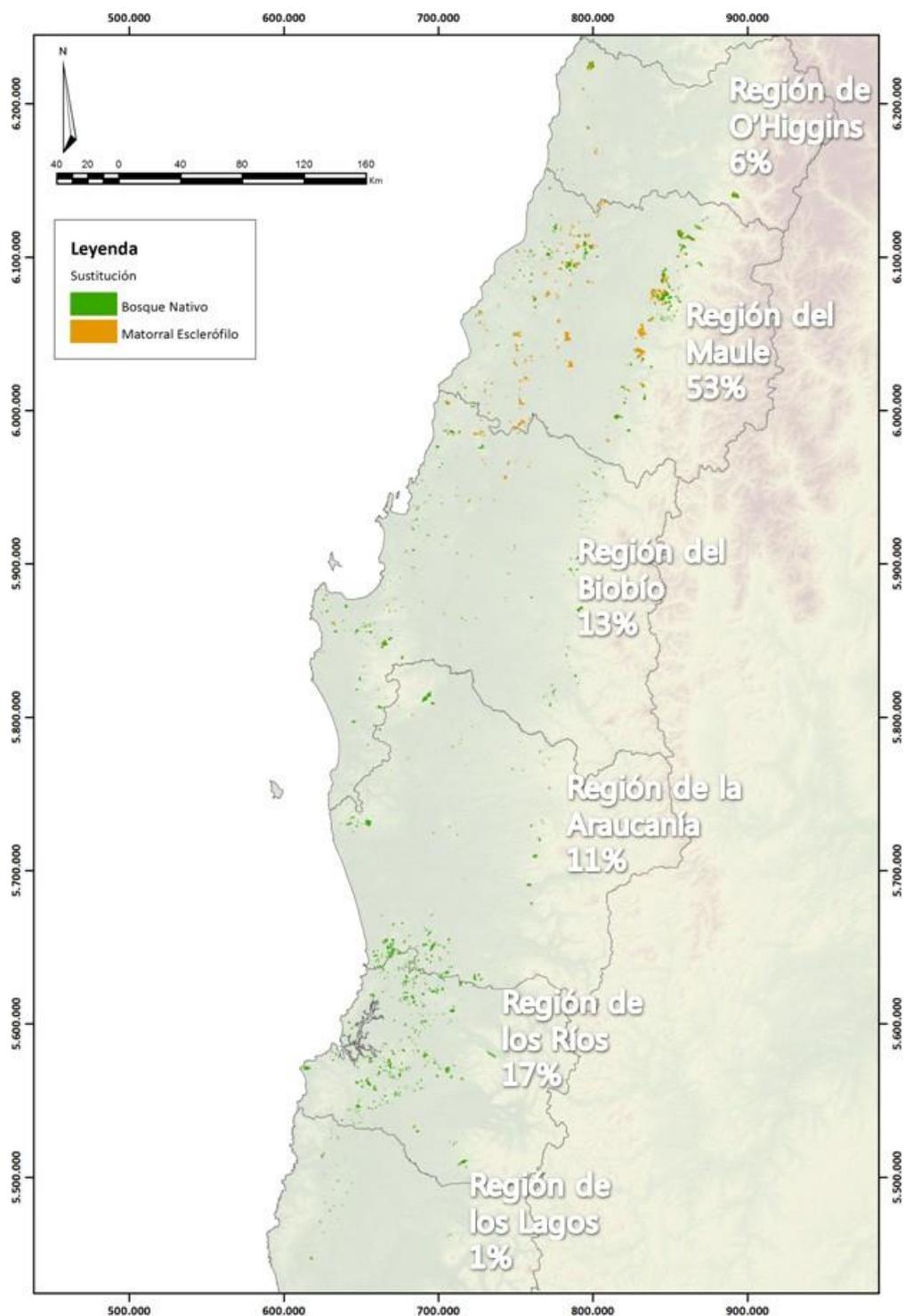


Figura 2. Disposición espacial de los predios sustituidos por tipo y porcentaje de la sustitución por regiones.

La distribución del tipo de uso (especies plantadas) por región (Figura 3), permite observar un incremento gradual en la proporción de eucalipto hacia el sur. En la Región de los ríos el porcentaje de eucalipto (*E. globulus* y *E. nitens*) alcanza al 47% de la superficie sustituida, mientras que en la Regiones de O'Higgins y del Maule este porcentaje alcanza sólo al 0,6%.

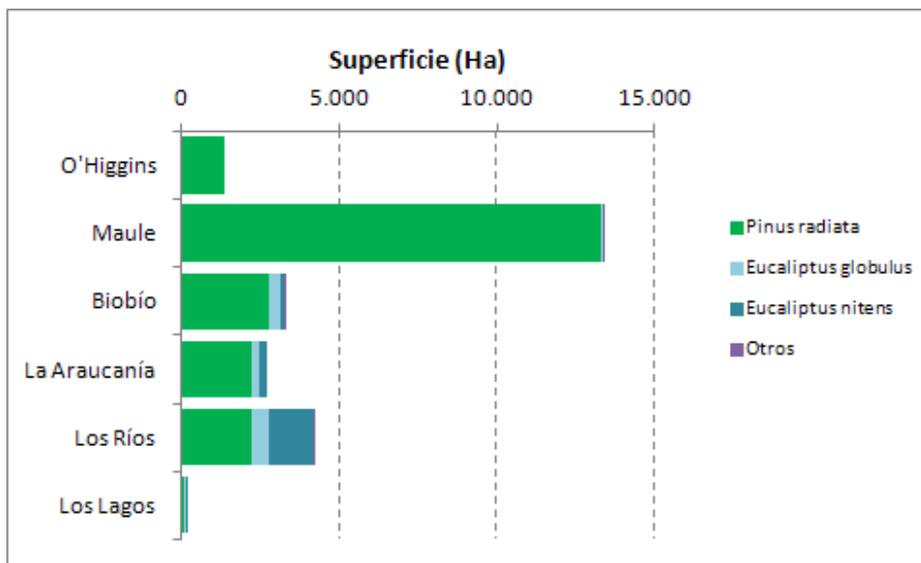


Figura 3. Distribución de especies plantadas por Región en superficie sustituida.

De acuerdo al cruce de información con el Catastro del Bosque Nativo, el bosque sustituido corresponde principalmente a matorral esclerófilo arborescente semidenso y abierto en la Regiones de O'Higgins y del Maule (Figura 4a). En la Región del Maule y Biobío resultan relevantes también los renovales semidensos y abiertos, mientras en La Araucanía y Los Ríos comienza a destacar la incidencia de bosque nativo adulto, el cual representa el 31% y 18% de la sustitución Regional, respectivamente. De acuerdo a esta misma fuente de información, el análisis de los tipos forestales presentes por Región (Figura 4b) revela que, además del matorral esclerófilo, los tipos forestales de bosque nativo sustituido predominantes corresponden a Roble- Raulí-Coihue (21%), Siempreverde (9%), Esclerófilo (6%), Roble-Hualo (5%) y Coihue-Raulí-Tepa (1%). El resto de los tipos forestales identificados por el catastro del bosque nativo representan menos del 1% del total sustituido.

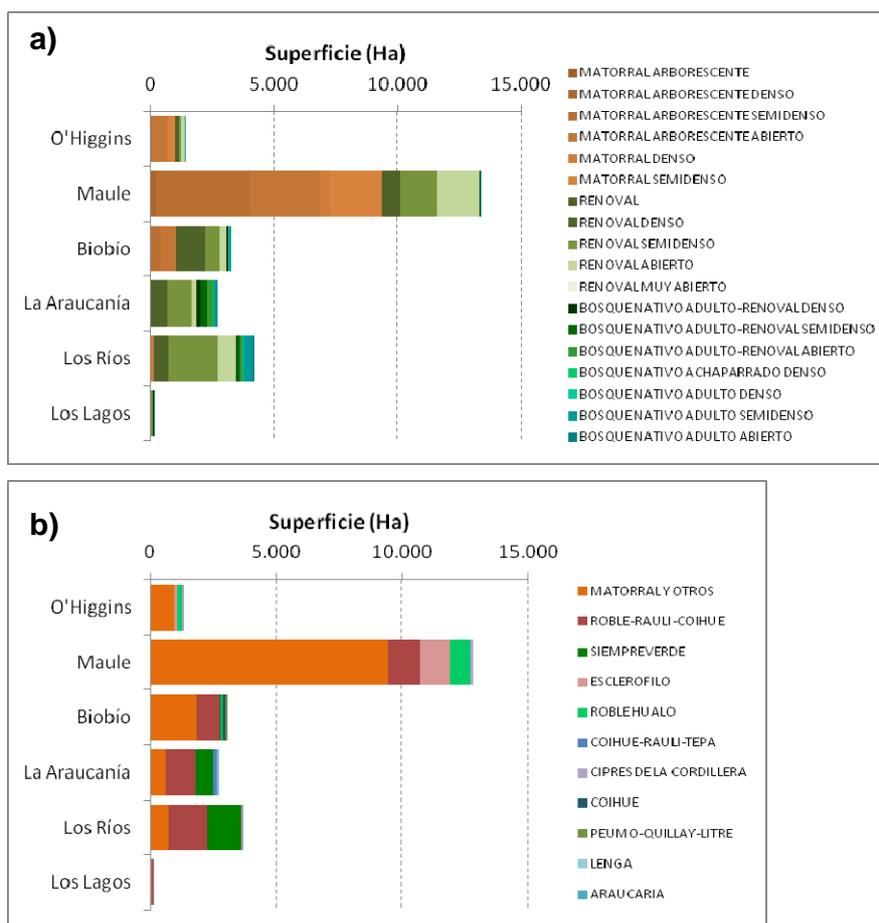


Figura 4. Distribución de tipos de bosque sustituidos (a) y tipos forestales sustituidos (b) de acuerdo al catastro de bosque nativo.

El catastro de bosque nativo también entrega las alturas del dosel del bosque nativo presente previo a la sustitución y a la altitud geográfica de la zona sustituida. El análisis de esta información permite observar que entre la Región de O'Higgins y Maule, predominan las sustituciones de bosques y matorrales de alturas menores a 4 metros (89% y 92%, respectivamente), en tanto que en la Región de La Araucanía y Los Ríos se hacen importantes las sustituciones de bosques con alturas superiores a 8 metros (53%, en ambos casos; Figura 5a). En la Región del Biobío la sustitución de bosques mayores a 8 metros representa el 25% de lo sustituido, mientras que en la Región de Los Lagos, la sustitución se realizó principalmente en bosques de alturas menores a 2 metros (53%). En términos altitudinales (Figura 5b), existe un predominio general de sustituciones realizadas en alturas menores a los 400 m sobre el nivel del mar (54%), destacando en la Región del Maule y de la Araucanía, sustituciones en áreas ubicadas en alturas superiores a los 400 m (56% y 57%, respectivamente).

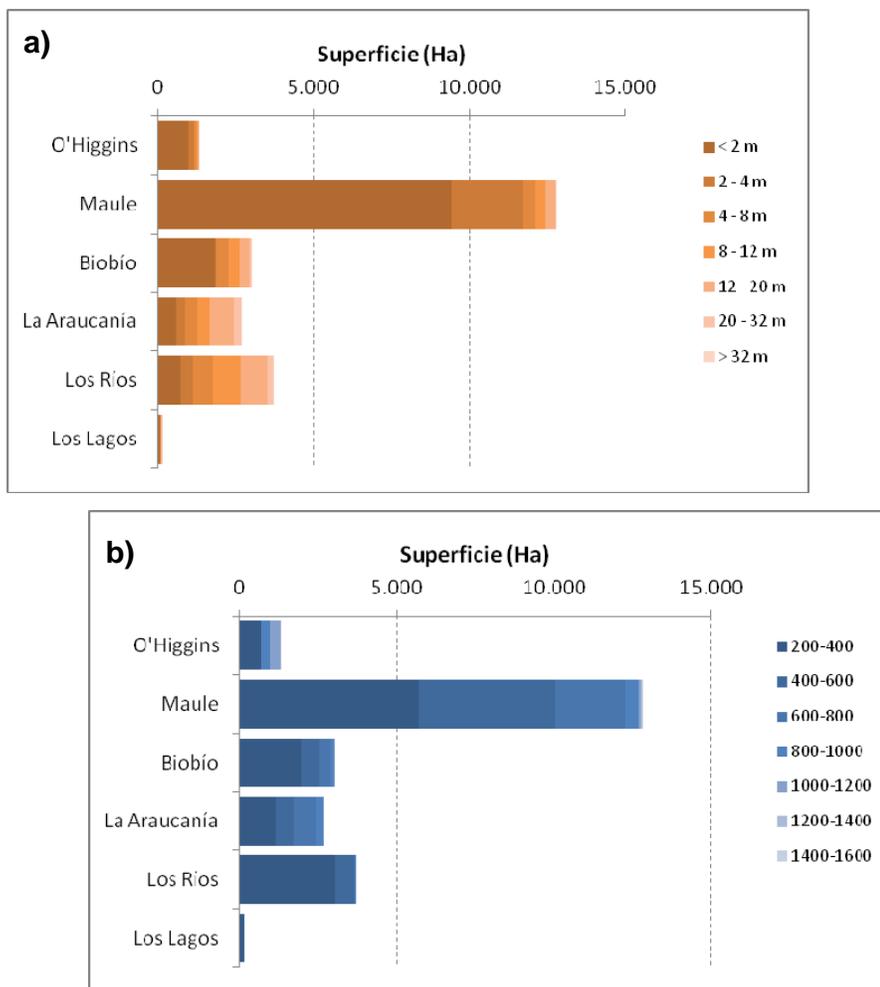


Figura 5. Distribución de clases de altura del dosel (m) (a) y altitud geográfica (m.s.n.m.) (b) de sitios sustituidos de acuerdo al catastro de bosque nativo.

La clasificación de las superficies sustituidas en términos de formaciones y pisos vegetales de Lübert & Pliscoff (2006) señala una importante presencia de sustituciones de Bosque caducifolio a lo largo de todas las regiones y de formaciones de Bosques esclerófilo y espinoso entre las Regiones de O'Higgins y Biobío (Figura 6a), siendo relevantes además en la Región de Los Ríos las sustituciones de Bosque Laurifolio. De acuerdo a esta clasificación, el Bosque Siempreverde sustituido está presente sólo en la Región de Los Lagos, distinto de la información presentada en el Catastro de Bosque Nativo (Figuras 6a y 4b). El análisis de los pisos vegetales sustituidos (Figura 6b) indica una alta predominancia de pisos con presencia del género *Nothofagus*, siendo importantes *N. obliqua*, *N. glauca*, *N. dombeyi* y *N. alpina*. La mayor predominancia de pisos vegetales sustituidos de *Nothofagus* sp. ocurre en las Regiones de la Araucanía y Los Ríos, en tanto en la Región del Maule y Biobío son relevantes también los pisos vegetales dominados por *Lithrea caustica*. Destacan además en la Regiones del Maule y O'Higgins sustituciones de pisos dominados

por *Acacia caven* y *Lithrea caustica* (Región del Maule) y *Acacia caven* y *Maytenus boaria* (Región de O'Higgins).

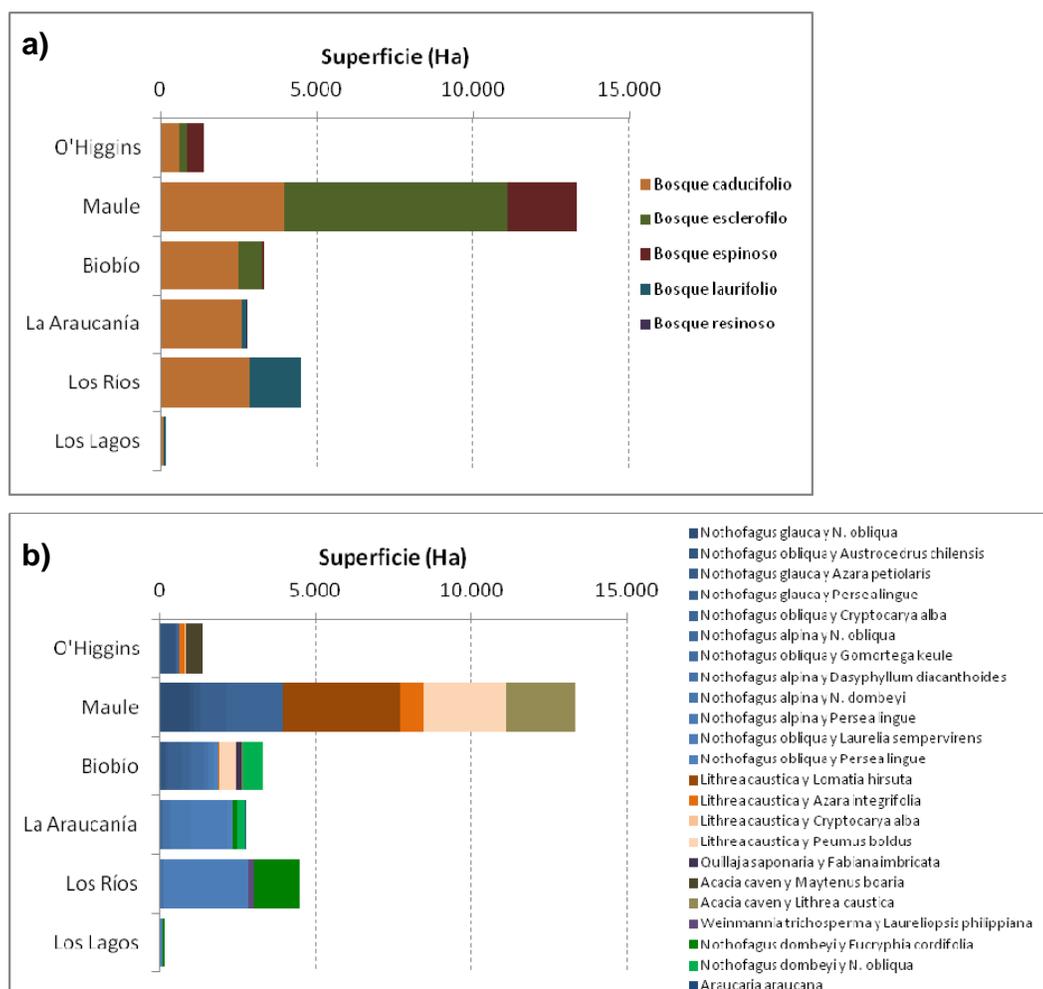
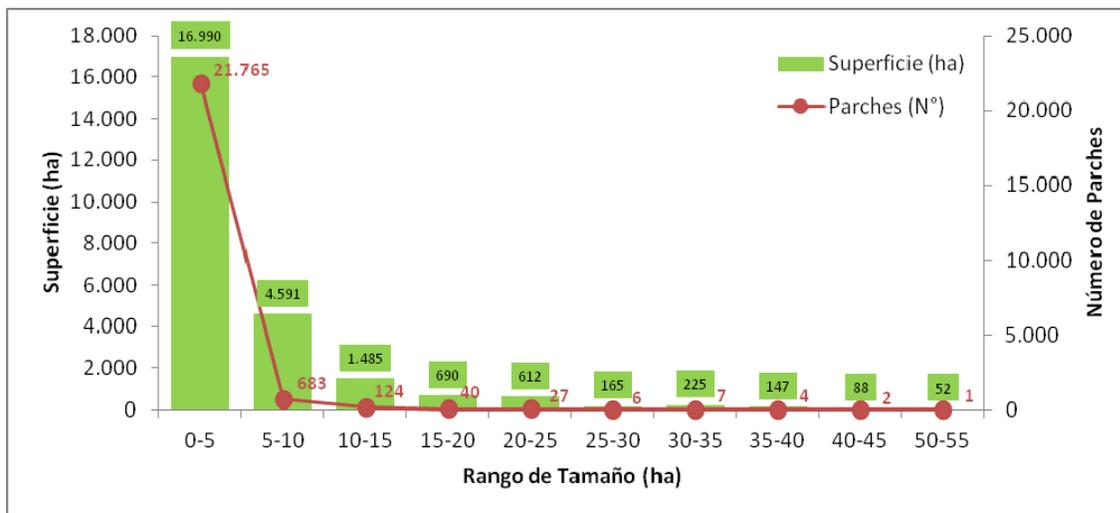


Figura 6. Distribución de tipos de bosque sustituidos (a) y tipos forestales sustituidos (b) de acuerdo al catastro de bosque nativo.

El análisis del tamaño de los parches sustituidos revela que el 96% de los parches presenta un tamaño menor a 5 ha y que los parches de mayor tamaño corresponden a sitios con de 50 a 55 ha (Figura 7). Como parte del análisis de esta información, y en atención a la cercanía que existe entre muchos de estos parches sustituidos, se consideró necesario agrupar los parches próximos o adyacentes a una distancia menor o igual a 25 m (Donoso 2012a y 2012b), conformando conglomerados de parches (sitios a restaurar) de mayores dimensiones que las iniciales. Esta unión de parches cercanos permitirá mejorar el impacto que tendrá la restauración a nivel paisajístico, en relación a revertir la pérdida de conectividad o la fragmentación a través de la restauración de sitios de dimensiones mayores.

Figura 7. Análisis de frecuencia de tamaños de parches sustituidos en términos de número de parches y superficie total por rango.



El resultado de la unión de los parches para la formación de conglomerados de mayor tamaño, muestra efectos notables en cuanto a la distribución de tamaños de los nuevos sectores a restaurar, generándose sitios de dimensiones significativamente mayores, tales como 13 sitios de 200 a 500 ha, cuya restauración implica un total de 4.040 ha de bosque nativo; o 3 sitios mayores a 500 ha, cuya restauración implica un total de 2.326 ha de bosque nativo (Figura 8).

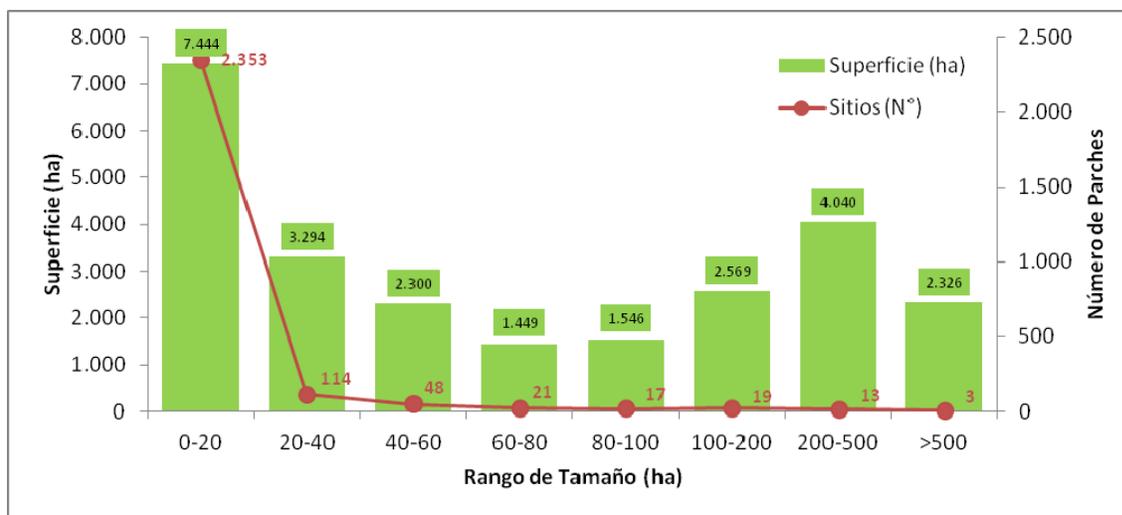


Figura 8. Análisis de frecuencia de tamaños de sitios a restaurar en términos de número de sitios y superficie total por rango.

Esta agrupación de parches genera un total de 2.588 sitios, los que representan la base para el análisis y priorización de las superficies sustituidas a restaurar.

