

PLAN DE REPARACIÓN AMBIENTAL

“De los Efectos Causados por Incendios Forestales que Afectaron a las Comunas de Marchigüe y Paredones”

Elaborado para



Elaborado por
DAES Consultores

Índice de Contenidos

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | IDENTIFICACIÓN DEL PROPONENTE | 1 |
| 1.1 | Antecedentes que Acreditan Personería del Representante | 1 |
| 2 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 3 | OBJETIVO Y MARCO CONCEPTUAL DEL PLAN..... | 4 |
| 3.1 | Objetivos Específicos | 5 |
| 3.2 | Marco conceptual del Plan | 5 |
| 3.2.1 | Límites y variables de definición ecosistémica | 5 |
| 3.2.2 | Restauración ecosistémica | 7 |
| 3.2.3 | Servicios ecosistémicos | 9 |
| 3.2.4 | Aproximación conceptual sobre los procesos de degradación y restauración | 12 |
| 3.2.5 | Elementos claves para una buena práctica de la restauración ecológica | 14 |
| 3.2.6 | Impacto de los incendios forestales en Chile | 15 |
| 3.2.7 | Aplicaciones prácticas de restauración post incendios | 16 |
| 3.2.8 | Experiencia nacional en restauración ecológica | 17 |
| 4 | ETAPA DE DIAGNÓSTICO | 22 |
| 4.1 | Principales resultados del Diagnóstico..... | 23 |
| 4.1.1 | Generalidades | 23 |
| 4.1.2 | Comuna de Paredones..... | 24 |
| 4.1.3 | Comuna de Marchigüe | 24 |
| 4.2 | Descripción del Daño Ambiental Causado: Análisis del grado de afectación de los incendios | 25 |
| 4.3 | Superficies de territorio afectadas por incendios | 27 |
| 4.4 | Ecosistemas naturales afectados por incendios | 28 |
| 4.4.1 | Información bibliográfica..... | 28 |
| 4.4.2 | Levantamientos en terreno y procesamiento imágenes satelitales | 29 |
| 4.5 | Descripción de los Sitios en que se Implementarán las Medidas Propuestas y su Área de Influencia | 30 |
| 4.6 | Ecosistemas de referencia | 33 |
| 4.7 | Evaluación de factores críticos..... | 33 |
| 5 | ETAPA DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO..... | 35 |
| 5.1 | Servicios ecosistémicos por UT | 35 |
| 5.2 | Áreas afectas al PdR..... | 38 |
| 5.2.1 | Identificación de propietarios..... | 41 |
| 5.3 | Justificación medidas de restauración | 43 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.4 | Medidas y metas de restauración | 49 |
| 6 | ETAPA DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN | 51 |
| 6.1 | Descripción de las medidas propuestas..... | 51 |
| 6.1.1 | Medidas materiales | 51 |
| 6.1.2 | Potenciales efectos asociados a la implementación de Medidas de Reparación | 69 |
| 6.1.3 | Medidas inmateriales..... | 70 |
| 6.2 | Ecosistemas de referencia | 72 |
| 6.2.1 | Marchigüe..... | 73 |
| 6.2.2 | Paredones | 74 |
| 6.3 | Programa de trabajo..... | 76 |
| 7 | ETAPA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN..... | 82 |
| 7.1 | Medios de verificación Programa de trabajo | 82 |
| 7.1.1 | Descripción general del área a restaurar | 82 |
| 7.1.2 | Determinación de medidas preliminares | 82 |
| 7.1.3 | Identificación de propietarios..... | 83 |
| 7.1.4 | Reuniones y gestiones con propietarios | 83 |
| 7.1.5 | Planificación de ejecución de medidas | 83 |
| 7.1.6 | Ejecución del plan de restauración | 83 |
| 7.1.7 | Monitoreo y Evaluación | 84 |
| 7.1.8 | Diagnóstico de desviaciones y acciones correctivas | 84 |
| 7.2 | Monitoreo ambiental de medidas | 84 |
| 7.2.1 | Indicadores de éxito | 84 |
| 7.2.2 | Metodologías ecológicas de evaluación..... | 86 |
| 9 | FORMA DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE A LAS MEDIADAS..... | 88 |
| 9.1 | Normativa Ambiental Aplicable | 90 |
| 9.2 | Permisos o Pronunciamientos de Carácter Sectorial Aplicables | 91 |
| 10 | MEDIDAS DE CONTENCIÓN ADOPTADAS | 93 |
| 11 | MEDIDAS COMPLEMENTARIAS..... | 93 |
| 12 | LISTADO DE PARTICIPANTES | 95 |
| 13 | BIBLIOGRAFÍA..... | 96 |
| 14 | ANEXOS..... | 101 |
| 14.1 | ANEXO 1: ESTUDIO TÉCNICO DEL PLAN DE REPARACIÓN AMBIENTAL..... | 102 |
| 14.2 | ANEXO 2: INFORME DIAGNÓSTICO | 103 |
| 14.3 | ANEXO 3: KMZ PLAN DE REPARACIÓN | 104 |

| | |
|---|-----|
| 14.4 ANEXO 4: Propuesta Metodológica de Plan de Reparación Ambiental y Acta de Audiencia de Conciliación, de Causa Rol N° 33-2017, acumulada Rol D N° 34-2017, del Segundo Tribunal Ambiental de Santiago | 106 |
| 14.5 ANEXO 5: Antecedentes Legales de Compañía General de Electricidad S.A. y Representación Legal. | 107 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Identificación de servicios ecosistémicos afectados por incendios forestales 2016-2017 en comunas de Marchigüe y Paredones..... | 10 |
| Tabla 2: Cálculo de superficies siniestradas por incendios por comuna..... | 27 |
| Tabla 3: Superficies potenciales de ecosistemas (bosque y matorral) afectados por incendios forestales..... | 28 |
| Tabla 4: Superficies de ecosistemas (bosque y matorral) afectados por incendios forestales..... | 29 |
| Tabla 5: Principales características UT Diagnóstico..... | 30 |
| Tabla 6: Superficies por UT y de ecosistemas nativos..... | 31 |
| Tabla 7: Evaluación de factores críticos (amenazas) a los ecosistemas nativos..... | 34 |
| Tabla 8: Resumen de resultados superficies de ecosistemas (formaciones vegetacionales), Sitios de Reparación Temprana (SRT), Sitios Prioritarios (SP) para la conservación y Servicios Ecosistémicos (SE) por Unidad Territorial (UT), y puntuación para selección de áreas a restaurar..... | 37 |
| Tabla 9: Detalle de cálculo de superficies afectas al PdR..... | 38 |
| Tabla 10: Resumen de número de roles por áreas a restaurar y comuna..... | 41 |
| Tabla 11: Evaluación de factores críticos (amenazas) y sus implicancias en medidas propuestas..... | 43 |
| Tabla 12: Medidas del PdR asociada a servicios ecosistémicos..... | 44 |
| Tabla 13: Medidas de restauración por UT..... | 50 |
| Tabla 14: Listado de viveros identificados Marchigüe y Paredones..... | 58 |
| Tabla 15: Superficies estimadas a considerar por etapas del Plan..... | 76 |
| Tabla 16: Programa de trabajo restauración ecológica..... | 80 |
| Tabla 17: Resumen de indicadores de éxito..... | 84 |
| Tabla 18 Listado de Participantes en elaboración Estudio Técnico Ambiental..... | 95 |
| Tabla 19 Listado de Participantes en elaboración Plan de Reparación Ambiental..... | 95 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Ciclo de gestión adaptativa | 4 |
| Figura 2: Variables relevantes para la delimitación de ecosistemas de acuerdo con la escala de análisis..... | 7 |
| Figura 3: Resumen esquemático de efecto de incendios sobre servicios ecosistémicos. | 12 |
| Figura 4: Modelo conceptual simplificado de la degradación y la restauración de un ecosistema. . | 12 |
| Figura 5: Sucesión vegetacional tras intervención por incendios o corta y tras acciones de restauración o resiliencia propias del sistema en la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo de Chile Central. | 20 |
| Figura 6: Disposición de las UT en el territorio sobre la base de información recabada en Fase Diagnóstica..... | 32 |
| Figura 7: Áreas afectas PdR comuna de Marchigüe. | 39 |
| Figura 8: Áreas a restaurar PdR comuna de Paredones..... | 39 |
| Figura 9: Roles de áreas afectas PdR comuna de Marchigüe. | 42 |
| Figura 10: Roles de áreas afectas PdR comuna de Paredones..... | 42 |
| Figura 11: Principales componentes de la restauración para medidas materiales. | 51 |
| Figura 12: Especies vegetacionales sugeridas para sucesiones ecológicas área de estudio. | 55 |
| Figura 13: Posadero para aves..... | 62 |
| Figura 14: Diseño casas anideras..... | 63 |
| Figura 15: Protectores para casas anideras | 64 |
| Figura 16: Diseño franja de infiltración..... | 66 |
| Figura 17: Diseño de los diques de poste de madera..... | 67 |
| Figura 18: Diques de retención de suelo y agua..... | 68 |
| Figura 19: Diseño fajinas con ramas..... | 69 |
| Figura 20: Fajinas con ramas..... | 69 |
| Figura 21: Diagrama de flujo general Plan de Restauración | 81 |

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROPONENTE

| | |
|----------------------|---|
| Proponente: | Compañía General de Electricidad S.A. |
| R.U.T.: | 76.411.321-7 |
| Dirección: | Avenida Presidente Riesco N°5561, piso 17, comuna de Las Condes |
| Teléfono: | 226807130 |
| Representante Legal: | Iván Quezada Escobar |
| R.U.T.: | 10.051.615-2 |
| Dirección: | Avenida Presidente Riesco N°5561, piso 17, comuna de Las Condes |
| Teléfono: | 226807130 |
| Correo Electrónico: | iquezadae@cge.cl |

1.1 Antecedentes que Acreditan Personería del Representante

Los antecedentes que acreditan la personería del representante legal del proponente se adjuntan en Anexo 5 del presente Plan de Reparación.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Plan de Reparación Ambiental (PdR o el Plan) que contiene las medidas de reparación a aplicar, así como su plan de seguimiento y monitoreo, para hacer frente a los efectos causados por los incendios forestales que afectaron las comunas de Marchigüe y Paredones durante el verano 2016 – 2017.

Al respecto, en el mes de marzo de 2020, el Segundo Tribunal Ambiental aprobó los términos de la conciliación presentada por las partes, las ilustres municipalidades de Marchigüe y de Paredones, con CGE Distribución S.A. en la Causa ROL D N° 33-2017, acumulada ROL D N° 34-2017, relativa a los efectos causados por los incendios forestales que afectaron terrenos de bosque y vegetación nativa en las comunas de Marchigüe y Paredones, en el verano de 2016 – 2017. En virtud de lo anterior, a requerimiento del Tribunal Ambiental, se somete el presente PdR a la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) para su aprobación, Plan que ha sido elaborado conforme las bases aprobadas por el Segundo Tribunal Ambiental, contenidas en la Propuesta Metodológica de Plan de Reparación Ambiental titulada “*De los Efectos Causados por Incendios Forestales que Afectaron a las Comunas de Marchigüe y Paredones*”, acordado entre las Ilustres Municipalidades de Marchigüe, y de Paredones, con CGE Distribución S.A., y que se adjunta en Anexo 4.

En efecto, la propuesta metodológica aprobada por el Segundo Tribunal Ambiental, en su apartado “IV.3 Etapa de Aprobación”, indica que:

“Una vez realizado el diagnóstico y elaborado el diseño y planificación del PdR, se solicitará la aprobación tanto de las mediadas materiales de reparación que se proponen para lograr la reparación, como del monitoreo y seguimiento, así como de las medidas inmateriales, a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), de conformidad con lo establecido en el artículo 43 de la Ley N° 20.417, y en el Procedimiento de Aprobación del Plan de Reparación, contenido en los artículos 20 y siguientes del Decreto Supremo N° 30 de 2012, del Ministerio

del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento sobre Programas de Cumplimiento, Autodenuncia y Planes de Reparación”.

De acuerdo con la Propuesta Metodológica aprobada, el Plan tiene por objeto **“lograr la restauración a mediano y largo plazo, del ecosistema degradado por la acción del fuego, en relación con su salud, integridad y sustentabilidad. La restauración pretende recuperar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas siniestrados, así como también su resiliencia al fuego”.**

El PdR busca establecer medidas de reparación ambiental sobre la vegetación y la fauna siniestrada mediante una visión ecosistémica, enfocando esfuerzos en áreas siniestradas por los incendios, en sitios prioritarios para la conservación a nivel regional y en formaciones vegetacionales nativas, considerando para dicho fin, al matorral y al bosque esclerófilo.

Cabe indicar que el presente documento emplea el término **“reparación”**, debido a que este concepto es el que se encuentra mencionado en la Ley 19.300, en su Art. 2, letra s: “Reparación: la acción de reponer el medio ambiente o uno o más de sus componentes a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas”. En específico, para el desarrollo del presente PdR se ha empleado una aproximación con base en la **“restauración ecológica”**, en el entendido que la restauración es una actividad intencional que busca iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema nativo (Fernández y col., 2010). De esta forma, se emplea indistintamente a lo largo del documento ambos términos, el de “reparación” y “restauración”, dado que una está contenida en la legislación bajo la cual se enmarca el presente Plan, mientras que la otra, corresponde al término académico bajo el cual se desarrollan las aproximaciones metodológicas que han sido empleadas para definir el presente PdR.

La aproximación metodológica contenida en el presente Plan toma como referencia los lineamientos del Comité Nacional de Restauración Ecológica (“SER” en sus singlas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Para el diagnóstico de los ecosistemas se utilizó la clasificación CICE (2018) sobre servicios ecosistémicos, definiendo previamente la variable que delimita a los ecosistemas, para luego sectorizarlos en Unidades Territoriales de acuerdo con el uso del territorio actual, distribución del recurso hídrico e influencia del clima y configuración de la vegetación en cuanto a la riqueza de las especies de la flora y composición de bosque y matorral nativo. En este punto, es importante mencionar que la fauna se consideró como una variable respuesta respecto del conjunto de condiciones de hábitat a la que se encuentra sometida, bajo el entendimiento ecológico que un aumento en la extensión de las formaciones nativas, así como la mejora en la calidad de éste (p.e. incremento en cobertura vegetacional, mayor riqueza de especies vegetales y colocación de infraestructura para aves de control de plagas), generarán condiciones propicias para el establecimiento y desarrollo de poblaciones nativas de fauna, brindando una sustentabilidad necesaria para que las medidas se prolonguen en el largo plazo. Para el presente Plan se ha considerado que la introducción asistida de especies animales presenta limitaciones asociadas con la competencia interespecífica entre las especies residentes y las introducidas, así como un necesario manejo de ejemplares de especies de poblaciones nativas de origen, cuya sustracción podría generar desequilibrios ecológicos en dichos sistemas.

En cuanto al contenido y desarrollo del Plan, se ha planteado con las siguientes etapas, de conformidad como se previó en el documento aprobado por el Tribunal Ambiental:

- a) Etapa de Preparación Previa:
 - Fase Diagnóstico/Caracterización y Levantamiento de Información.

- b) Planificación y Diseño.
- c) Aprobación del Plan de Reparación.
- d) Desarrollo e Implementación:
 - Medidas materiales.
 - Medidas inmateriales.
- e) Monitoreo y Evaluación.

De conformidad con lo aprobado en el Tribunal Ambiental, la “Etapa de Preparación Previa: Fase de Diagnóstico/ Caracterización y Levantamiento de Información”, corresponde principalmente a la realización del Diagnóstico, y que considera la descripción del daño ambiental causado por los incendios, puesto que, según se consigna en el documento aprobado, los efectos de los incendios fueron heterogéneos aún en la escala regional y dentro de una misma zona. El diagnóstico implica la recopilación detallada de antecedentes a través de la prospección de la totalidad de las áreas a reparar, de manera de conocer el estado de los ecosistemas en donde se proyecta ejecutar la restauración, y así poder definir con precisión los distintos tipos de afectación originadas por el fuego, delimitando espacialmente los grados de afectación según formaciones¹.

Con la ejecución de la Fase Diagnostica, a través de la “*recolección de antecedentes, visitas y trabajo en terreno, todo ello con el objetivo de recabar y sistematizar la información relevante y necesaria para el ofrecimiento de un PdR adecuado, que logre finalmente el restablecimiento de las condiciones básicas para la recuperación del ecosistema*”², se pudo determinar el nivel de afectación causado por los incendios, y con ello definir las medidas sitio – específicas que permitan la regeneración del ecosistema, y de esa forma, “*proponer los territorios a intervenir mediante distintas modalidades y estrategias de recuperación de la biota y factores físicos (e.g. restauración ecológica, rehabilitación o reconstrucción)*”³.

Así, con la ejecución de la etapa 1, Etapa de Preparación Previa, se ha levantado información sobre la condición ambiental-territorial de los ecosistemas naturales afectados, ejecutándose campañas de terreno para la evaluación o diagnóstico de éstos en primavera 2020-verano 2021, la cual es considerada como la época de mayor diversidad biológica en ecosistemas mediterráneos. Mediante el procesamiento de la información levantada, se ha definido la disposición de los ecosistemas, su condición actual respecto de los usos antrópicos del territorio, incendios y procesos de regeneración natural, con lo cual se ha definido la superficie a incluir en el presente Plan, que busca el restablecimiento de las condiciones básicas para la recuperación de los ecosistemas degradados por los incendios forestales del 2016 - 2017.

En el Anexo 2 se adjunta el documento completo del Diagnóstico, el que incluye los resultados de los trabajos tanto de gabinete como en terreno realizados durante la temporada primavera 2020-verano 2021 y se adjuntan aparte, en formato. kmz para mejor visualización, las referencias territoriales en Anexo 3. Igualmente, no obstante, en el presente documento, en el Capítulo 4, se hace referencia a los principales aspectos de la fase de Diagnóstico o “Etapa de Preparación Previa”, con el fin de otorgar coherencia en el relato del presente PdR.

¹ Así se consignó en la Propuesta de Bases Metodológicas aprobadas por el Tribunal Ambiental.

² Idem nota 1.

³ Idem nota 1.

En lo que respecta a la Etapa 2 del PdR, **Planificación y Diseño**, según la información levantada en la Fase de Diagnóstico y resultados de dicha evaluación, se han diseñado las medidas de restauración ecológica. Conforme a lo acordado en la propuesta de PdR, estas medidas toman en cuenta que el proceso de reparación o restauración de los ecosistemas se debe realizar bajo un enfoque de gestión adaptativa; esto es, que conforme se apliquen las medidas propuestas, se deberá considerar el resultado sitio específico de su aplicación, tal que cumplan con el propósito de recuperar los ecosistemas degradados. De esta forma, producto de su implementación, será posible identificar mejoras que permitan ser incluidas en las medidas próximas a implementar, en el entendido que se deberán implementar las medidas en el territorio de manera programada.

El presente Plan busca fortalecer, promover y adelantar la auto-regeneración del bosque y matorral nativo; esto es, aplicar medidas sitio específicas que fortalezcan sus capacidades naturales de volver a su estadio anterior al daño producido por el fuego. El desarrollo específico se aborda en los Capítulos 4 y 5 del presente documento.

La Etapa 3, “Aprobación del Plan de Reparación”, corresponde a la aprobación del presente documento por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente.

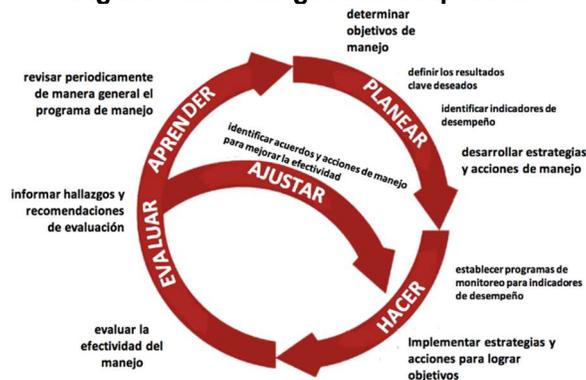
Finalmente, las etapas 4 “Desarrollo e Implementación”, y 5 “Monitoreo y Evaluación”, se encuentran descritas y detalladas metodológicamente en los Capítulos 5 y 6 del presente documento, respectivamente, y serán implementadas, una vez aprobado el presente Plan por la SMA.

3 OBJETIVO Y MARCO CONCEPTUAL DEL PLAN

El presente Plan de Reparación Ambiental (PdR) tiene por objeto definir las medidas y actividades para lograr la restauración a mediano y largo plazo, del ecosistema degradado por la acción del fuego, en relación con su salud, integridad y sustentabilidad. La restauración pretende recuperar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas siniestrados, así como también su resiliencia al fuego.

Cabe indicar que el PdR ha sido diseñado bajo un enfoque de gestión adaptativa; esto es, una aproximación sistemática para la mejora de la gestión de los recursos a través del aprendizaje de los productos de la gestión misma del Plan.

Figura 1 Ciclo de gestión adaptativa



El ciclo de gestión o manejo adaptativo es un proceso continuo y estructurado que proporciona una base para una toma de decisiones sólida frente a la incertidumbre mediante el uso de retroalimentación de monitoreo y aprendizaje. El manejo adaptativo proporciona un método para:

- Tomar decisiones más informadas sobre qué acciones son las mejores para un proyecto de conservación
- Medir y probar la efectividad de las estrategias utilizadas.
- Aprendizaje y adaptación para mejorar estrategia

Con lo anterior, el presente PdR busca reestablecer propiedades o servicios de los ecosistemas afectados por los incendios forestales (verano 2016-2017) en una superficie de **9.146 hectáreas**, conforme lo indica la Propuesta Metodológica acordada en el Tribunal Ambiental.

3.1 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos se definen en función de las etapas del PdR, las que comprenden:

- a) Diseño y Planificación del Plan de Reparación Ambiental: su objetivo específico es diseñar y programar la aplicación de las medidas, distribuyendo de manera priorizada los recursos técnicos para su implementación;
- b) Aprobación del Plan de Reparación Ambiental: corresponde a la etapa donde la autoridad (SMA) aprueba el Plan propuesto.
- c) Implementación del Plan de Reparación Ambiental: etapa que contempla la ejecución del plan mediante medidas de restauración ecológica.
- d) Reparación temprana en los sitios de reparación temprana: se contempla la implementación de medidas en sitios definidos como prioritarios. El Plan se estructura territorial y cronológicamente para hacer efectiva dicha consideración.
- e) Monitoreo del Plan de Reparación Ambiental: el Plan contará con acciones de monitoreo y evaluación de las medidas, anticipándose a posibles desviaciones respecto de lo proyectado.

3.2 Marco conceptual del Plan

3.2.1 Límites y variables de definición ecosistémica

De conformidad como se indica en el Estudio Técnico, que se acompaña en Anexo 1, el concepto “ecosistema” fue definido formalmente en primera ocasión por Tansley el año 1935, como “un

sistema -en el sentido físico- reconocible y contenido en sí mismo, que incluye no solo el complejo de organismos, sino también, el complejo de factores físicos que forman lo que se conoce como el entorno del bioma, los factores del hábitat en el sentido más amplio". La definición dada por Tansley pone énfasis en dos aspectos clave que se deben considerar para la delimitación de ecosistemas: (i) destaca la complejidad de las relaciones funcionales entre los componentes biológicos de la naturaleza, y, además (ii) hace énfasis en la relevancia de incorporar los factores físicos, determinantes en la estructura de un ecosistema tal como ocurre, por ejemplo, con las variaciones en la estructura de la vegetación en función de la altitud (Zoltan von Bernarh y col., 2018).

Esta definición no establece criterios para la delimitación espacial de los mismos, sino que los trata como unidades adimensionales, cuya delimitación depende del objetivo de estudio (Tansley, 1935; Jorgensen, 1992; Marín, 1997). Un observador no puede distinguir límites de un ecosistema al observar la naturaleza, pues estos no existen en ella ya que es de carácter continuo. Es quien realiza una indagación o investigación el que define ciertos límites en el espacio geográfico y en el tiempo, generando entonces una abstracción de la naturaleza que denominamos ecosistema y que nos permiten responder preguntas o hacer observaciones sobre una cierta porción de la naturaleza.

Por otro lado, la restauración ecológica aúna una serie de acciones, que, en su conjunto, buscan restituir propiedades funcionales y estructurales de los ecosistemas naturales afectados. En este sentido, es posible indicar que las acciones o medidas contenidas en un plan de restauración ecológica se pueden dirigir sobre la pérdida o detrimento de servicios ecosistémicos que han sido afectados, considerando metas asociadas a las brechas que se establecen entre la afectación detectada y la condición deseada.

Considerando las conceptualizaciones antes señaladas, es posible indicar que la restauración mediante una visión ecosistémica requiere primeramente definir el objeto de estudio (ecosistemas) en función de una pregunta dada. Para fines del presente Plan, la pregunta fundamental se relaciona con: ¿Cuál es el estado de los ecosistemas afectados por los incendios 2016-2017 en las comunas de Marchigüe y Paredones? Para efectos del presente Plan, esta pregunta se responde a través de la ejecución del Diagnóstico, elaborado como resultado de la Etapa 1, de Preparación Previa, y cuyos resultados se exponen en el Anexo 2 del presente documento. A continuación, la pregunta corresponde a: ¿Cuáles son las acciones o medidas necesarias para restaurar las propiedades o servicios ecosistémicos afectados por tales incendios?, pregunta que se responde y desarrolla en el presente documento, y corresponde a la etapa: Etapa de Planificación y Diseño.

Conforme lo anterior, corresponde determinar la variable o atributo ecosistémico que permite definir unidades homogéneas, cuyo flujo de energía y materiales conforman una entidad distinguible que se relacione con la pregunta planteada. Para fines del presente Plan, se reconoce que los eventos de incendios afectan a los ecosistemas naturales a través de diferentes dimensiones (principalmente vegetación, suelo y recurso hídrico, por ejemplo), pero es la vegetación (conjunto de individuos de poblaciones vegetacionales que interactúan) la que se ve directamente afectada en su estructura y diversidad, por lo cual es posible evaluar el grado de afectación de ésta y como va cambiando en el tiempo. Es posible indicar que, ante eventos de incendios, las especies que conforman la vegetación terrestre enfrentan el proceso de la quema de sus partes foliares, reproductivas, troncos y ramas, que pueden ser afectadas de diferente forma, dependiendo del grado de afectación del fuego y, además, tienen la capacidad de regenerarse desde estructuras vegetativas no afectadas por el fuego, como troncos y partes subterráneas. Esta pérdida de materiales y energía repercute directamente en los otros componentes de los ecosistemas, afectando los hábitats para la fauna nativa, modificando patrones locales en la condición climática, alterando los procesos del suelo y sus

ciclos y los flujos del agua. En este punto, cabe mencionar que los elementos de la fauna nativa en el presente Plan son tratados como variables respuestas de la condición ecosistémica.

En complemento a lo anterior, las variables de estudio a nivel ecosistémico dependen de la escala de estudio. Por ejemplo, para estudios a nivel regional, los diferentes ecosistemas pueden definirse a través de cambios en la geomorfología, mientras que a nivel local o de cuencas, se recomienda, entre otros, las comunidades de especies biológicas. Por lo cual, delimitar unidades de ecosistemas en función de la vegetación puede ser considerado como adecuado dado el nivel espacial del presente Plan (local a nivel de cuencas) (ver Figura 1, extraída de Zoltan von Bernarth y col., 2018).

Figura 2: Variables relevantes para la delimitación de ecosistemas de acuerdo con la escala de análisis.



Fuente: Zoltan von Bernarth y col, 2018 en base a Klijn & de Hes (1994).

Una vez definida la variable para delimitación de ecosistemas, es posible levantar información más precisa y focalizada sobre la presencia, naturaleza y extensión de los ecosistemas naturales afectados por los incendios forestales 2016-2017, procediendo a su análisis e integración a través de herramientas de análisis territorial, como un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Aunando esta información, se definieron sectores o Unidades Territoriales (“UT”), que corresponden a agrupaciones territoriales que brindan uno o más servicios ecosistémicos en función de la disposición de los ecosistemas, que a su vez se interrelacionan con diferentes grados de afectación, uso del territorio, usos del agua, etc. Este enfoque permite evaluar los servicios ecosistémicos por cada unidad territorial que se vieron afectados por los incendios de interés, así como evaluar brechas entre dichos eventos y las metas de restauración, definiendo entonces medidas específicas por cada UT o porción de UT identificada como mayormente afectada en cuanto al detrimento de sus servicios ecosistémicos.

3.2.2 Restauración ecosistémica

Los ecosistemas naturales poseen, además de un valor intrínseco asociado a la biodiversidad e importancia estética, la capacidad de establecer flujos que proveen servicios ecosistémicos a la sociedad. Estos servicios incluyen: suministro de agua y aire limpios, suelos sanos, artefactos culturalmente importantes, comida, y materias tales como fibra, combustible y medicamentos esenciales para la salud humana, su bienestar y modos de vida (SER, 2019).

La degradación de los ecosistemas, el daño y destrucción de la biodiversidad han repercutido directamente en la funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas naturales. En este sentido, se torna necesario no sólo proteger la funcionalidad de los ecosistemas nativos, sino que además promover acciones de “reparación” o “restauración” ecológica que permita reestablecer propiedades funcionales de los ecosistemas para la generación de los servicios ecosistémicos perdidos.

En este contexto, la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER, *Society for Ecological Restoration*), que corresponde a una red mundial de especialistas y profesionales involucrados en la restauración de ecosistemas, ha aunado esfuerzos para la promoción y ejecución de acciones de restauración ecológica. La SER define la restauración ecológica como “el proceso en el cual se ayuda a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. La restauración ecológica tiene por objetivo moverse de un ecosistema degradado a una trayectoria de recuperación que permita la adaptación a los cambios locales y globales, así como hacia la persistencia y evolución de las especies asociadas. En este sentido, se incluye cualquier actividad que tenga por objeto una recuperación sustancial del ecosistema relativo a un modelo de referencia apropiado, independientemente del tiempo requerido para lograr la recuperación. Dada la lenta tasa de recuperación ecosistémica, los proyectos de restauración ecológica activos a nivel mundial están lejos de alcanzar los niveles de biodiversidad originales, así como el funcionamiento de los ecosistemas y la prestación de servicios ecosistémicos” (SER, 2019).

En consideración de la definición antes planteada, es relevante comprender que los procesos ecosistémicos tardan mucho tiempo en reestablecerse, y lo que se busca con la restauración es catalizar situaciones o acciones que favorezcan el establecimiento natural de los flujos ecosistémicos luego de algún o algunos eventos de daño.

Consecuentemente, las acciones de restauración buscan generar un ecosistema más resiliente; es decir, que sea capaz de mantener su estructura, composición de especies y procesos ecológicos frente a variaciones ambientales, y que, a la vez, se integre dentro de un paisaje más amplio, adaptándose a condiciones climáticas cambiantes (MMA, 2018).

Un programa de restauración ecológica debe incluir uno o más objetivos asociados con un ecosistema de referencia. En este contexto, la restauración se logra cuando, después de aplicar acciones de reparación, los atributos del ecosistema restaurado se asemejan a aquellos del ecosistema de referencia. Estos atributos incluyen: ausencia de amenazas, composición de especies, estructura comunitaria, condiciones físicas, funciones ecosistémicas e interacciones externas (SER, 2019).

Entender procesos como la sucesión primaria, la sucesión secundaria, los diferentes mecanismos que se ha propuesto en la invasión de especies, la importancia del banco de semillas en la regeneración de comunidades, la identificación de especies clave en el proceso sucesional y su comportamiento demográfico, los procesos fenológicos, el papel que desempeñan las perturbaciones en la estructura de una comunidad y la dinámica de los ciclos biogeoquímicos, permitirá utilizarlos en una estrategia de restauración ecológica de comunidades y ecosistemas (Martínez, 2000; Young y col., 2005; Harris y col., 2006).

Una vez que el agente del daño se remueve o se controla, las comunidades originales pueden reestablecerse por procesos de sucesión natural a partir de las poblaciones remanentes. Sin embargo, la recuperación es improbable cuando la mayor parte de las especies originales ha sido eliminada en grandes áreas y no existen fuentes de colonizadores (Primack & Massardo, 2001). Por ejemplo, tras disturbios severos como en incendios de gran intensidad, la sucesión vegetacional

probablemente comenzará con la llegada de especies colonizadoras como líquenes y musgos, que lentamente darán paso al establecimiento de plantas con flores. En contraste, cuando los disturbios son leves, la sucesión vegetacional puede comenzar a partir de regeneración vegetativa o rebrote de los individuos sobrevivientes (Clarkson, 1990).

Cuando la restauración ecológica se implementa de manera efectiva y sostenible, contribuye a proteger la biodiversidad; mejorar la salud humana y bienestar; aumenta la seguridad alimentaria y del agua; entrega bienes, servicios y sustentabilidad a las diferentes actividades económicas; aportando a la resiliencia y adaptación de los ecosistemas.

En este sentido, se hace especialmente necesario una prevención efectiva de los riesgos de perturbación antropogénica para que los esfuerzos de restauración de alto costo tengan probabilidad de éxito. Para esto se requiere: 1) examinar la configuración de presiones y amenazas antropogénicas en el territorio, incluyendo el riesgo de incendios futuros, sobre las áreas donde se encuentra la biodiversidad nativa, y 2) enfrentar las principales causas que aceleran o expanden la degradación para evitar que la superficie degradada se incremente año a año.

3.2.3 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se definen como aquellas contribuciones que los ecosistemas generan para el bienestar humano, es decir, los que “los ecosistemas hacen por las personas” (Heines-Young & Potschin, 2018). La EEA (*European Environment Agency*) posee una clasificación de servicios ecosistémicos, CICE (*Common International Classification of Ecosystem*), que tiene por objeto estandarizar la forma en que se describen los ecosistemas para desarrollar métodos de contabilidad comparables, especialmente desde el punto de vista económico.

Los incendios forestales afectan directamente a la vegetación, eliminando partes aéreas de éstas, y secundariamente a la fauna (directamente aquella de baja movilidad). Indirectamente, también afecta sobre las propiedades del suelo y del agua. Mediante las metodologías y criterios de clasificación de CICES (2018), se determinó que los incendios forestales en el área de estudio del presente Plan generan detrimento de los servicios ecosistémicos asociados principalmente a la **regulación y mantención de los flujos ecosistémicos**, y secundariamente sobre el **aprovisionamiento y valor cultural**.

Los efectos de los incendios forestales afectan directamente sobre la **biomasa** de los ecosistemas naturales, generando una pérdida de madera de bosque nativo y matorral que puede ser utilizada, por ejemplo, para actividad local, así como pérdida de la biomasa y producción hacia niveles tróficos superiores. En este sentido, el servicio ecosistémico corresponde al volumen de madera que se puede cosechar y generación general de biomasa.

También relacionado con el aprovisionamiento de materiales, los incendios forestales generan una pérdida de **semillas y estructuras reproductivas**, así como de plántulas en el estrato herbáceo, afectando la generación de nuevas variedades de plantas, y mantención de poblaciones endémicas. El servicio asociado a esta pérdida corresponde a la obtención de semillas endémicas para cultivo u otro, relativo al material genético que las plantas pueden ofrecer a la sociedad.

En relación a la regulación de condiciones biológicas de los ecosistemas, los bosques y matorrales afectados por incendios forestales presentan un detrimento en la condición ecológica compleja de su estructura, la cual provee condiciones de **hábitat y como sostén de nuevas poblaciones de especies**. Se produce una pérdida de hábitat para fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja

o alta movilidad, además de un detrimento en la condición ecológica para el sostén de nuevas poblaciones de plantas mediante recuperación sexual.

Además, la pérdida de cobertura vegetal producto de los incendios genera una afectación sobre el servicio ecosistémico asociado a la capacidad de la vegetación para prevenir o reducir la incidencia de la **erosión del suelo**, lo que produce a su vez el aumento en la tasa de procesos erosivos y su consecuente pérdida de suelos, además del aumento en el arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación.

También asociado a los ciclos de regulación de condiciones ambientales, la pérdida de cobertura vegetal producto de incendios forestales influye en el **ciclo hidrológico y regulación de flujos**, modificando la capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente (servicio ecosistémico), generando una pérdida en la retención de agua y su producción, modificación de la escorrentía y detrimento en la recarga a acuíferos. Además, asociado al recurso hídrico, se altera la limpieza del agua a través de procesos biológicos, observándose un detrimento en la **calidad del agua**.

La modificación que genera la acción de los incendios forestales sobre las formaciones vegetacionales nativas impacta sobre el servicio ecosistémico que éstas proveen respecto de la capacidad de los ecosistemas para **reducir la frecuencia, propagación o magnitud de los incendios forestales**, generando un detrimento en la resiliencia de los ecosistemas naturales frente a nuevos eventos de fuego.

Finalmente, respecto de la regulación y mantención desde un punto de vista ecosistémico, la pérdida de biomasa producto de los incendios forestales afecta la capacidad de los ecosistemas de **capturar gases de efecto invernadero**, asociado a la regulación climática general.

En cuanto a servicios ecosistémicos en el ámbito cultural, la pérdida de ecosistemas producto de eventos de incendios forestales inciden en las **interacciones físicas y vivenciales de la comunidad con el entorno natural**, específicamente en el servicio ecosistémico asociado a las cualidades ecológicas de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas. Los incendios generan por tanto una pérdida de atributos escénicos de la flora y fauna nativa, y aumento en la proporción de paisaje quemado, lo cual es poco atractivo para que se produzca la interacción de la comunidad con la naturaleza.

A continuación, en la Tabla 1, se presenta una tabla de identificación de servicios ecosistémicos afectados por incendios y su clasificación de acuerdo con CICE (2018) (esquema en Figura 3).

Tabla 1: Identificación de servicios ecosistémicos afectados por incendios forestales 2016-2017 en comunas de Marchigüe y Paredones.

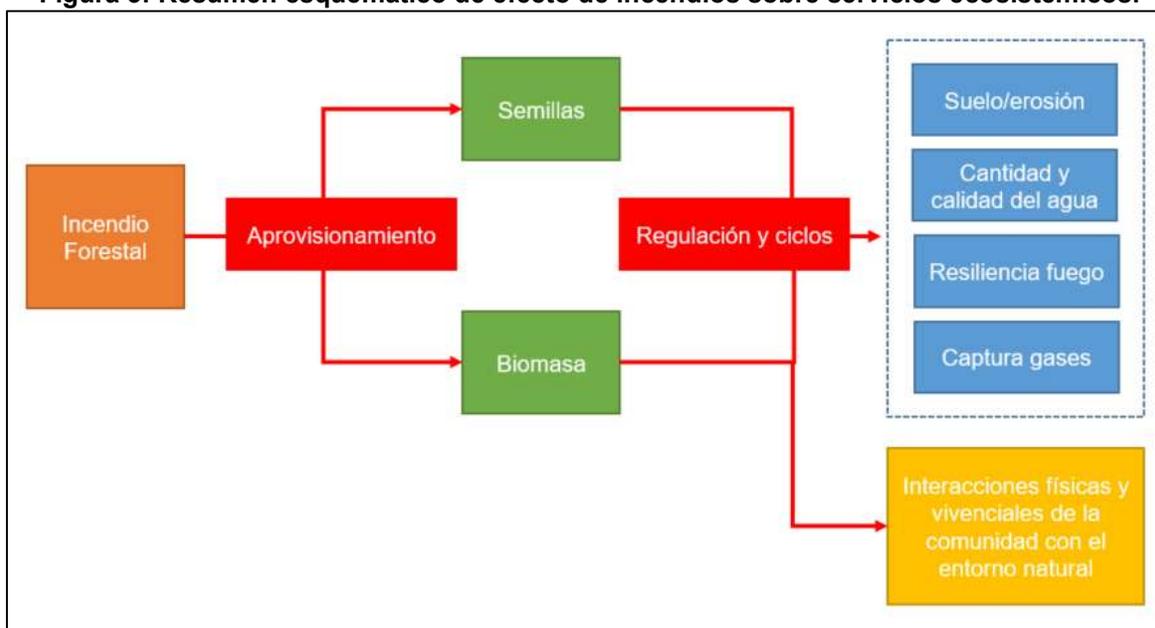
| ID | Sección | División | Grupo | Servicio ecosistémico | Clase | Beneficio o bien | Detrimento ecosistémico producto de incendios |
|---------|-------------------|----------|--|---|--|--|--|
| AP-B-01 | Aprovisionamiento | Biomasa | Plantas silvestres como materiales y energía | Volumen de madera cosechada. Generación de biomasa nativa | Plantas silvestres utilizadas como fuente de energía | Madera como combustible. Mantención de la cadena trófica | Pérdida de madera de bosque nativo para utilizar como combustible por pobladores locales, y pérdida de producción de biomasa hacia cadenas tróficas superiores |

| ID | Sección | División | Grupo | Servicio ecosistémico | Clase | Beneficio o bien | Detrimiento ecosistémico producto de incendios |
|----------|----------------------------|--|---|---|---|---|--|
| AP-S-02 | Aprovisionamiento | Material genético | Material genético de las plantas silvestres | Semillas endémicas para cultivar | Semillas | Nuevas variedades de plantas. Mantenimiento de poblaciones endémicas | Pérdida de semillas y estructuras reproductivas. Pérdida de estructuras para que plantas puedan generar semillas. Pérdida de plántulas en estrato herbáceo |
| RM-CV-01 | Regulación y mantenimiento | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas | Mantenimiento del ciclo de vida, protección del hábitat y del acervo genético | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantenimiento de poblaciones renovales y hábitats | Poblaciones sostenibles de especies útiles o endémicas que contribuyen a un servicio en otro ecosistema | Pérdida de hábitat para la fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja o alta movilidad. Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| RM-CE-02 | Regulación y mantenimiento | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas | Regulación de flujos de base y eventos extremos | La capacidad de la vegetación para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Reducción del daño (y costos asociados) de la entrada de sedimentos a los cursos de agua | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| RM-HI-03 | Regulación y mantenimiento | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas | Regulación de flujos de base y eventos extremos | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Retención y manejo de los flujos ante precipitaciones. Mitigación de la desertificación | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| RM-QA-04 | Regulación y mantenimiento | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas | Condición del agua | Limpieza del agua a través de procesos biológicos | Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos | Reducción de los daños por la escorrentía de nutrientes de los agroecosistemas | Detrimiento en la calidad del agua |
| RM-IF-05 | Regulación y mantenimiento | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas | Regulación de flujos de base y eventos extremos | La capacidad de los ecosistemas para reducir la frecuencia, propagación o magnitud de los incendios | Protección ante incendios forestales | Reducción de los costos y pérdidas debido a incendios | Detrimiento en la resiliencia de los ecosistemas frente a nuevos incendios |
| RM-EI-06 | Regulación y mantenimiento | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas | Condición y composición atmosférica | Captura de gases de efecto invernadero | Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos | Regulación climática | Pérdida en la captura de gases de efecto invernadero |
| CU-IF-01 | Cultural | Interacciones directas, in situ y al aire libre | Interacciones físicas y vivenciales con el entorno natural | Cualidades ecológicas del bosque que lo hacen atractivo para el | Características de los sistemas vivos que posibilitan | Recreación basada en actividades en la naturaleza, actividad al aire | Pérdida de atributos escénicos de la flora y fauna. Aumento de paisajes con vegetación quemada, muy poco |

| ID | Sección | División | Grupo | Servicio ecosistémico | Clase | Beneficio o bien | Detrimiento ecosistémico producto de incendios |
|----|---------|---|-------|---|---|--|--|
| | | con sistemas vivos que dependen de la presencia en el entorno ambiental | | excursionista. Cualidades de la flora y fauna endémica de Chile Central | actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas | libre, relajación mental y mejoras en la salud | atractivo para la interacción con la naturaleza. |

Fuente: Elaboración propia en base a CICE (2018).

Figura 3: Resumen esquemático de efecto de incendios sobre servicios ecosistémicos.

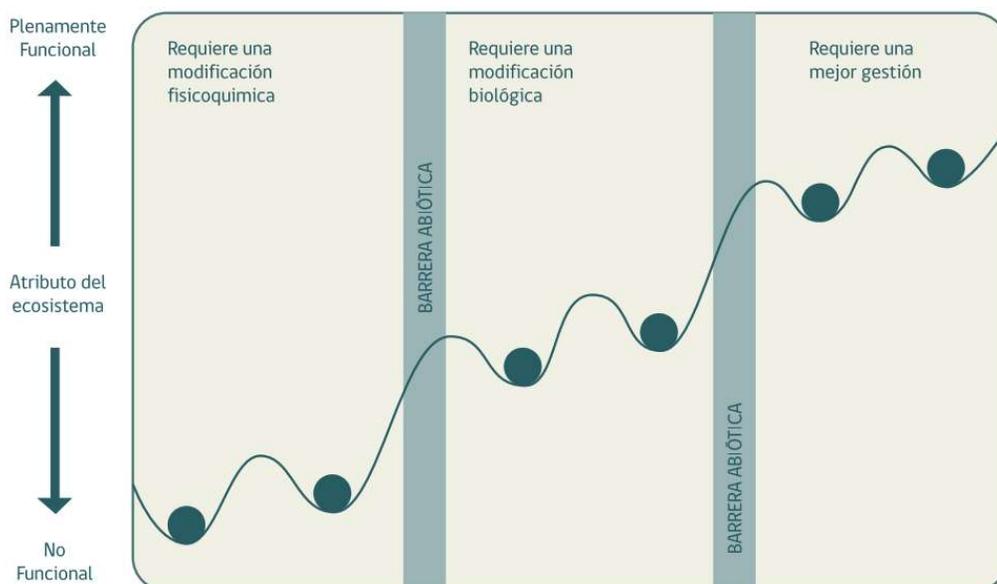


Fuente: Elaboración propia sobre la base de CICE (2018).

3.2.4 Aproximación conceptual sobre los procesos de degradación y restauración

En la literatura relacionada con restauración ecológica a nivel internacional se ha propuesto un modelo conceptual que vincula la degradación de los ecosistemas con su funcionalidad y que permite estimar cómo los esfuerzos de restauración contribuyen a restituir dicha funcionalidad (Figura 4) (MMA, 2018). Varios autores (p.e. Hobbs y Harris 2001) han propuesto que existen umbrales, o barreras específicas, entre algunos estados del ecosistema que impiden su retorno a una condición histórica menos degradada. Una vez identificadas estas barreras, es necesario realizar acciones específicas para superarlas, como, por ejemplo, eliminar especies exóticas invasoras y herbívoros, restituir nutrientes al suelo, o prevenir agentes de perturbación natural (p.e. incendios, inundaciones, proliferación cíclica de insectos).

Figura 4: Modelo conceptual simplificado de la degradación y la restauración de un ecosistema.



Fuente: MMA, 2018; Hobbs y Harris, 2001.

La Figura 4 presenta un modelo conceptual simplificado de los niveles de degradación y la reversión del proceso a través de la restauración de un ecosistema. Las esferas azules en la figura representan diferentes estados del ecosistema, donde la resiliencia de cada estado del sistema está representada por el ancho y la profundidad del “pocillo”. Los disturbios y el estrés provocan transiciones hacia estados de degradación más severos, con la mayor degradación, representada por la esfera azul de la esquina inferior izquierda. Como se explicó anteriormente, pueden existir barreras o umbrales bióticos y abióticos entre algunos estados del ecosistema (representados por las barras verticales) que previenen que el sistema pueda retornar a un estado menos degradado sin intervenciones de manejo. Las barreras bióticas surgen cuando la degradación es baja (p.e. pérdida de algunas especies claves), en tanto que las barreras abióticas (o físicas) son limitantes del cambio bajo condiciones de alta degradación (MMA, 2018).

Una vez identificadas las barreras bióticas y abióticas es posible hacer propuestas concretas para la restauración del ecosistema hacia un estado estructuralmente menos degradado y de mayor funcionalidad (UICN, 2014). Una de las ventajas de usar este modelo es que destaca la importancia de identificar previamente las barreras bióticas y físicas para la recuperación del sistema, lo que hace posible evaluar la capacidad del ecosistema degradado de recuperarse sin intervención o con intervenciones menores (y con menores costos) y facilita además la selección de los tratamientos y acciones a aplicar en áreas menos degradadas (MMA, 2018). Para fines del presente Plan las barreras respecto de la restauración guardan relación con los efectos del incendio forestal 2016-2017 sobre los servicios ecosistémicos, relativos principalmente a sus factores bióticos (vegetación/flora y fauna); y los factores abióticos, suelo e hidrología.

De acuerdo con lo citado por Becerra y col., (2018), existen dos grandes tipos de estrategias o metodologías que, ya sea por separado o aplicadas en forma combinada, pueden llevar a la recuperación del ecosistema de referencia, denominadas estrategias pasivas y activas de restauración (Van Andel & Aronson 2006). La restauración pasiva implica prevenir, detener, controlar o modificar los factores de degradación tales como talas, caza, incendios, ganadería, etc., de manera

de permitir que la biodiversidad y funcionamiento ecológico se recuperen por sí solos a través de un proceso de sucesional natural (Van Andel & Aronson 2006). En el caso que algún componente o proceso ecológico no se recupere controlando los factores de degradación, se debieran aplicar tratamientos con mayor nivel de manipulación, denominándose al conjunto de éstos como técnicas de restauración activa (Van Andel & Aronson 2006). La restauración activa incluye tratamientos del hábitat, realización de siembras y/o plantaciones, aplicación de tratamientos que incrementen la probabilidad de sobrevivencia y establecimiento de plantas, tales como riego, fertilización, aplicación de sombras artificiales, etc. (Van Andel & Aronson 2006).

Adicionalmente, cabe mencionar que antes de planificar un proceso de restauración y definir la o las estrategias a seguir, es necesario conocer si el ecosistema presenta evidencia de recuperación natural, en particular, si existe regeneración de la vegetación y si ésta logra establecerse y en qué condiciones o niveles de degradación esto está ocurriendo (Clewel & Rieger 1997, Van Andel & Aronson 2006, Ciccacese y col. 2012). En este sentido, el Plan ha desarrollado un Diagnóstico de los ecosistemas afectados, el cual se presenta en extenso en Anexo 2, y de manera resumida en el Capítulo 2 del presente Plan.

3.2.5 Elementos claves para una buena práctica de la restauración ecológica

A continuación, se resume los elementos que debe contener toda restauración ecológica, de acuerdo con la Guía del MMA (2018).

1. Ecosistema de referencia nativo

Para dirigir los esfuerzos de restauración, se debe considerar la definición de un ecosistema de referencia. Dicho ecosistema puede ser un sitio o sitios que representan la integridad (o aspectos de la integridad) que se busca reparar mediante la restauración proyectada. Estos ecosistemas de referencia, si existen en el paisaje, pueden estar cerca o lejos del proyecto física y temporalmente. En muchos casos no es posible recurrir a análisis existentes en el paisaje, por lo tanto, las fuentes de información sobre ecosistemas de referencia deben considerar registros históricos para construir un modelo probable del ecosistema particular. Este modelo debe ser sintetizado a partir de información sobre las condiciones pasadas, presentes y, en el contexto del cambio climático, anticipación de las condiciones futuras del sitio específico o sitios similares en la región en consulta con la comunidad local.

La definición y descripción del ecosistema de referencia es una información necesaria para definir los objetos del proyecto de restauración y para evaluar su éxito a través del monitoreo y gestión adaptativa de los cambios de la condición del ecosistema perturbado respecto del ecosistema de referencia.

En adición, respecto de los sitios de referencia, cabe mencionar que la UICN (2014) recomienda identificar un ecosistema maduro como referencia, pero indica que es probable que un sitio de restauración exhiba etapas ecológicas más tempranas, por lo que, de ser posible, varios ecosistemas de referencia deben ser identificados en diferentes etapas de desarrollo para ayudar con los procesos de planificación, monitoreo y evaluación. Al respecto, cabe hacer notar que los ecosistemas son complejos y únicos, y un ecosistema restaurado nunca será idéntico a ningún ecosistema de referencia.

Para fines del presente Plan, se realizaron búsquedas en el área afectada por incendios y sectores aledaños, incorporando sitios prioritarios, descartándose la presencia de algún o

algunos ecosistemas de referencia que sirvan para realizar el monitoreo respecto de las metas de restauración que se comprometerán. Por ello, y en función de lo recomendado por MMA (2018), se tomaron modelos de referencia, de acuerdo con la información histórica de cada formación y descripciones obtenidas en terreno. Este punto se desarrolla en el acápite 4.2 del presente documento.

2. Restauración ecológica es un proceso multiescala

La restauración debe ser diseñada considerando varias escalas, desde el ecosistema específico y especies que se deben restaurar, al paisaje en el cual el ecosistema se encuentra inserto. Las medidas de recuperación deben estar orientadas a promover la conectividad funcional y espacial de los ecosistemas en el paisaje, y la continuidad de flujo de servicios ecosistémicos en las escalas más apropiadas en cada caso, considerando, por ejemplo, cuencas, subcuencas, y áreas de intervención local.

Respecto del último punto planteado por el MMA (2018), el trabajo cartográfico de las variables ecosistémicas de interés cobra valor para la configuración de las metas de restauración, identificando patrones ecosistémicos a nivel de paisaje y sus diferentes grados de intervención. La información levantada a nivel de gabinete (fuentes de información oficiales, imágenes satelitales, información científica, etc.) debe ser validada en terreno en función de las propiedades actuales de los ecosistemas, los que se encuentran sometidos a variabilidades naturales y presiones antrópicas.

Para abordar este punto, se levantó información ecológica y territorial en los ecosistemas de interés respecto a los tipos de suelo, cuencas, hidrología, pendientes, etc. Se obtuvo información sobre los ecosistemas terrestres y su condición actual, que corresponden a los objetos de interés de restauración, y cómo éstos se encuentran distribuidos en el paisaje. Se definieron unidades territoriales considerando el uso del territorio por parte de la actividad forestal y humana, en general, distribución e influencia del recurso hídrico y configuración de la vegetación en cuanto a la riqueza de las especies de la flora y composición de bosque y matorral. El trabajo en terreno incluyó muestreos específicos y trabajos a través de imágenes de dron. Se procesó esta información en un SIG y se diseñaron medidas ajustadas a la realidad actual, considerando atributos locales y acciones a nivel de cuenca o corredores, que permitan generar una sinergia en las acciones comprometidas. De todo lo anterior se refleja y se da cuenta en el cap. 2 Etapa de Diagnóstico del presente Plan.

3.2.6 Impacto de los incendios forestales en Chile

Un incendio forestal corresponde a un fuego que se propaga sin control a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. Los incendios forestales pueden ser de origen antrópico o natural y se pueden clasificar según la capa vegetal afectada: como de superficie cuando afectan al sotobosque, aéreos o también llamados de copas cuando el fuego avanza por la parte superior de los árboles, y subterráneo cuando el material quemado es raíces y capas orgánicas del suelo. Es común que los incendios forestales correspondan a más de una clasificación en la práctica, por lo que no debiese parecer extraño la combinación de éstas (Silva, 2008; González, 2018).

Los incendios forestales representan una de las principales causas de disminución de la vegetación y suelos fértiles en el mundo. Son también una importante fuente de emisión de carbono y polución a la atmósfera, lo que contribuye a la disminución de la actividad fotosintética en la flora. Además,

tienen efectos negativos directos en la salud de personas y animales como también en la calidad de vida de la población (Urzúa y Cáceres, 2011).

Los incendios forestales se originan principalmente por causa antrópica, ya sea intencional o accidental (Julio, 1992), y pueden alterar severamente la estabilidad de los ecosistemas, modificando la estructura y composición de especies, causando destrucción de los nutrientes y materia orgánica en los suelos, factores que sumados se traducen en una pérdida de funcionalidad del ecosistema de difícil recuperación (MMA, 2018).

La vegetación natural más afectada por este tipo de eventos corresponde a pastizales, con un 40% de la superficie afectada, seguido de vegetación de tipo matorral y arbolado, con un 35% y 34% del total afectado, respectivamente. Dentro de las regiones históricamente más afectadas, se encuentran la región del Biobío, de Valparaíso y de la Araucanía, que presentan un alto porcentaje de praderas, matorrales y bosques plantados y naturales. En los incendios acaecidos durante la temporada estival 2016-2017, las tres regiones más afectadas fueron Maule, Biobío y O'Higgins (MMA, 2018).

En Chile, la protección contra los incendios forestales se encuentra en manos de dos sectores, primeramente, el sector público realizando esta labor a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el sector privado representado principalmente por planes de prevención, detección y combate incendios, elaborados, financiados y ejecutados por las empresas forestales (González, 2018), principalmente.

Los estudios realizados a través de imágenes satelitales de Becerra y col. (2018) concluyen que tanto la cobertura como la composición de especies leñosas del bosque y matorral esclerófilo se recuperan después de los incendios. Sin embargo, el cambio de uso del suelo luego de los incendios es lo que limita el desarrollo de la vegetación nativa posterior a ésta. Concluye además que los niveles de regeneración natural vía germinación son bastante bajos, y que la regeneración vegetativa conforma una importante vía de regeneración de la biomasa leñosa, la cual se gatilla vigorosamente después de un incendio.

A nivel de paisaje, los incendios generan efectos sobre los ecosistemas mediante procesos de fragmentación. Se denomina fragmentación del hábitat, al proceso mediante el cual un área extensa y continua de hábitat es reducida y dividida en dos o más fragmentos (Fernández y col., 2010). Estos difieren del hábitat original en dos importantes aspectos: tienen una mayor proporción de borde y en el centro de cada fragmento se encuentra cercano a un borde (Primack y Massardo 2001).

Los procesos de fragmentación envuelven cuatro consecuencias principales en el paisaje: reducción de la cantidad de hábitat, aumento en el número de parches, disminución del tamaño de los parches y aumento del aislamiento de los parches (Fahring, 2003). El efecto borde en un ambiente fragmentado aumenta cuando se encuentra sometido a eventos sucesivos de incendios, donde se va acumulando vegetación muerta y existe mayor radiación y temperatura, lo que generan condiciones propicias para nuevos eventos de incendios, generándose así efectos que se van retroalimentando (Fernández y col., 2010).

3.2.7 Aplicaciones prácticas de restauración post incendios

Si bien la tendencia general luego de un incendio es a realizar restauración mediante medidas activas más que pasivas, es importante analizarlo caso a caso en función de la afectación del fuego en

términos de la superficie, severidad, intensidad, duración, asociación afectada, etc. (Fernández y col., 2010).

El uso de semillas es más atractivo que el uso de plantas (o plántulas), ya que su precio es más económico y son más fáciles de distribuir en sitios grandes. Pero tiene una serie de aspectos negativos, como la fuerte predación a la que están expuestas las semillas, el largo tiempo que demoran en establecerse versus especies invasoras, los requerimientos específicos para germinar, el bajo porcentaje de germinación de algunas especies, etc. (Dorner y Brown, 2000). Además, como Chile no es productor de semillas, su recolección puede ser una tarea larga, compleja y tediosa. Además, en lo posible, las semillas deben provenir de lugares similares al sitio del incendio, tomando en cuenta factores como: pendiente, temperatura, exposición, altura, etc. (Densmore y col., 2000; Fernández y col., 2010), manteniendo así el acervo genético de las poblaciones nativas.

Respecto a la obtención de plántulas, hay variadas formas de obtener material necesario, ya sea mediante rescate de ejemplares en lugares que serán afectados, colecta y propagación, contratación de un vivero o habilitar uno. Posteriormente, se prepara el sitio, con especial atención al tipo de cercado para evitar herbívora, erradicación de especies invasoras, reposición de funciones del suelo dañadas, erosión y compactación. La reintroducción en zonas de laderas rocosas se realiza mediante hidrosiembra, que consiste en la aplicación de semillas en un medio acuoso de alta presión. En cuanto a la reintroducción de plantas, se debe tener en cuenta una serie de detalles, como época de siembra, número de plantas y espaciamiento, técnicas de plantación, fertilización y *mulching* (Fernandez y col., 2010).

Incendios de alta intensidad probablemente destruirán el banco de semillas evitando la recolonización por este mecanismo (Muñoz y Fuentes 1989), situación que puede ser compensada por el crecimiento vegetativo de algunos de los individuos sobrevivientes a través de estructuras subterráneas como bulbos, rizomas y lignotúberes. Cuando la intensidad del fuego es baja, probablemente ocurra regeneración sexual a partir de semillas sobrevivientes, regeneración vegetativa a partir de rebrotes de yemas epicórmicas en ramas sobrevivientes y rebrote de individuos a partir de estructuras subterráneas (Montenegro y col., 2002; 2004).

3.2.8 Experiencia nacional en restauración ecológica

La restauración ecológica es una disciplina relativamente nueva en el mundo; sólo en los últimos 20 años ha evolucionado hacia un área atractiva para la investigación básica y pasó a ser publicada en revistas indexadas (Young y col., 2005). Un estudio del 2018 (Jones y col., 2018) examinó más de 400 experiencias en restauración a nivel mundial, dando como resultado que los ecosistemas tienen un poder de recuperación natural pero no siempre por completo, observándose mayores tasas de recuperación los primeros años, volviéndose más bajas en etapas posteriores. Además, concluye que la recuperación activa no resulta ser la más eficiente en términos de tiempo, por lo que los autores sugieren implementar medidas de restauración pasiva como prioridad, incorporando técnicas activas cuando los ecosistemas tienen tasas bajas de recuperación.

En Chile esta disciplina se encuentra escasamente desarrollada, lo que se manifiesta en los pocos estudios científicos que abordan las temáticas de restauración, en diferentes enfoques y en la falta de conocimiento y estandarización de formas de realizar restauración (Fernández y col., 2010). No existen estudios ni procesos de restauración que hayan sido evaluados en términos de su éxito en nuestro país. La evidencia sugiere que la restauración pasiva podría llegar a ser más efectiva en condiciones de mayor humedad y donde existe una cobertura leñosa pionera. Sin embargo, no

existen trabajos que cuantifiquen de manera más global el estado de la regeneración natural en Chile central, su variabilidad entre condiciones climáticas, cobertura leñosa y niveles de perturbación, por ejemplo, después de incendios (Becerra y col., 2018).

Por otra parte, se ha documentado que en áreas degradadas una importante regeneración se produce a partir de estructuras vegetativas (Muñoz & Fuentes 1989, Montenegro et al. 1983, 2004, Navarrete 2002). En consecuencia, la eficiencia e importancia de estructuras vegetativas para la regeneración dependería del nivel de perturbación y de la vegetación que existía previo a ésta (Becerra y col., 2018). En sitios donde existen especies con potencial para reproducción vegetativa, por ejemplo, en sitios donde había bosques antes de la perturbación, la regeneración vegetativa puede llevar a una importante recuperación de especies y cobertura vegetal (Naveh 1975, Bustamante 1991, Montenegro y col. 2004). Así, la aplicación de técnicas pasivas de restauración, al menos a través de regeneración vegetativa, podría llegar a ser exitosa (Becerra y col., 2018).

Un factor que puede afectar la regeneración de la vegetación y por ello podría ser un factor a manejar en un proceso de restauración pasiva en Chile Central, es la herbivoría generada por ganado y conejos. No existen estudios en Chile central que hayan evaluado la regeneración natural con exclusión de ganado y/o conejos (Becerra y col., 2018). Las evidencias científicas sugieren que la herbivoría es un factor fuertemente limitante para la sobrevivencia de plantas y que sus efectos serían mayores en ambientes donde la vegetación es más heterogénea o abierta. Se estima que la exclusión de ganado y conejos puede llegar a ser una importante técnica de recuperación pasiva en esta región.

Prácticamente todos los procesos de reforestación y restauración que se llevan a cabo en el mundo y en particular en Chile son realizados sobre la base de plantaciones, usando plantas generalmente de menos de dos años de edad. Pocos trabajos han evaluado la siembra y germinación en estudios de campo en Chile Central. Análisis de campo han evaluado el rol de la cobertura leñosa y perturbaciones en la germinación y reclutamiento de semillas, las cuales son favorecidas bajo dosel. Gómez-González y col. (2008) sugieren que incendios podrían afectar el potencial de germinación de especies leñosas de Chile central, en algunas de manera positiva y en otras de manera negativa.

Trabajos realizados en Chile Central indican que el estrés hídrico es un factor muy relevante en la sobrevivencia de plantas. En general, un aumento en las precipitaciones y mejor disponibilidad de agua para el riego se relacionan con un aumento en la tasa de sobrevivencia de las plantas (Becerra y col., 2018). Un factor que ha sido ampliamente documentado mejorando la disponibilidad de agua del suelo y reduciendo el estrés hídrico en plantaciones es el sombramiento, ya sea generado por otras plantas o por estructuras artificiales. Entre las estructuras artificiales, se han utilizado mallas de tipo rachel, estructuras de policarbonato, o incluso de tetrapack, pero no es conocido el éxito de éstas en especies forestales (Becerra y col., 2018).

En las regiones semiáridas se ha comprobado que la adición de materia orgánica a suelos y ecosistemas altamente degradados aumenta la sobrevivencia y crecimiento de las plantas (Becerra y col., 2018). En Chile Central, el efecto de la incorporación de materia orgánica ha generado efectos positivos en la sobrevivencia y crecimiento de diferentes especies leñosas (Moreira 2007, Cruz & San Martín 2000, CONAF 2000, Sepúlveda 2003).

La regeneración por germinación de manera natural (semillas) en sistemas no afectados por incendios no se estaría dando en prácticamente ninguna localidad del Chile Central. La recuperación natural vía germinación es mayor en parches con cobertura arbórea que en parches de matorral o sitios abiertos, y también es levemente mayor en parches de matorral que en sitios abiertos, por lo

cual cualquier medida de restauración es más urgente en sitios abiertos que en cualquier tipo de parche de vegetación leñosa. Similarmente, la regeneración vegetativa (mediante desarrollo de yemas vegetales no afectadas) es mayor en parches con cobertura leñosa que en sitios abiertos (Becerra y col., 2018).

La regeneración por germinación de manera natural en localidades con incendios recientes (3 años atrás aproximadamente) es extremadamente baja, siendo levemente mayor en sitios de mayor cobertura arbórea. Estos datos indican que el bosque esclerófilo sometido a incendios prácticamente no presenta regeneración vía reproducción sexual, evidenciándose por tanto una pérdida en el acervo genético de las poblaciones afectadas por los incendios. Similarmente, la regeneración vegetativa es mayor en sitios de mayor cobertura. Los resultados indican que es altamente probable que después de un incendio, en un período incluso menor a 3 años, todos los individuos leñosos de la mayoría o todas las especies leñosas, regeneren vegetativamente, en cualquier tipo de clima dentro de Chile Central. Sin embargo, esta capacidad se va perdiendo en el tiempo debido a la disminución del vigor de las plantas para producir rebrotes vegetativos a mayor edad. En caso de ecosistemas más abiertos expuestos a eventos de incendios recientes, estos procesos de regeneración serían prácticamente inexistentes (Becerra y col., 2018). El volumen y cobertura vegetal siguen, en general, patrones de crecimiento acelerado entre las dos primeras primaveras después del incendio para decaer posteriormente. Algunos arbustos, al cabo de dos años desarrollan nuevamente la capacidad de florecer y producir frutos (Araya & Ávila, 1981; Montenegro y col., 1983). Al cabo de cuatro años de ocurrido el incendio, la fisionomía del bosque esclerófilo cambia a matorral, ya que sus especies al rebrotar, lo hacen en forma de arbustos (Villaseñor & Sáiz, 1990; Donoso, 1997).

La baja tasa de regeneración de la vegetación nativa en Chile Central podría deberse a que evolutivamente se encuentra poco adaptada a estos eventos, que en Chile se relacionan mayormente con origen antrópico. En general, se acepta que la respuesta de regeneración post-fuego de algunas especies vegetales no está ligada a fenómenos de fuego, sino a adaptaciones desarrolladas frente a prolongadas temporadas de sequía (Villagrán y col., 1996).

Estudios desarrollados por Becerra y col. (2018) concluyeron que la ocurrencia de incendios no afecta al volumen de la estrata herbácea. Incluso, después de un año de ocurrido los incendios, el volumen de la estrata herbácea fue mayor en las áreas incendiadas que en las no incendiadas, y similar después de tres años de ocurridos los incendios. Si bien no se tiene información respecto de lo que ocurre con las especies herbáceas nativas y exóticas, este alto desarrollo de la estrata herbácea, al menos puede reducir la probabilidad de erosión en áreas incendiadas.

Los antecedentes sugieren que las acciones de restauración en climas más mésicos y parches leñosos principalmente debieran enfocarse en incrementar la sobrevivencia de plántulas, mientras que en climas xéricos y sitios abiertos las acciones debieran centrarse en la reintroducción de plantas (Becerra y col., 2018). Aun cuando la regeneración vegetativa en el bosque esclerófilo es relevante, ya que en general permitiría que naturalmente se esté conservando la densidad de ejemplares, es preocupante la baja tasa de regeneración vía germinación y reproducción sexual, puesto que es altamente probable que cuando el vigor o potencialidad de la regeneración vegetativa de las especies se reduzca o extinga (como ocurre debido a mayor edad), en un futuro, no habrá regeneración vía reproducción sexual que conserve o recupere el bosque esclerófilo.

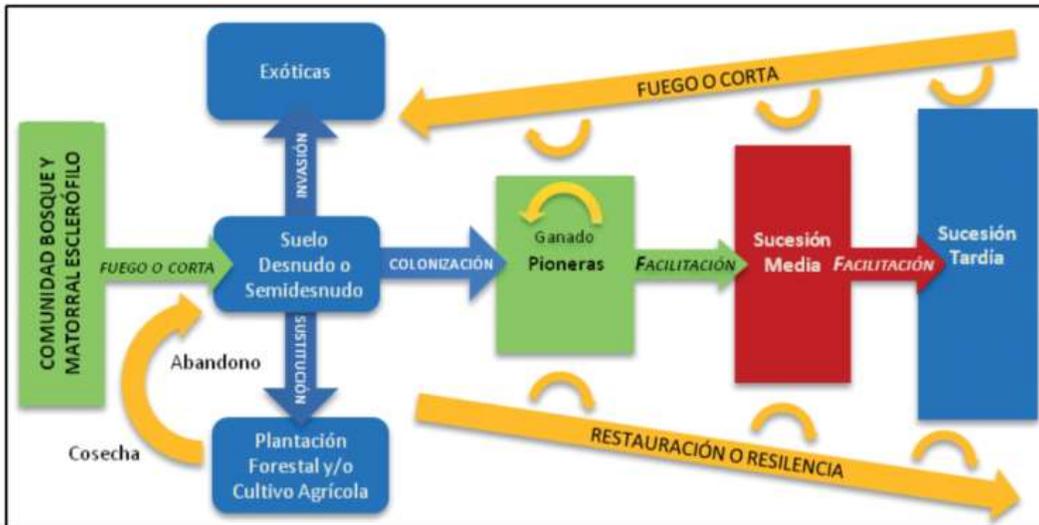
En este sentido, la reintroducción pasiva no ha sido sugerida como una opción suficiente en la mayoría de los casos, por lo que Fernández y col. (2010) recomienda que la reintroducción activa por semillas o plántulas es lo más adecuado, específicamente para restauración post-fuego.

Respecto de la experiencia nacional de restauración en bosque esclerófilo, a continuación, se listan algunos proyectos de relevancia para fines del presente estudio:

- Restauración de bosques esclerófilos en el Valle de Casablanca, Chile central, a cargo del Dr. Cristián Echeverría de la Universidad de Concepción, con la colaboración de Fauna y Flora Internacional, Chiletabacos S.A. y FORECOS – Universidad Austral de Chile. Este proyecto tiene como objetivo convertir un bosque de *Eucalyptus* a un bosque de especies nativas del tipo forestal esclerófilo.
- Experimentos de restauración de especies leñosas en la zona central desarrollados por la Universidad Católica de Chile, a cargo del Dr. Juan Armesto, que buscan determinar el rol de diferentes factores bióticos tales como la fragmentación, herbivoría, cobertura de hierbas, fijación de nitrógeno por especies nodrizas e identidad de especies exóticas y de factores abióticos tales como la disponibilidad de agua y la sobrevivencia y el crecimiento de diferentes especies.
- Rehabilitación y revegetación de CONAF en sitios afectados por el fuego en la región del Libertador Bernardo O'Higgins.
- Proyecto Cayumanque

Dado el deterioro ecosistémico de gran parte de la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo producto de las acciones del hombre y la consecuente presencia de ganado, *Acacia caven* (espino), especie dispersa mayoritariamente por ganado y adaptada a la sequía, parece actuar como la especie pionera más importante de la Región. Sin embargo, las características de esta especie pueden producir que, en aquellos sectores alterados y con altas densidades de ganado, la comunidad original sea reemplazada por parches dominados prácticamente en su totalidad por espinos acompañados de una estrata herbácea, comunidad conocida como "Espinal" (Fuentes y Hajek, 1979; Gajardo, 1994; Montenegro y col., 2004). Cuando la presencia de ganado es menor, disminuye tanto la dispersión de espinos como el ramoneo sobre la regeneración, lo que permite la colonización por especie como Palqui y del género *Baccharis*. Luego, bajo su sombra, se facilita el establecimiento de Quilo y Litre, ambas especies dispersas por aves (Armesto & Piquett, 1985). La presencia de estas especies genera condiciones microambientales favorables que facilitan el establecimiento de otras especies que darán paso a la sucesión media y éstas finalmente a la sucesión tardía (Figura 5).

Figura 5: Sucesión vegetacional tras intervención por incendios o corta y tras acciones de restauración o resiliencia propias del sistema en la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo de Chile Central.



Fernández y col. (2010).

4 ETAPA DE DIAGNÓSTICO

De acuerdo con la propuesta metodológica del PdR, la Fase de Diagnóstico involucró la recopilación detallada de antecedentes, visitas a la totalidad de las áreas a reparar, y trabajo en terreno, según se da cuenta en extenso en el Informe de Diagnóstico acompañado en Anexo 2.

En el presente punto, se extraen algunos apartados del Informe Diagnóstico, con el objetivo de entregar una coherencia en la lectura y mejor comprensión del presente Plan de Reparación Ambiental.

La realización de la Fase Diagnóstica implicó la revisión, visita o inspección en terreno del estado de los ecosistemas en donde se proyecta ejecutar la implementación de la restauración, de manera de poder definir con precisión los distintos tipos de afectación originados por el fuego, delimitando espacialmente los grados de afectación según formaciones.

En este contexto, se debe tener presente que los incendios forestales generan impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido a la variabilidad del paisaje, así como a las diferentes respuestas de la vegetación. Mediante información territorial y ecológica, se describe en el presente capítulo el diagnóstico del daño material causado por los incendios antes singularizados.

Mediante el procesamiento de información en gabinete y terreno se desarrolló cartografía digital (Sistema de Información Geográfica, SIG), sobre la base de la caracterización de los territorios y/o sitios afectados, las propiedades básicas del suelo, la situación de la vegetación y fauna previa a los incendios (de conformidad con la información disponible), la severidad de la afectación y las condiciones abióticas de cada sitio y/o territorio a intervenir (comprendiendo pendiente, exposición, cobertura vegetal, erodabilidad), la recuperabilidad y/o capacidad de revegetación natural de los territorios post-incendios y su potencial recuperación. La información recopilada y procesada en la Fase Diagnóstico se encuentra en extenso en el Anexo 2 del presente documento.

La Fase Diagnóstico permitió contar con datos actualizados de la condición ecológica de los sitios para establecer la caracterización detallada del área a reparar y las zonas o puntos de referencia o de control, observando los marcos conceptuales y las mejores técnicas disponibles, tomando como referencia los lineamientos del Comité Nacional de Restauración Ecológica (“SER” en sus singlas en inglés) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Cabe mencionar que, tal y como se explicó en el acápite 1.2.1 del presente documento, la delimitación de ecosistemas en el Diagnóstico se realizó mediante los tipos de vegetación terrestre. En una primera instancia, se realizó una división de los ecosistemas en bosque y matorral, y en una segunda instancia, se identificaron propiedades de su composición y diversidad que permitan discriminar entre unidades territoriales. Asimismo, cabe recalcar que, mediante la información recopilada y procesada, se definieron Unidades Territoriales (UT) en función de la disposición de los ecosistemas en el territorio, estableciendo por tanto que cada UT presenta uno o más servicios ecosistémicos, los que han sido alterados o modificados por los incendios del verano 2016-2017 en diferente grado, tanto por la disposición y naturaleza de los ecosistemas, así como por el uso histórico del territorio. Esta aproximación metodológica permitió que, en la etapa de planificación y diseño, se pudiese diseñar y priorizar acciones de restauración en atención a los servicios ecosistémicos de cada UT.

A continuación, se resume los principales resultados del diagnóstico efectuado.

4.1 Principales resultados del Diagnóstico

4.1.1 Generalidades

Del levantamiento en terreno se puede concluir que la vegetación nativa, representada por el bosque y matorral nativos, presenta en su mayoría indicios de afectación por acción del fuego. En este sentido, la gran mayoría de los registros (72% del total) dan cuenta de una condición de quema del estrato arbóreo. Se evidenció a lo largo del muestreo la presencia de materia orgánica quemada como elemento de la condición del suelo. Asimismo, el bosque, que se encuentran por lo general en los fondos de las quebradas, posee individuos adultos quemados y en proceso de regeneración como patrón general de estudio (en el siguiente apartado, 4.2., se realiza un análisis en mayor detalle del diagnóstico de la afectación del fuego).

Los antecedentes territoriales recopilados dan cuenta de un uso intensivo del territorio, principalmente forestal en las zonas de mayor pendiente y de cordones de cerros y de uso agrícola en las zonas más planas (hacia el centro y oriente de la comuna de Marchigüe). De manera dispersa se encuentran territorios utilizados para el pastoreo de ganado, en zonas de menor pendiente y con presencia de matorral dominado por Espino. Por lo tanto, se puede deducir que los eventos de incendios corresponden a una más de las variables forzantes que han deteriorado históricamente los ecosistemas de las comunas bajo estudio.

Se evaluó que la vegetación presenta escasa-nula regeneración sexual (plántulas y floraciones), lo que podría limitar su regeneración natural en el largo plazo. Sin embargo, los ecosistemas nativos afectados por los incendios 2016-2017 si presenta regeneración de individuos mediante procesos asexuales (vástagos desde tronco u estructura subterránea no afectada por el fuego), especialmente cuando se encuentran asociados a cuerpos de agua.

Además, se destaca como resultado del diagnóstico el que se verificó la existencia de una menor superficie ocupada por bosque y matorral nativo respecto de las formaciones nativas esperables según antecedentes bibliográficos, aproximadamente del 50% por bajo de lo calculado previo al terreno (en el apartado 4.5 se describe mayormente la condición de la vegetación diagnosticada).

Junto con ello, es de relevancia mencionar que, por lo general, no se observan extensiones de bosque nativo afectado por los incendios que previamente constituyeran bosque y que en la actualidad se encuentren como matorral arborescente. Esto se debe a la previa utilización del suelo para plantaciones forestales principalmente, y al reemplazo del bosque nativo, lo cual ha constituido un proceso progresivo que ha fragmentado los ecosistemas naturales en las áreas estudiadas.

Respecto de la fauna observada, se registra escasa fauna vertebrada nativa, donde el grupo dominante son las aves. Estos registros son coherentes con lo indicado en la literatura revisada. Se destaca la presencia de fauna exótica de mamíferos como predominante en el territorio, tanto por evidencia directa como indirecta (fecas principalmente).

Se registró también presencia generalizada de plantas invasoras, principalmente Zarzamora y Pino, así como rebrote de Eucaliptus, que se entrelazan en los sectores donde se desarrolla el matorral o el bosque. Secundariamente, se encuentran zonas con presencia de otras especies vegetacionales exóticas, como Rosa mosqueta, y Aromos, los cuales se desarrollan en abundante densidad en presencia de cuerpos de agua.

Respecto de los suelos, se observan por lo general presencia de suelos delgados, asociados a un uso generalizado del territorio para la actividad forestal actual y agrícola en el pasado. La capacidad de infiltración del suelo es evaluada como baja, de tipo franco arcilloso y secundariamente arenoso, los que se desarrollan en pendientes media de terrenos ondulados de la Cordillera de la Costa. Por lo general, presentan erosión media y baja capacidad de uso para la actividad agrícola en la actualidad.

4.1.2 Comuna de Paredones

A nivel de las variables ambientales forzantes de los ecosistemas de Paredones, ésta se configura como una comuna relativamente homogénea en su condición biótica (vegetación) y abiótica (clima, geología, hidrogeología, suelos, etc.), encontrándose mayoritariamente bosque esclerófilo costero, suelos bastante rocosos e impermeables, así como cordones montañosos que generan una serie de micro-cuencas de régimen esporádico y costeras, de muy corto desarrollo. Además, esta comuna destaca por la mayor influencia marina en el territorio, lo que genera mayor disponibilidad de recurso hídrico para especies vegetales.

Los sectores afectados por los incendios forestales en Paredones presentan poblados de menor densidad que Marchigüe, dispersos en el territorio. La actividad antrópica es netamente forestal, y los ecosistemas naturales son preferentemente de bosque, el cual se encuentra fragmentado y restringido a zonas de quebradas en matrices de extracción forestal.

La zona norte del área afectada por los incendios presenta un uso forestal mucho más intensivo, la cual se encuentra cercana al poblado de Paredones (capital comunal). En estos sitios el bosque nativo se encuentra en fragmentos en fondos de quebrada y el matorral es muy escaso, el cual se presenta en algunos cerros, por lo general adyacente al bosque de quebrada.

Aunque la actividad forestal es persistente en la zona sur de la superficie afectada por los incendios, tiende a poseer mayores sectores de vegetación nativa, donde los bosques se encuentran mayormente desarrollados (en sucesiones ecológicas que dan cuenta de una menor degradación, como es el Bosque con ejemplares de Pitra asociado al Sitio de Reparación Temprana “Alcones” y Bosque de Canelo-Chequén localizado en quebradas del sector sur de la comuna). Se observa que los accesos en esta zona son relativamente adecuados para restauración, con presencia de caminos (utilizados principalmente para actividad forestal) y pendientes que permiten la visualización del paisaje.

En términos de superficie, el bosque nativo estimado en esta comuna es de 1.041 hectáreas (que representa el 6% del total del área afectada por los incendios 2016-2017), el cual se encuentra limitado a fondos de quebradas no intervenidas, de manera muy fragmentada. Por otro lado, el matorral nativo presenta una superficie estimada de 704 hectáreas (que representa el 5% del total de área afectada por los incendios 2016-2017). Se presenta evidencia de que la condición previa a los incendios es de elevada fragmentación de las unidades vegetacionales nativas, principalmente por el desarrollo de actividad forestal, y secundariamente agrícola y ganadera.

4.1.3 Comuna de Marchigüe

La comuna de Marchigüe presenta mayor heterogeneidad ecosistémica-territorial, presentando en su parte poniente características similares a la comuna de Paredones (presencia de cordones montañosos e influencia costera), siendo la parte central y oriental más plana, que es donde se

concentra la población humana y las actividades agrícolas. En este sector más llano el suelo tiene mayor permeabilidad, lo que confiere la presencia de acuíferos, además de desarrollo de matorral nativo de mayor extensión. La comuna de Marchigüe presenta orografía más diversa, mayor cantidad de poblados y usos de suelo, y por tanto, situaciones disímiles que interactúan con los ecosistemas naturales.

Similar a la comuna de Paredones, en la zona poniente de cordones montañosos se desarrolla mayormente la actividad forestal, encontrándose el bosque nativo en los fondos de quebrada y el matorral de manera dispersa y escasa en laderas de cerros principalmente. Cabe destacar en esta zona, específicamente en la parte norte del sitio siniestrado por los incendios, la presencia del Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad de la Región de O'Higgins "Navidad Tanumé", sitio de importancia de primer orden. Por otro lado, en la vertiente oriente de la Cordillera de la Costa, donde se desarrolla además de la actividad forestal actividad agrícola, se presenta como un sector bastante más seco, sin influencia de la nubosidad costera ni cauces, presentando abundante matorral tipo Espinal, los cuales en su mayoría son utilizados como praderas antrópicas para ganadería.

En la parte central del área incendiada en la comuna de Marchigüe, localizada al sur de ésta, presenta escasa disponibilidad de recurso hídrico y cordones montañosos de menor pendiente, donde la actividad forestal se presenta de manera más restringida. Esta zona se caracteriza por presentar mayores características de procesos erosivos (cárcavas), destacándose la presencia del Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad de la Región de O'Higgins "Merquehue Peñablanca", sitio de importancia de segundo orden. Luego, la parte más occidental del área incendiada presenta una actividad agrícola vitivinícola extensa y algunos cerros con dominancia de matorrales.

En términos de superficie, el bosque nativo estimado en Marchigüe es de 904 hectáreas (que representa el 4% del total del área afectada por los incendios 2016-2017), el cual se encuentra limitado a fondos de quebradas no intervenidas, de manera muy fragmentada. Por otro lado, el matorral nativo presentaría una superficie del doble aproximadamente, llegando a una estimación de 2014 hectáreas (que representa el 10% del total de área afectada por los incendios 2016-2017). Se observa que la condición base es de elevada fragmentación de las unidades vegetacionales nativas, principalmente por el desarrollo de actividad forestal, y secundariamente agrícola y ganadera.

4.2 Descripción del Daño Ambiental Causado: Análisis del grado de afectación de los incendios

De acuerdo con los antecedentes inicialmente presentados en la propuesta de PdR al Tribunal Ambiental, los incendios en las comunas de Marchigüe y Paredones presentaron diverso grado de severidad (alta, media y baja), lo cual refleja una totalidad de afectación, abarcando tanto matorral, como bosque nativo y plantaciones forestales. Sólo considerando esta información no sería posible inferir el grado de afectación sobre los ecosistemas naturales, así como tampoco evaluar su condición actual considerando procesos de regeneración (por sobre la que se tiene que actuar), más aún considerando que se ha documentado que el bosque esclerófilo y el matorral espinoso de la zona presenta cierta resiliencia a los eventos de fuego y patrones de regeneración especie-específicos, debido a sus adaptaciones a clima mediterráneo.

Adicionalmente, a la luz de los antecedentes del uso histórico del territorio asociadas a la deforestación para la agricultura en las primeras etapas (información obtenida desde pobladores de

la zona) y luego por el uso para plantaciones forestales, con un uso intensivo en la mayoría del territorio afectado por los incendios, y el actual proceso de parcelación (información visualizada en terreno e indicado por pobladores), sumado con un creciente déficit hídrico y una serie de incendios forestales que han afectado la zona previo al evento del verano 2016-2017, es que se puede deducir que el estado actual de los ecosistemas naturales es atribuible mayormente a una suma de estos efectos, principalmente debido al uso del territorio por actividades antrópicas.

Pese a que la degradación diagnosticada de la situación actual de los ecosistemas naturales puede poseer orígenes diversos al objeto del presente Plan, como son la afectación por herbivoría por ganado, la disminución en la disponibilidad de recurso hídrico, la deforestación, etc., en terreno fue posible evaluar la afectación de éstos producto de los incendios forestales ocurridos a partir de indicadores específicos de daño del fuego, como presencia de cenizas, presencia de partes foliares o troncos quemados y regeneración natural de éstos.

A través de información actualizada levantada mediante vuelos en dron (que abarcaron el 40% de la superficie total afectada por los incendios en ambas comunas), procesamiento de información de base (IDE Minagri) e interpretación de imágenes satelitales en cuanto al uso y distribución de formaciones vegetacionales nativas (bosque y matorral) antes del incendio forestal del verano 2016-2017 y condición posterior a este incendio, se observa que, por lo general, el efecto del fuego fue más bien homogéneo sobre los ecosistemas naturales. Ello porque el uso del suelo producto de la actividad forestal en la mayor parte del territorio imprime una presión específica y relativamente homogénea a través de los ecosistemas naturales, los que se disponen de manera fragmentada producto de dicha actividad antrópica. La geomorfología de los sitios donde se encuentran las plantaciones forestales, de pendientes moderadas, y la mayor influencia de la neblina en las zonas de Paredones y vertientes occidentales de Marchigüe generan la disposición del bosque esclerófilo en los fondos de quebradas y porciones dispersas de matorral en las zonas de laderas y algunos sectores. Adicionalmente, en los fondos de quebrada se establece mayor humedad y cauces pequeños, de régimen pluvial y muchos de ellos intermitentes.

Del levantamiento en terreno se puede concluir que la vegetación nativa, representada por el bosque y matorral nativos, presenta en su mayoría indicios de afectación por acción del fuego. En este sentido, la gran mayoría de los registros (72% del total evaluado) dan cuenta de una condición de quema del estrato arbóreo. Se evidenció a lo largo del muestreo la presencia de materia orgánica quemada como elemento de la condición del suelo. Asimismo, el bosque de los fondos de las quebradas, posee individuos adultos quemados y en proceso de regeneración como patrón general de estudio. Además, no se detectó la presencia de cenizas, que dé cuenta de eventos de incendio recientes.

La severidad del fuego de los incendios es evaluada como de severidad heterogénea a fuegos de reemplazo. En las zonas de quebradas la severidad del fuego fue principalmente de reemplazo, donde éste generó quema o destrucción de las partes áreas de la vegetación dominante (especies del bosque esclerófilo). En el matorral se observa fuegos de severidad heterogénea, donde las especies más resistentes o xerofíticas sobrevivieron a los efectos del incendio. Finalmente, no se encuentra evidencia de quema del estrato herbáceo, el que en la actualidad se mantiene, con dominancia de especies introducidas.

Adicionalmente, se evaluó que la vegetación presenta escasa-nula regeneración sexual (plántulas y floraciones), lo que podría limitar su regeneración natural en el largo plazo. Sin embargo, los ecosistemas nativos afectados por los incendios 2016-2017 sí presentan regeneración de individuos

mediante procesos asexuales (vástagos desde tronco u estructura subterránea no afectada por el fuego), especialmente cuando se encuentran asociados a cuerpos de agua.

Se encuentran dos zonas como excepcionales a el patrón antes mencionado, el primero correspondiente a Navidad Tanumé en Marchigüe y el segundo al sector de Perdigueros en Paredones. Navidad Tanumé presenta el área más extensa y homogénea en cuanto a la pérdida de bosque esclerófilo, el cual en la actualidad se encuentra en proceso de regeneración natural bajo una fisionomía de matorral arborescente, identificándose una pérdida de relevancia para la diversidad local y regional. En el caso de Perdigueros, se encuentra bajo nivel de afectación producto del fuego en lo que respecta al bosque nativo de Canelo-Chequén, encontrándose de manera dispersa efectos del fuego, pero de baja magnitud. Se encuentra en esta zona escurrimientos superficiales, los que podrían aportar a la regeneración del bosque y a mantener la humedad, de manera tal que los efectos sean reducidos sobre los ecosistemas naturales.

El detalle de la descripción el daño ambiental causado por los incendios, se encuentra desarrollado, como se ha indicado, en el Informe Diagnóstico que se adjunta en Anexo 2, específicamente en el capítulo 4.3 de dicho Informe.

4.3 Superficies de territorio afectadas por incendios

De acuerdo con información proporcionada por CONAF (2020) (para más detalles ver Anexo 2, Fase Diagnóstico), la totalidad del área comprometida en los incendios forestales 2016-2017 fue de 36.603 ha. El 55% de esta superficie pertenece a la comuna de Marchigüe y el 45% en la comuna de Paredones. El nombre de los incendios y su superficie se indica en la Tabla 2.

El área a reparar por el presente PdR es de 9.146 hectáreas⁴, las cuales deben pertenecer o ser parte de ecosistemas naturales afectados por los incendios forestales 2016-2017 en las comunas de Marchigüe y Paredones.

Tabla 2: Cálculo de superficies siniestradas por incendios por comuna.

| Nombre incendio | Comuna | Área (ha) | % | % comunas |
|------------------|-----------|---------------|-----|-----------|
| Nilahue-Barahona | Marchigüe | 18.298 | 50% | 55% |
| El Carrizal | | 1.857 | 5% | |
| Alto Población | Paredones | 6.724 | 18% | 45% |
| La Cabaña | | 966 | 3% | |
| El Perdiguero | | 8.758 | 24% | |
| Total | | 36.603 | - | - |

Fuente: Elaboración propia en base a información CONAF (2020).

⁴ Conforme el Acuerdo logrado entre las partes, que consta en la Propuesta Metodológica del Plan de Reparación Ambiental, ante el Segundo Tribunal Ambiental, en Causa Rol N° D 33-2017 (acumulada Rol N° D 34-2017).

En atención de que los ecosistemas naturales de interés en las 36.603 hectáreas se encuentran dispuestos de manera dispersa y presentan diferentes condiciones a lo largo del territorio, la totalidad de esta área fue diagnosticada.

4.4 Ecosistemas naturales afectados por incendios

4.4.1 Información bibliográfica

En una primera instancia, de manera bibliográfica, se realizó una revisión de la distribución de los ecosistemas naturales, delimitados sobre la base de su estructura vegetacional de bosque o matorral nativo (consideraciones metodológicas indicadas en acápite 1.2.1 del presente Plan), en las 36.603 hectáreas totales afectadas por incendios forestales 2016-2017 en las comunas de Marchigüe y Paredones (conforme a se indicó en acápite 4.1, anterior). Para ello, se revisaron las unidades cartográficas vegetacionales definidas por CONAF (2013), la que identifica la presencia potencial de 14.126 hectáreas de bosque y matorral nativo, de acuerdo con lo que se puede observar en la Tabla 3. Para corroborar lo anterior, en función de la distribución de los ecosistemas naturales identificados de manera bibliográfica, se definieron 72 estaciones de muestreo a través de una grilla aleatoria, ajustada posteriormente en relación a los accesos de terreno.

Tabla 3: Superficies potenciales de ecosistemas (bosque y matorral) afectados por incendios forestales.

| Comuna | Sup. (ha) vegetacionales afectas, bibliográfico | |
|--------------|---|--------------|
| | Bosque | Matorral |
| Marchigüe | 5.533 | 2.099 |
| Paredones | 4.056 | 2.438 |
| Total | 9.589 | 4.537 |
| | 14.126 | |

Fuente: Elaboración propia en base a información CONAF (2013).

De acuerdo con la clasificación de Luebert y Plissock (2014), la formación dominante en las comunas bajo estudio es el bosque esclerófilo, seguido del bosque espinoso. En la comuna de Marchigüe, en su parte poniente y prácticamente la totalidad de la comuna de Paredones, se encuentra ocupada por el “Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithrea caustica* (Litre) y *Azara integrifolia* (Corcolén)”. En general, se encuentra muy degradado, dando paso a un matorral arborescente en gran parte de su extensión, pero que en algunos casos alcanza una fisionomía boscosa con bastante desarrollo estructural, tanto horizontal como vertical. Una baja proporción de la zona norte de las comunas bajo estudio presentan “Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithrea caustica* (Litre) y *Cryptocarya alba* (Peumo)”, el cual presenta similares características que el bosque anteriormente mencionado, aunque sus propiedades han sido mayormente modificadas por la acción antrópica.

En la zona más poniente de Marchigüe se desarrolla el “Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* (Litre) y *Peumus boldus* (Boldo)”. La presión de pastoreo de estos ambientes lleva progresivamente a una pérdida de los elementos arbóreos característicos y a la incorporación de elementos del matorral espinoso de *Acacia caven*. Se ha planteado que la exclusión del pastoreo puede permitir la recuperación del bosque esclerófilo (Luebert y Plissock, 2004).

Finalmente, también en la comuna de Marchigüe, en su parte nororiente, se desarrolla el “Bosque espinoso mediterráneo costero de *Acacia caven* (Espino) y *Maytenus boaria* (Maitén)”. También es

una formación que presenta una elevada degradación, lo que conduce a la formación de una pradera compuesta principalmente por especies alóctonas. Se ha especulado que el espinal mismo corresponde a una fase regresiva del bosque esclerófilo original de Litre y Peumo, o del matorral de Chagual y Quisco.

4.4.2 Levantamientos en terreno y procesamiento imágenes satelitales

Mediante el trabajo de levantamiento en terreno y procesamiento de vuelos de dron e imágenes satelitales para evaluar las formaciones previas a los incendios forestales 2016-2017, identificando sectores que previamente hayan sido utilizadas para plantaciones, incluyendo en este análisis los usos de suelo de la base de datos de CONAF (2013), mediante la construcción de un Sistema de Información Geográfico (SIG), se definieron las superficies de ecosistemas afectas al presente Plan y cómo se distribuyen en las comunas en la actualidad. En terreno se levantó información específica sobre su cobertura, riqueza, especies dominantes, etc., así como también características del territorio, como suelo, pendiente, condición hídrica, fauna, etc. (los resultados en detalle se encuentran en Anexo 2 del presente Plan).

Como patrón general, se observa una condición base, previa a los incendios forestales del verano 2016-2017, de ecosistemas fragmentados en el territorio, los que disminuyeron su superficie luego de dichos incendios, cambiando su uso por mayor superficie de plantaciones forestales principalmente. El proceso de reemplazo de ecosistemas nativos por otros usos antrópicos en la zona Central de Chile se encuentra documentado como una de las variables que afectan la sustentabilidad de estos ecosistemas (Pliscoff, 2020). Como se ha comentado anteriormente, se destaca como de elevada afectación el sector de Navidad Tanumé, donde se encuentra el área más extensa y homogénea en cuanto a la pérdida de bosque esclerófilo, el cual en la actualidad se encuentra en proceso de regeneración natural bajo una fisionomía de matorral arborescente, identificándose una pérdida de relevancia para la diversidad local y regional.

En resumen, del total de la superficie siniestrada (36.603 hectáreas), se identificaron como ecosistemas de bosque y matorral nativo en el área diagnosticada a 4.572 hectáreas, 1.832 hectáreas de bosque y 2.740 hectáreas de matorral. En Marchigüe, la riqueza de especies es mayor en el sector de Navidad Tanumé, donde además se podrían encontrar especies endémicas y singulares, mientras que en la zona de Cardonal se destaca la elevada regeneración de la vegetación asociada a un cuerpo de agua (cauce), además de la presencia destacada de extensiones de matorral. En Paredones, se destaca la diversidad en la zona de San Pedro de Alcántara, también asociada a un cuerpo de agua (cauce) y la presencia de especies singulares en el sur de esta comuna (sector Perdiguero), donde la acción del fuego ha sido menor, encontrándose bosques de sucesiones avanzadas (Canelo-Chequén). Los resultados específicos de la configuración del bosque y el matorral, así como su riqueza de especies, tanto de la flora como de la fauna, se explican en extenso en el Anexo 2 al presente Plan.

Tabla 4: Superficies de ecosistemas (bosque y matorral) afectados por incendios forestales.

| Comuna | Sup. (ha) vegetacionales afectas, estudios en terreno | |
|-----------|---|----------|
| | Bosque | Matorral |
| Marchigüe | 844 | 2.008 |
| Paredones | 988 | 732 |
| Total | 1.832 | 2.740 |
| | 4.572 | |

4.5 Descripción de los Sitios en que se Implementarán las Medidas Propuestas y su Área de Influencia

Una vez definida a la vegetación terrestre como la variable para delimitación de ecosistemas naturales afectados por incendios forestales 2016-2017, y según se detalla en el Informe Diagnóstico, se procesó y sistematizó la información recabada utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) respecto de distintos componentes naturales y su disposición respecto del uso del suelo, con lo cual se definieron distintas Unidades Territoriales (UT). En efecto, cada UT corresponde a una agrupación territorial, que se ha realizado para fines del presente PdR, en que cada unidad se compone de territorios que brindan servicios ecosistémicos similares en el territorio en función de: el uso del territorio por parte de la actividad forestal y humana en general, distribución e influencia del recurso hídrico y configuración de la vegetación en cuanto a la riqueza de las especies de la flora y composición de bosque y matorral.

La selección de estos sitios se ha justificado en cuanto a su importancia relativa en cuanto a los servicios ecosistémicos que fueron afectados por los incendios forestales 2016-2017, y presencia de Sitios Prioritarios o Sitios de Restauración Temprana. Dicha justificación se encuentra contenida en el punto 5.1 del presente Plan, y detallada en el punto 5.2, que indica las áreas afectas al Plan.

En la siguiente tabla se encuentran las principales características de las UT (disposición en Figura 6), las que se describen en extenso en Anexo 2 del presente documento:

Tabla 5: Principales características UT Diagnóstico

| Comuna | UT | Principales características |
|-----------|------------------------|--|
| Marchigüe | Navidad-Tanumé | Mayor proporción de bosque y matorral nativo, en regeneración. Presencia de bosques de mayor desarrollo. Presencia recurso hídrico. Presencia de Sitio Prioritario (SP) y Sitio de Reparación Temprana (SRT). |
| | Cardonal | |
| | Merquehue-Peñablanca | |
| | Pailimo | Baja a medio desarrollo de bosque y matorral nativo, con relativo proceso de regeneración. Escaso recurso hídrico. Cercanía a poblados. Ausencia de SP y SRT. |
| | El Sauce | |
| | La Pitra | |
| | La Quebrada | |
| | Las Pataguas | |
| | Embalse Alcones | Desarrollo intensivo de la actividad forestal. Prácticamente sólo presencia de bosque nativo únicamente en fondos de quebrada. Uso del recurso hídrico para actividad forestal. Baja accesibilidad y ausencia de SP y SRT. |
| | Laguna Carrizal | |
| | Pailimo Norte | No se registran formaciones vegetacionales nativas en extensión, o se encuentran muy parceladas debido a diferentes usos antrópicos. |
| | Alcones | |
| Paredones | Perdigueros | Mayor proporción de bosque y matorral nativo, en regeneración. Presencia de bosques de mayor desarrollo. Presencia recurso hídrico. Presencia de SP y SRT. |
| | San Pedro de Alcántara | |

| Comuna | UT | Principales características |
|--------|-----------------|--|
| | La Población | Baja a medio desarrollo de bosque y matorral nativo, con relativo proceso de regeneración. Escaso recurso hídrico. Cercanía a poblados. Ausencia de SP y SRT. |
| | Paredones Norte | Desarrollo intensivo de la actividad forestal. Prácticamente sólo presencia de bosque nativo únicamente en fondos de quebrada. Uso del recurso hídrico para actividad forestal. Baja accesibilidad y ausencia de SP y SRT. |
| | Paredones Sur | |
| | Carbincho | No se registran formaciones vegetacionales nativas en extensión, o se encuentran muy parceladas debido a diferentes usos antrópicos. |
| | Carrizalillo | |
| | Cutemo | |

Fuente: Elaboración propia. * SP = Sitio Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad Región de O'Higgins. SRT = Sitio de Reparación Temprana definido en la propuesta de Plan.

En la Tabla 6 se muestra un resumen de las superficies de cada UT, las que suman 36.306 hectáreas, como parte del diagnóstico ejecutado para el presente Plan. Cabe indicar que el PdR se aplicará en estas UT hasta alcanzar, en lo posible, las 9.146 ha que componen el presente Plan. Se vislumbra que esta holgura (lo estudiado versus la superficie que se requiere recuperar conforme lo indica la sentencia del Tribunal Ambiental) permitirá contar con alternativas al momento de implementar el PdR, toda vez que, dado que se trata, en su mayoría, de predios de propiedad privada, es posible que sus dueños tengan ya destinados sus predios a otros objetivos, por lo que se intentará acordar la implementación de las medidas descritas en el presente documento con aquellos propietarios que estén dispuestos a su ejecución y posterior monitoreo.

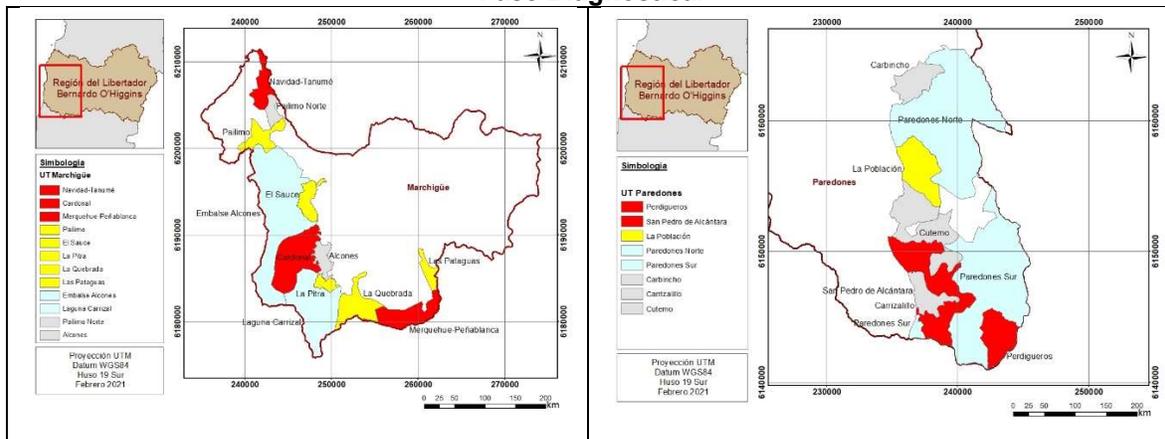
Tabla 6: Superficies por UT y de ecosistemas nativos.

| Comuna | UT | Superficie total (ha) | | |
|-----------|------------------------|-----------------------|--------|----------|
| | | Total | Bosque | Matorral |
| Marchigüe | Navidad-Tanumé | 881 | 85 | 165 |
| | Pailimo Norte | 406 | 0 | 0 |
| | Pailimo | 930 | 48 | 55 |
| | Embalse Alcones | 6.724 | 339 | 47 |
| | El Sauce | 749 | 32 | 33 |
| | Cardonal | 2.621 | 117 | 601 |
| | Alcones | 636 | 2 | 13 |
| | La Pitra | 326 | 8 | 277 |
| | Laguna Carrizal | 3.447 | 130 | 30 |
| | La Quebrada | 1.463 | 8 | 74 |
| | Merquehue-Peñablanca | 1.548 | 57 | 558 |
| | Las Pataguas | 466 | 18 | 155 |
| Paredones | Carbincho | 678 | 15 | 2 |
| | Paredones Norte | 5.182 | 272 | 4 |
| | La Población | 1.037 | 85 | 94 |
| | Cutemo | 1.703 | 41 | 2 |
| | San Pedro de Alcántara | 1.927 | 211 | 403 |
| | Carrizalillo | 534 | 4 | 6 |

| Comuna | UT | Superficie total (ha) | | |
|--------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|
| | | Total | Bosque | Matorral |
| | Paredones Sur | 4.523 | 238 | 64 |
| | Perdigueros | 822 | 122 | 157 |
| | Total | 36.603 | 1.832 | 2.740 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Disposición de las UT en el territorio sobre la base de información recabada en Fase Diagnóstica.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las singularidades que agrupan cada UT (singularizadas gráficamente con distintos colores, para observación de manera didáctica), justificando de manera general su delimitación:

1. **UT's en color celeste:** corresponden a terrenos donde se desarrolla la actividad forestal de manera intensiva. Las zonas de menos pendiente han sido utilizadas completamente por plantaciones de Pino y Eucaliptus, encontrándose el bosque esclerófilo únicamente en los fondos de las quebradas. El matorral presenta un desarrollo de escaso a nulo, y en ocasiones se encuentra en unidades muy pequeñas no cartografiables en zonas de laderas adyacentes a los bosques nativos de fondo de quebrada. El bosque es esclerófilo con especies hidrófilas cuando se encuentran mayores escurrimientos, preferentemente en la comuna de Paredones, con presencia de especies invasoras, como zarzamora. Se encuentran escasos cuerpos de aguas superficiales, de mayor intensidad en Paredones. Por lo general presentan los tranques más extensos, en los cuales se acumula agua para el riego de las plantaciones forestales dispuestas.
2. **UT's en color amarillo:** corresponden a porciones de territorio donde el bosque esclerófilo y matorral espinoso se dispone en proporciones similares, con desarrollo de actividad forestal en menor grado. En estos territorios se encuentran poblados y caseríos dispersos, así como sectores de parcelaciones. El recurso hídrico es aún más escaso, no evidenciándose presencia de cauces ni tranques de mayor envergadura. En estas unidades no se distinguen poblaciones de especies de flora y fauna particulares.
3. **UT's en gris:** en estos territorios no se encontró desarrollo de matorral o bosque esclerófilo. Sus terrenos son utilizados por plantaciones forestales principalmente y secundariamente por poblados y parcelaciones. Similarmente al caso anterior, el recurso hídrico es escaso,

no evidenciándose presencia de cauces ni tranques de mayor envergadura, y no se distinguen poblaciones de especies de flora y fauna particulares.

4. **UT' en rojo:** se identificaron unidades territoriales que presentan matorral y bosque, el cual presenta especies o formaciones vegetacionales singulares y/o que se asocian a Sitios Prioritarios para la conservación de la Biodiversidad de la región de O'Higgins, por ejemplo, presencia de especies endémicas en Navidad Tanumé (sitio prioritario de primera prioridad en la región), Bosque de Petra en San Pedro de Alcántara y relicto de Canelo-Chequén en Perdigueros. Presentan actividad forestal de menor intensidad y baja presencia de caseríos. Se encuentran asociados a cauces naturales de una relativa envergadura, lo que probablemente ha sido esencial para la mantención de estas formaciones particulares. Adicionalmente, parte del territorio de estas UT se asocian a los Sitios de Reparación Temprana, donde se deberán aplicar medidas de restauración ecológica en las primeras fases del Plan.

4.6 Ecosistemas de referencia

En la Fase Diagnóstico se visitaron los ecosistemas afectados por los incendios y ecosistemas aledaños con el fin de determinar zonas o puntos de referencia o control de las formaciones vegetacionales a restaurar.

Dado el uso del territorio y la elevada perturbación antrópica en general, no fue posible identificar zonas de control, idealmente áreas protegidas oficiales, que permitan establecer condiciones de control para los seguimientos del PdR.

En conformidad con las recomendaciones del MMA (2018), que establece que ante la ausencia de zonas de control se pueden considerar modelos teóricos sobre la base de información histórica, es que se optó por definir ecosistemas de referencia por zona a restaurar de acuerdo a literatura. En el punto 6 del presente documento se detallan los ecosistemas de referencia conforme a las áreas de aplicación del Plan.

4.7 Evaluación de factores críticos

En relación con la evaluación de los factores críticos que afectan a los ecosistemas naturales en el área de estudio, cabe destacar que el estrés hídrico propio de Chile Central y pérdida de las propiedades del suelo producto de incendios y otras presiones (como uso intensivo para plantaciones forestales o agrícolas) pueden limitar considerablemente la restauración ecológica, en específico, en las comunas bajo estudio (Marchigüe y Paredones).

Mediante la información levantada de manera bibliográfica y procesamiento de información de terreno, se identificaron los factores críticos a los que se encuentran expuestos los ecosistemas afectados por los incendios del verano 2016-2017, los que se resume a continuación (Tabla 7):

Tabla 7: Evaluación de factores críticos (amenazas) a los ecosistemas nativos.

| Factor crítico | Condición territorio | Diagnóstico |
|-----------------------|--|--|
| Déficit hídrico | Disminución del recurso hídrico por desarrollo de actividad forestal | Afecta de manera generalizada sobre los ecosistemas y su sustentabilidad, especialmente en sectores de vertiente oriental de cordón montañoso en Marchigüe y centro de esta comuna. |
| Herbivoría | Detrimiento de ecosistemas y flora/fauna por pastoreo de ganado y herbivoría de lagomorfos | Afecta de manera generalizada sobre los ecosistemas y su sustentabilidad en todo el territorio evaluado, con presencia de ganado (vacas, caballos, etc.) y lagomorfos. |
| Especies invasoras | Pérdida de hábitat para flora y fauna terrestre por especies vegetacionales exóticas | Afecta de manera generalizada sobre los ecosistemas y su sustentabilidad en todo el territorio evaluado, con presencia de zarzamora principalmente. |
| Erosión | Pérdida y detrimento de suelo por actividad forestal | El suelo presenta una erosión moderada en la mayoría del territorio evaluado, con presencia de zanjas. Sectores con menor disponibilidad de recurso hídrico, como Merquehue Peñablanca, presentan mayor erosión (cárcavas) |
| Uso del territorio | Pérdida de ecosistemas por uso del territorio para actividad forestal | La mayor parte del territorio presenta un uso de plantaciones forestales, generando una pérdida de ecosistemas naturales y fragmentación de los mismos. |
| Incendios forestales | Pérdida de bosque y matorral nativo por incendios forestales | Los incendios forestales han generado pérdidas históricas de las propiedades ecosistemas naturales en el área considerada en el presente Plan. |

Fuente: Elaboración propia.

Cada factor fue evaluado por unidad territorial, explicado en extenso en Anexo 2 del presente documento, que contiene el Diagnóstico realizado para el diseño del presente PdR.

5 ETAPA DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

La presente etapa tiene como insumo principal los resultados de la Fase Diagnóstico, y tiene por objeto programar la aplicación de las medidas, distribuyendo de manera priorizada los recursos técnicos para su implementación. En complemento, se consideran las aproximaciones metodológicas presentadas en el Marco Conceptual del presente Plan, acápite 3 y los servicios ecosistémicos afectados por los incendios forestales objeto del presente Plan, identificados y explicados en el acápite 3.2.3.

En base a la incorporación de las aproximaciones metodológicas presentadas en el Marco Conceptual del Plan, y en capítulo 2 del Informe de Diagnóstico, en el presente apartado se establecen los objetivos o metas de las medidas de reparación, identificando los resultados esperados, materializados en la condición o estado del o los territorios y atributos que se aspira alcanzar, mediante indicadores de éxito que permitan estimar el grado de avance de los procesos de restauración con respecto al estado inicial, comparando con las metas propuestas. Además, se describen en detalle para su ejecución luego en los sectores definidos.

Los indicadores de éxito son construidos sobre la base de variables cuantitativas, salvo que excepcional y fundadamente deba hacerse en forma cualitativa. Asimismo, respecto de cada meta de restauración se indican los plazos asociados.

Lo anterior se realiza mediante la conceptualización de los servicios ecosistémicos a restaurar de acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico por UT, definiendo también la superficie específica de aplicación del Plan (9.146 hectáreas), junto con el listado de roles y propietarios involucrados en ésta.

5.1 Servicios ecosistémicos por UT

Como se ha mencionado anteriormente, la disposición y naturaleza de los ecosistemas naturales en cada UT otorgan diferentes servicios ecosistémicos, así, por ejemplo, sectores donde el fuego eliminó gran parte de la vegetación que en la actualidad se encuentra en regeneración, se vio mayormente afectado el aprovisionamiento de biomasa, mientras que, en sectores con mayor singularidad de especies, también se ve afectado el servicio de producción de semillas endémicas. Asimismo, sectores con menor disponibilidad de recurso hídrico debido a geomorfología e influencia marina el suelo presenta mayor detrimento de su condición producto de la pérdida de cobertura vegetal, y en sectores con mayor disponibilidad de recurso hídrico de manera natural (pequeños cauces muchos de ellos de escurrimiento intermitente) es el ciclo del agua y la calidad de la misma, la que se ve mayormente afectada por la pérdida de cobertura vegetal. Se incluyó además consideraciones culturales, asociadas a ecosistemas que interactúan más cercanamente a sectores poblados, cuyo servicio ecosistémico se asocia con cualidades ecológicas del bosque que lo hacen atractivo para el excursionista, y de flora y fauna endémica de Chile Central.

Considerando lo anterior, los diferentes servicios ecosistémicos afectados por los incendios forestales 2016-2017 y los resultados del diagnóstico, en la Tabla 8 se resume los resultados superficies de ecosistemas (delimitados mediante la variable de las formaciones vegetacionales, de matorral y bosque), Sitios de Reparación Temprana (SRT), Sitios Prioritarios (SP) para la conservación y Servicios Ecosistémicos (SE) por Unidad Territorial (UT), y puntuación para selección de áreas a restaurar.

El puntaje final obtenido por cada UT corresponde a la sumatoria de aspectos positivos por cada UT, considerada como 1 la presencia del aspecto señalado y como 0 la ausencia de dicho aspecto. Con dicha aproximación se obtuvieron las UT de mayor puntaje, o que poseen mayores características favorables para aplicar medidas de restauración que en su conjunto generen un efecto sinérgico para recuperar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas siniestrados, así como también su resiliencia al fuego, lo cual constituye el objetivo medular del presente Plan.

Tabla 8: Resumen de resultados superficies de ecosistemas (formaciones vegetacionales), Sitios de Reparación Temprana (SRT), Sitios Prioritarios (SP) para la conservación y Servicios Ecosistémicos (SE) por Unidad Territorial (UT), y puntuación para selección de áreas a restaurar.

| Comuna | UT | Superficie total (ha) | | | | % Veg B+M | SRT | SP | Servicios Ecosistémicos (SE) | | | | | | | | | Puntaje |
|--------------|------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----|----|------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| | | Total UT | Bosque (B) | Matorral (M) | Total (B+M) | | | | AP-B-01 | AP-S-02 | RM-CV-01 | RM-CE-02 | RM-HI-03 | RM-QA-04 | RM-IF-05 | RM-EI-06 | CU-IF-01 | |
| Marchigüe | Navidad-Tanumé | 881 | 85 | 165 | 250 | 28% | X | X | X | X | X | - | - | - | X | X | X | 8 |
| | Pailimo Norte | 406 | 0 | 0 | 0 | 0% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| | Pailimo | 930 | 48 | 55 | 103 | 11% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | 1 |
| | Embalse Alcones | 6.724 | 339 | 47 | 386 | 6% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| | El Sauce | 749 | 32 | 33 | 65 | 9% | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | X | 2 |
| | Cardonal | 2.621 | 117 | 601 | 718 | 27% | X | - | X | - | X | - | X | X | X | X | - | 7 |
| | Alcones | 636 | 2 | 13 | 15 | 2% | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | 1 |
| | La Pitra | 326 | 8 | 277 | 285 | 87% | - | - | X | - | X | X | - | - | X | X | X | 6 |
| | Laguna Carrizal | 3.447 | 130 | 30 | 160 | 5% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| | La Quebrada | 1.463 | 8 | 74 | 82 | 6% | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | X | 2 |
| | Merquehue-Peñablanca | 1.548 | 57 | 558 | 615 | 40% | X | X | X | X | - | X | - | - | X | X | X | 8 |
| Las Pataguas | 466 | 18 | 155 | 173 | 37% | - | - | X | - | X | X | - | - | X | X | - | 5 | |
| Paredones | Carbincho | 678 | 15 | 2 | 17 | 3% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| | Paredones Norte | 5.182 | 272 | 4 | 276 | 5% | - | - | - | - | - | - | X | X | - | - | - | 2 |
| | La Población | 1.037 | 85 | 94 | 179 | 17% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | 1 |
| | Cutemo | 1.703 | 41 | 2 | 43 | 3% | - | - | - | - | - | - | X | X | - | - | - | 2 |
| | San Pedro de Alcántara | 1.927 | 211 | 403 | 614 | 32% | X | - | X | X | X | - | X | X | X | X | X | 9 |
| | Carrizalillo | 534 | 4 | 6 | 10 | 2% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| | Paredones Sur | 4.523 | 238 | 64 | 302 | 7% | - | - | - | - | - | - | X | X | - | - | - | 2 |
| Perdigueros | 822 | 122 | 157 | 279 | 34% | - | - | X | X | X | - | X | X | X | X | - | 6 | |
| Total | | 36.603 | 1.832 | 2.740 | 4.572 | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Áreas afectas al PdR

Mediante la metodología explicada en el acápite 3, cuyo análisis se especifica en la Tabla 8, donde se puede observar una priorización para selección de Unidades Territoriales (UT), las que poseen mayor cantidad de Servicios Ecosistémicos afectados por los incendios forestales 2016-2017, además de presencia de Sitios Prioritarios (SP) para la conservación de la biodiversidad de la región de O'Higgins, y Sitios de Reparación Temprana (SRT) definidos en la propuesta del presente Plan, los cuales poseen una elevada relevancia para la protección de la diversidad local y regional, se observa que las UT donde se propone aplicar el PdR son:

1. Marchigüe
 - a. Navidad Tanumé
 - b. Cardonal
 - c. La Pitra
 - d. Merquehue Peñablanca

2. Paredones
 - a. San Pedro de Alcántara
 - b. Perdigueros

Junto con ello, y como se ha mencionado anteriormente (acápites 4 del presente Plan y extensamente en el Informe de Diagnóstico), la totalidad del área comprometida en los incendios forestales 2016-2017 fue de 36.603 hectáreas, donde parte de ellas corresponde a bosque y matorral nativo, superficies a recuperar. Con el fin de definir una proporcionalidad respecto de las áreas a reparar por comuna, se tiene que el 55% de esta superficie pertenece a la comuna de Marchigüe y el 45% en la comuna de Paredones. De esta forma, proporcionalmente, de las 9.146 hectáreas afectas al presente Plan, se deben considerar aproximadamente 5.030 hectáreas en Marchigüe y 4.116 hectáreas en Paredones.

Con ello, en la Tabla 9 se detallan las superficies afectas al presente Plan, las que se muestran en las Figuras 7 y 8.

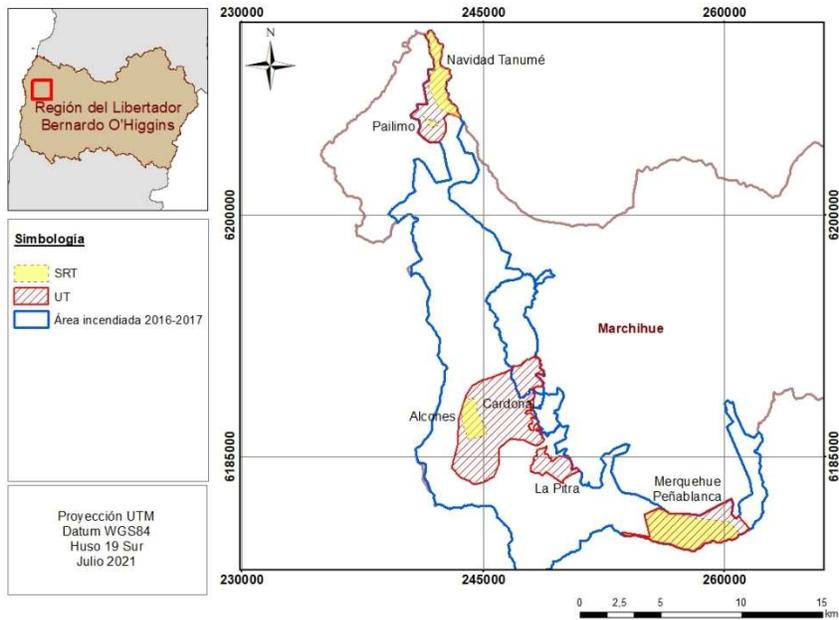
Tabla 9: Detalle de cálculo de superficies afectas al PdR.

| Comuna | UT | SRT | Superficie (há) | | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|----------------|--------------|
| | | | Total SRT | Restante para UT SRT | UT complemento | Total afecto |
| Marchigüe | Navidad Tanumé | SP Navidad Tanumé y Pailimo | 463 | 418 | 0 | 881 |
| | Cardonal | Alcones | 268 | 2.353 | 0 | 2.621 |
| | Merquehue Peñablanca | SP Merquehue Peñablanca | 954 | 268 | 0 | 1.222 |
| | La Pitra | - | 0 | 326 | 0 | 326 |
| Total Marchigüe | | | 1.685 | 3.039 | 0 | 5.050 |
| Paredones | San Pedro de Alcántara | San Pedro de Alcántara | 248 | 1.679 | 0 | 1.927 |
| | Perdigueros | Perdigueros | 233 | 589 | 0 | 822 |
| | Paredones Sur | - | 0 | 0 | 1.347 | 1.347 |
| Total Paredones | | | 481 | 2.268 | 1.347 | 4.096 |
| Total | | | 2.166 | 5.307 | 1.347 | 9.146 |

Fuente: Elaboración propia.

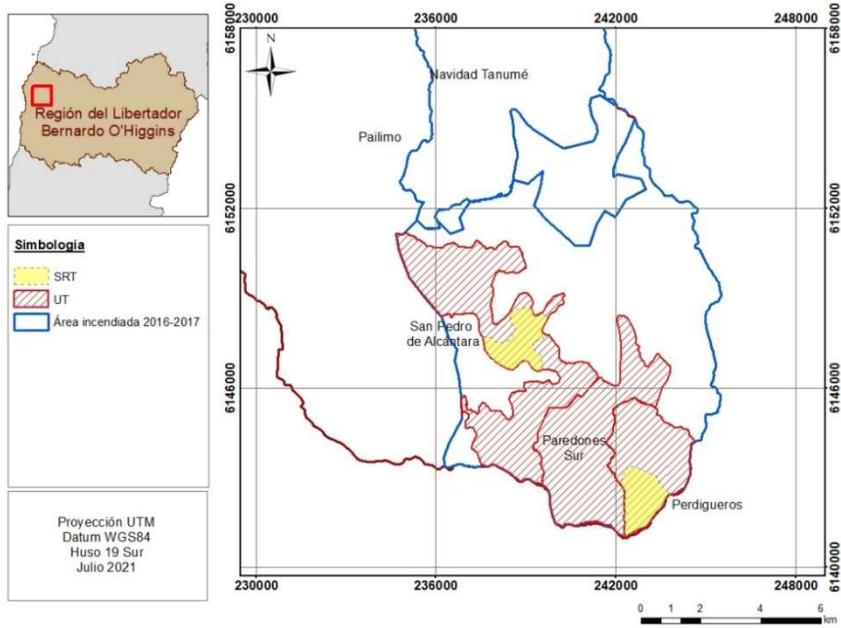
Cabe mencionar que, debido a que la actividad forestal es muy extensiva y no hay Sitios Prioritarios para la conservación en la comuna de Paredones, no fue posible encontrar superficies de restauración de la superficie requerida, por lo que se decidió incluir parte de la UT Paredones Sur con el fin de potenciar indirectamente a las UT de San Pedro de Alcántara y Perdigueros, dada su función como corredor ecológico. Además, como geográficamente se encuentra en la zona sur de Paredones, donde es probable que se encuentren mayormente adaptados los bosques de Petra y Canelo-Chequén, aunque sea de manera parcelada, se recomendó agregar esfuerzos en esta zona de manera de contribuir a la conservación de la biodiversidad a nivel de especies.

Figura 7: Áreas afectas PdR comuna de Marchigüe.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8: Áreas a restaurar PdR comuna de Paredones.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Identificación de propietarios

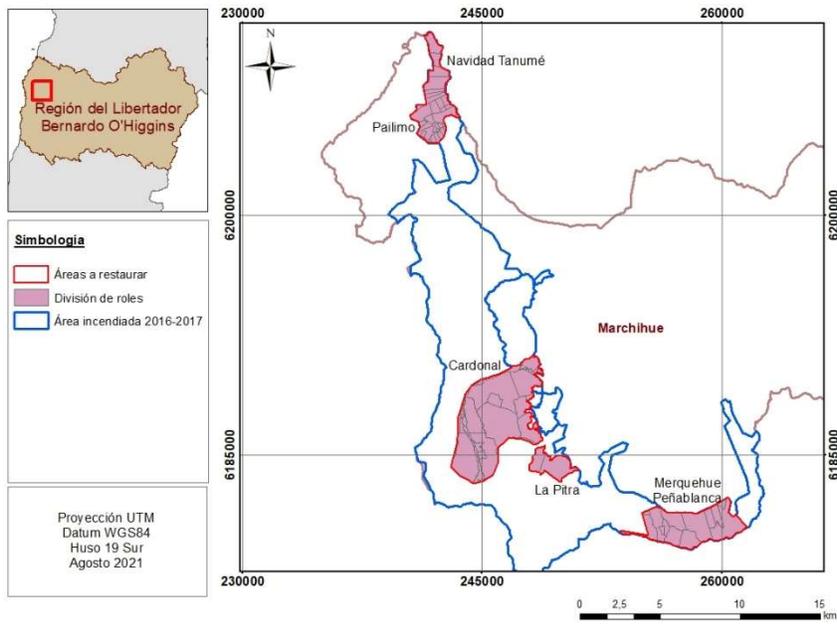
Sobre la base de la carta CIREN, escala de ingreso 1:10.000, SII Región de O'Higgins año 2014, se identificaron los roles asociados a cada área a restaurar, por comuna. En la Tabla 10 se resume el número de propietarios por sector, cuya distribución se muestra en la Figura 9 para Marchigüe y Figura 10 para Paredones.

Tabla 10: Resumen de número de roles por áreas a restaurar y comuna.

| Comuna | Área a restaurar | Número de predios (roles) |
|------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Marchigüe | Navidad Tanumé Pailimo | 38 |
| | Cardonal Alcones | 33 |
| | La Pitra | 2 |
| | Merquehue Peñablanca | 13 |
| Total Marchigüe | | 86 |
| Paredones | San Pedro de Alcántara | 165 |
| | Paredones Sur | 32 |
| | Perdigueros | 15 |
| Total Paredones | | 212 |
| Total predios | | 298 |

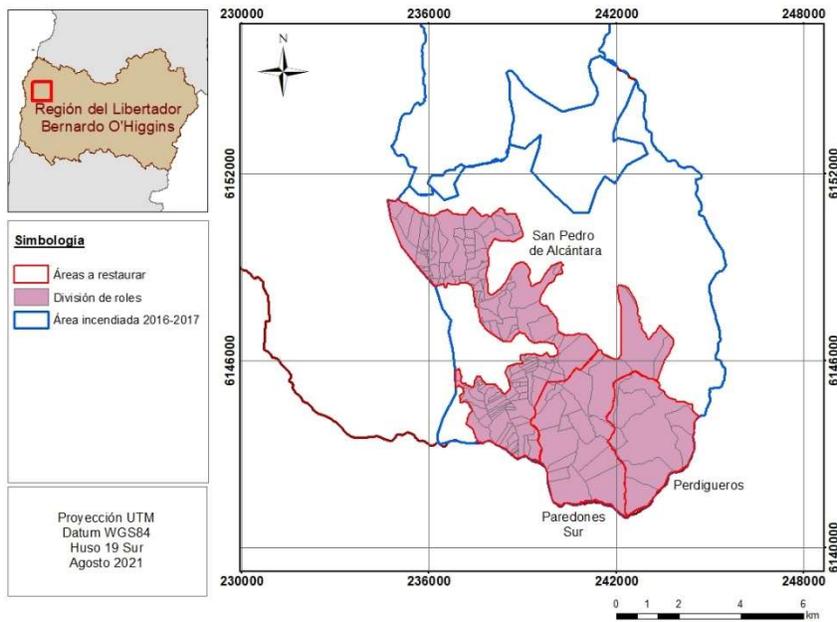
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Roles de áreas afectas PdR comuna de Marchigüe.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Roles de áreas afectas PdR comuna de Paredones.



Fuente: Elaboración propia.

5.3 Justificación medidas de restauración

Tal y como se ha comprometido en la propuesta para elaboración del PdR, las medidas de restauración ecológica deben elaborarse en función de la condición de los ecosistemas siniestrados por los incendios forestales del verano 2016-2017.

Como primera aproximación al diseño de medidas se identificaron las principales implicancias de las medidas a considerar en relación a los factores críticos o amenazas detectadas en el diagnóstico (explicadas en resumen en el capítulo 2 del presente Plan y en extenso en Anexo 2). Esta evaluación y criterios de selección para las medidas se detallan justificadamente en la Tabla 11, en función de los factores críticos, la condición del territorio levantada en el diagnóstico y las implicancias de las medidas.

Tabla 11: Evaluación de factores críticos (amenazas) y sus implicancias en medidas propuestas.

| Factor crítico | Condición territorio | Diagnóstico | Implicancias medidas |
|--------------------|---|---|---|
| Déficit hídrico | Disminución del recurso hídrico por desarrollo de actividad forestal | Afecta de manera generalizada sobre los ecosistemas y su sustentabilidad, especialmente en sectores de vertiente oriental de cordón montañoso en Marchigüe y centro de esta comuna. | Se debe optimizar el uso del agua para reforestaciones. Dentro de lo posible, prescindir del recurso para las primeras épocas del desarrollo. Utilizar plantas xerofíticas, realizar replante previo a las lluvias (otoño), y utilizar mecanismos de estrés hídrico previo al replante. Condicionar plántulas con materiales que eviten la pérdida de humedad. |
| Herbivoría | Detrimento de ecosistemas y flora/fauna por pastoreo de ganado y herbivoría de lagomorfos | Afecta de manera generalizada sobre los ecosistemas y su sustentabilidad en todo el territorio evaluado, con presencia de ganado (vacas, caballos, etc.) y lagomorfos. | En zonas estratégicas para la restauración, se propone excluir mediante cercado el ganado, previa gestión con propietarios. El manejo de herbivoría por lagomorfos debe ser considerada para los replantes para las reforestaciones. |
| Especies invasoras | Pérdida de hábitat para flora y fauna terrestre por especies vegetacionales exóticas | Afecta de manera generalizada sobre los ecosistemas y su sustentabilidad en todo el territorio evaluado, con presencia de zarzamora principalmente. | Generar un control de especies invasoras vegetacionales para potenciar la regeneración natural del bosque y matorral nativos. |
| Erosión | Pérdida y detrimento de suelo por actividad forestal | El suelo presenta una erosión moderada en la mayoría del territorio evaluado, con presencia de zanjas. Sectores con menor disponibilidad de recurso hídrico, como Merquehue Peñablanca, presentan mayor erosión (cárcavas). El matorral encuentra en suelos más secos, con baja evidencia de afectación y regeneración por incendios, donde además en zonas abiertas se encuentran geófitas de relevancia para la conservación. | Generar medidas de control de erosión local en laderas y manejo recuperación en sectores que tengan mayor evidencia de pérdida de suelo. En zona de matorrales generar acciones de manejo de suelo (zanjas) para retención de agua en terrenos secos de bajo drenaje. Adyacente a las zanjas, plantar especies xerofíticas. La cobertura no debe ser más del 60-70% para asegurar mantención de geófitas, las que se desarrollan en zonas desnudas. |

| Factor crítico | Condición territorio | Diagnóstico | Implicancias medidas |
|----------------------|---|--|---|
| Uso del territorio | Pérdida de ecosistemas por uso del territorio para actividad forestal | La mayor parte del territorio presenta un uso de plantaciones forestales, generando una pérdida de ecosistemas naturales y fragmentación de los mismos. Los ecosistemas presentan regeneración por rebrotes. | Otorgar condiciones para que las especies vegetales nativas mantengan procesos de regeneración naturales. En sectores en torno a los bosques nativos, proponer reforestaciones para mitigar la pérdida y detrimento total del bosque, además de enriquecer y manejar el suelo en el matorral. Proponer acciones de corta-fuegos en torno a ecosistemas nativos. |
| Incendios forestales | Pérdida de bosque y matorral nativo por incendios forestales | Los incendios forestales han generado pérdidas históricas de las propiedades ecosistemas naturales en el área considerada en el presente Plan. | Proponer acciones de corta-fuegos en torno a ecosistemas nativos. Generar medidas inmateriales de difusión y concientización de manejo de incendios. |

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, la definición de las medidas a implementar en el presente PdR guardan relación con la restauración de servicios ecosistémicos brindados en cada Unidad Territorial (UT), en función de las propiedades de los ecosistemas que allí se establecen, las cuales fueron explicadas en detalle y justificadamente en los capítulos 1.2.3., 3.1., 3.3. y 3.4 del presente documento.

En función de lo antes mencionado, en la Tabla 12 se encuentran los servicios ecosistémicos afectados por los incendios (explicados en el acápite 3.2.3), sus clases y las medidas propuestas para restaurar los efectos sobre dichas propiedades. Las especificaciones técnicas y su aplicación se encuentran en el acápite 6, Etapa de Desarrollo e Implementación del presente Plan.

Tabla 12: Medidas del PdR asociada a servicios ecosistémicos.

| Nombre | Justificación | Servicios ecosistémicos asociados | Clase | Detrimento ecosistémico producto de incendios |
|--|--|---|---|--|
| Manejo de especies vegetales invasoras | Favorecer proceso natural de regeneración de la vegetación | Generación de biomasa nativa | Plantas silvestres utilizadas como fuente de energía | Pérdida de madera de bosque nativo para utilizar como combustible por pobladores locales, y pérdida de producción de biomasa hacia cadenas tróficas superiores |
| | | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantenimiento de poblaciones renovales y hábitats | Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| | | Cualidades ecológicas del bosque que lo hacen atractivo para el excursionista. Cualidades de la flora y fauna endémica de Chile Central | Características de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas | Pérdida de atributos escénicos de la flora y fauna |

| Nombre | Justificación | Servicios ecosistémicos asociados | Clase | Detrimiento ecosistémico producto de incendios |
|---------------------------------------|--|---|---|--|
| Manejo de especies de fauna invasoras | Favorecer proceso natural de regeneración de la vegetación y recolonización de la fauna nativa | Semillas endémicas para cultivar | Semillas | Pérdida de semillas y estructuras reproductivas. Pérdida de estructuras para que plantas puedan generar semillas. Pérdida de plántulas en estrato herbáceo |
| | | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantención de poblaciones renovales y hábitats | Pérdida de hábitat para la fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja o alta movilidad. Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| Manejo de rebrotes foliales | Favorecer proceso natural de regeneración de la vegetación | Volumen de madera cosechada. Generación de biomasa nativa | Plantas silvestres utilizadas como fuente de energía | Pérdida de madera de bosque nativo para utilizar como combustible por pobladores locales, y pérdida de producción de biomasa hacia cadenas tróficas superiores |
| | | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantención de poblaciones renovales y hábitats | Pérdida de hábitat para la fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja o alta movilidad. Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| | | La capacidad de la vegetación para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| | | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| | | Limpieza del agua a través de procesos biológicos | Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos | Detrimiento en la calidad del agua |
| | | La capacidad de los ecosistemas para reducir la frecuencia, propagación o magnitud de los incendios | Protección ante incendios forestales | Detrimiento en la resiliencia de los ecosistemas frente a nuevos incendios |
| | | Cualidades ecológicas del bosque que lo hacen atractivo para el excursionista. Cualidades de la flora y fauna endémica de Chile Central | Características de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas | Pérdida de atributos escénicos de la flora y fauna. Aumento de paisajes con vegetación quemada, muy poco atractivo para la interacción con la naturaleza. |

| Nombre | Justificación | Servicios ecosistémicos asociados | Clase | Detrimiento ecosistémico producto de incendios |
|---|---|---|---|--|
| Reforestación en zona buffer | Aumentar resiliencia para eventos futuros de incendios. Aumentar cobertura vegetal de ecosistemas nativos | Volumen de madera cosechada. Generación de biomasa nativa | Plantas silvestres utilizadas como fuente de energía | Pérdida de madera de bosque nativo para utilizar como combustible por pobladores locales, y pérdida de producción de biomasa hacia cadenas tróficas superiores |
| | | Semillas endémicas para cultivar | Semillas | Pérdida de semillas y estructuras reproductivas. Pérdida de estructuras para que plantas puedan generar semillas. Pérdida de plántulas en estrato herbáceo |
| | | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantención de poblaciones renovales y hábitats | Pérdida de hábitat para la fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja o alta movilidad. Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| | | La capacidad de la vegetación para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| | | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| | | Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos | Limpieza del agua a través de procesos biológicos | Detrimiento en la calidad del agua |
| | | Protección ante incendios forestales | La capacidad de los ecosistemas para reducir la frecuencia, propagación o magnitud de los incendios | Detrimiento en la resiliencia de los ecosistemas frente a nuevos incendios |
| | | Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos | Captura de gases de efecto invernadero | Pérdida en la captura de gases de efecto invernadero |
| | | Características de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas | Cualidades ecológicas del bosque que lo hacen atractivo para el excursionista. Cualidades de la flora y fauna endémica de Chile Central | Pérdida de atributos escénicos de la flora y fauna. Aumento de paisajes con vegetación quemada, muy poco atractivo para la interacción con la naturaleza. |
| Viverización y plantación de especies endémicas | Mitigar la pérdida de biodiversidad endémica en zonas de elevado interés | Semillas endémicas para cultivar | Semillas | Pérdida de semillas y estructuras reproductivas. Pérdida de estructuras para que plantas puedan generar semillas. Pérdida de plántulas en estrato herbáceo |

| Nombre | Justificación | Servicios ecosistémicos asociados | Clase | Detrimiento ecosistémico producto de incendios |
|-----------------------------|--|---|---|--|
| Control biológico de plagas | Favorecer proceso natural de regeneración de la vegetación y recolonización de la fauna nativa | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantenición de poblaciones renovales y hábitats | Pérdida de hábitat para la fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja o alta movilidad. Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| Zanjas de infiltración | Favorecer la restauración de suelos degradados | La capacidad de la vegetación para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| | | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| Corredor biológico | Aumentar conectividad de los ecosistemas | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantenición de poblaciones renovales y hábitats | Pérdida de hábitat para la fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja o alta movilidad. Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| | | La capacidad de la vegetación para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| | | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| | | Limpieza del agua a través de procesos biológicos | Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos | Detrimiento en la calidad del agua |
| | | La capacidad de los ecosistemas para reducir la frecuencia, propagación o magnitud de los incendios | Protección ante incendios forestales | Detrimiento en la resiliencia de los ecosistemas frente a nuevos incendios |
| | | Captura de gases de efecto invernadero | Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos | Pérdida en la captura de gases de efecto invernadero |
| | | Cualidades ecológicas del bosque que lo hacen atractivo para el excursionista. Cualidades de la flora y fauna endémica de Chile Central | Características de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas | Pérdida de atributos escénicos de la flora y fauna. Aumento de paisajes con vegetación quemada, muy poco atractivo para la interacción con la naturaleza. |
| Habilitación de cortafuegos | Aumentar resiliencia para eventos futuros de incendios | La capacidad de los ecosistemas para reducir la frecuencia, propagación o magnitud de los incendios | Protección ante incendios forestales | Detrimiento en la resiliencia de los ecosistemas frente a nuevos incendios |

| Nombre | Justificación | Servicios ecosistémicos asociados | Clase | Detrimiento ecosistémico producto de incendios |
|--|---|---|---|--|
| Control en cárcavas | Favorecer la restauración de suelos degradados | La capacidad de la vegetación y suelo para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| | | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| Manejo de escurrimiento superficial | Favorecer la restauración de suelos degradados | La capacidad de la vegetación y suelo para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| | | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| Enriquecimiento especies vegetales en zanjas | Aumento en la riqueza de especies y manejo de procesos erosivos | Volumen de madera cosechada. Generación de biomasa nativa | Plantas silvestres utilizadas como fuente de energía | Pérdida de madera de bosque nativo para utilizar como combustible por pobladores locales, y pérdida de producción de biomasa hacia cadenas tróficas superiores |
| | | Condición ecológica compleja del bosque y matorral nativo que provee condiciones de hábitat y como sostén de nuevas poblaciones | Mantención de poblaciones renovales y hábitats | Pérdida de hábitat para la fauna nativa y/o endémica y/o protegida, de baja o alta movilidad. Pérdida de condiciones ecológicas para el sostén de nuevas poblaciones vegetacionales mediante recuperación sexual |
| | | La capacidad de la vegetación para prevenir o reducir la incidencia de la erosión del suelo. | Control de erosión | Aumento de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos ante eventos de precipitación |
| | | Capacidad de la vegetación de retener agua y devolverla al medio lentamente | Ciclo hidrológico y regulación de flujos | Pérdida en la retención de agua y producción de agua. Modificación de la escorrentía. Detrimiento en la recarga a acuíferos |
| | | Limpieza del agua a través de procesos biológicos | Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos | Detrimiento en la calidad del agua |
| | | La capacidad de los ecosistemas para reducir la frecuencia, propagación o magnitud de los incendios | Protección ante incendios forestales | Detrimiento en la resiliencia de los ecosistemas frente a nuevos incendios |
| | | Captura de gases de efecto invernadero | Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos | Pérdida en la captura de gases de efecto invernadero |

Fuente: Elaboración propia.

En cuando a medidas o aproximaciones no consideradas en el presente Plan, primeramente, cabe mencionar que no se recomienda trasladar el suelo desde otro ecosistema, debido a la escasez de

ecosistemas naturales en las comunas de Marchigüe y Paredones, así como en comunas adyacentes de la región. Además, el traslado de suelo podría generar contaminación con otras semillas, modificando la estructura de la vegetación y/o transportando especies alóctonas invasoras. Respecto del uso de estiércol porcino, se ha estudiado en Marchigüe que promueve la recuperación inmediata de las condiciones microbianas, sin embargo, las mayores tasas de mineralización pueden generar contaminación. El uso de compost, por otro lado, es el que se recomienda por su capacidad de acumular más carbono y nitrógeno orgánico, y no generar esta contaminación. Por lo tanto, lo que se recomienda es iniciar condiciones puntuales de restauración del suelo para su restauración en el tiempo, además de ejecutar acciones de manejo de la erosión utilizando materiales no contaminantes.

Finalmente, en cuanto al componente fauna, este no se considera dentro de las medidas de reparación inmediatas, salvo su monitoreo de diversidad y abundancia, pues una intervención de fauna con introducción antrópica de individuos a la zona puede terminar siendo contraproducente, especialmente en las primeras etapas del plan, al no tener éstas la disponibilidad de recursos suficientes para su sustentación en las zonas afectadas. En adición, la translocación de ejemplares de especies nativas desde otros ecosistemas generará un detrimento en las poblaciones de origen, y además una incerteza respecto del nivel de adaptación de los individuos al sitio de relocalización. Lo que se recomienda es mejorar el hábitat en su calidad (diversidad, refugios, etc.), disminuyendo los estresores que frenan el proceso de regeneración natural de los ecosistemas, aumentando en zonas específicas la superficie de éstos. Se estima entonces que un apoyo posterior, según los resultados de los monitoreos, a la recuperación natural de la fauna tendría una mayor probabilidad de éxito en el largo plazo, una vez verificada la recuperación de las zonas.

Al igual como ocurre con la fauna, el impacto sobre grupos biológicos de hongos, líquenes, briófitas, algas y/o bacterias se consideró como una variable respuesta respecto del conjunto medidas a implementar. En este sentido, se han seleccionado variables que permitan evaluar las medidas del Plan a escala adecuadas (meso-escala), en función del objetivo general que ha sido planteado.

5.4 Medidas y metas de restauración

Como se mencionó en el apartado 3, cada UT posee una serie de servicios ecosistémicos afectados por los incendios conforme a las características de cada una, levantadas en la fase de diagnóstico (Etapa 2 del PdR) (Tabla 8). Además, en la Tabla 12 se identifican una serie de medidas asociadas a restaurar uno o más servicios ecosistémicos. Juntando la información de las Tablas 8 y 12, se pueden identificar entonces las medidas más apropiadas por cada UT seleccionada. Las metas de restauración guardan relación con los servicios ecosistémicos afectados por cada UT, buscando reestablecer propiedades ecosistémicas que han sido afectadas por los incendios.

A continuación, en la Tabla 13, se resumen las medidas de restauración por las UT prioritarias definidas en el apartado 3.2.

Tabla 13: Medidas de restauración por UT.

| Comuna | UT/SRT | Manejo sp. invasoras vegetales | Manejo sp. invasoras animales | Manejo rebrote foliares | Reforestación zona buffer | Viverización endémicas | Control biológico plagas | Zanjas infiltración | Corredor biológico | Habilitación cortafuegos | Control cárcavas | Manejo aguas superficiales | Enriquecimiento vegetal zanjas |
|-----------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Marchigüe | Navidad-Tanumé | X | X | X | X | X | X | | X | X | | | |
| | Cardonal | | X | | X | | X | | X | | | | X |
| | La Pitra | X | | X | | | | X | X | | | | X |
| | Merquehue-Peñablanca | | | X | | | | | | | X | X | X |
| Paredones | San Pedro de Alcántara | | | X | X | | | | X | X | | | X |
| | Paredones Sur | | | X | | | | | X | | | | |
| | Perdigueros | X | X | | X | X | X | | X | X | | | X |

Fuente: Elaboración propia.

6 ETAPA DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

La Etapa de Desarrollo e Implementación comienza una vez aprobado el Plan por parte de la SMA, de conformidad con lo establecido en el artículo 43 de la Ley N° 20.417, y en el Procedimiento de Aprobación del Plan de Reparación, contenido en los artículos 20 y siguientes del Decreto Supremo N° 30 de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento sobre Programas de Cumplimiento, Autodenuncia y Planes de Reparación.

La presente etapa contiene dos fases, la de implementación propiamente tal de las medidas materiales; esto es, de las acciones que permitirán reparar el medio afectado por los incendios, en las áreas que se han determinado; y de las medidas inmateriales, que principalmente se refiere al involucramiento o participación de la comunidad.

Adicionalmente, en el presente capítulo se identifican los ecosistemas de referencia que se utilizarán en cada comuna, y el programa de trabajo a implementar.

6.1 Descripción de las medidas propuestas

En este capítulo se detalla la ejecución del tipo de medidas a implementar de manera detallada.

6.1.1 Medidas materiales

Las medidas materiales corresponden a un conjunto de acciones que se ejercen en el territorio a nivel de ecosistemas con el objeto de restaurar propiedades afectadas por el daño causado por los incendios forestales. A nivel global, son medidas que combinan variables de la vegetación, el suelo y el recurso hídrico (Figura 11).

Figura 11: Principales componentes de la restauración para medidas materiales.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de revisiones bibliográficas.

Como se justificó en el capítulo 3 del presente Plan, y como se resume en las Tabla 12 y Tabla 13, las medidas materiales a aplicar son:

1. Manejo de especies vegetales invasoras
2. Manejo de especies de fauna invasoras
3. Manejo de rebrotes
4. Reforestación en zona buffer
5. Viverización y plantación de especies endémicas
6. Control biológico de plagas
7. Corredor biológico
8. Zanjas de infiltración
9. Enriquecimiento especies vegetales en zanjas
10. Control de cárcavas
11. Manejo de escurrimiento superficial

En los siguientes apartados se explica cada una de estas medidas y los indicadores de éxito considerados para cada caso.

Cabe mencionar que la selección de estas medidas se ha realizado considerando experiencias locales de restauración ecológicas, comprobadas en estudios técnicos y científicos aplicados en ecosistemas en las comunas de interés y en ecosistemas equivalentes en la ecorregión mediterránea.

6.1.1.1 Manejo de especies vegetales invasoras

La presente medida consiste en la remoción activa de ejemplares de especies vegetacionales que ocupan o invaden nichos (o espacios, recursos, etc.) que podrían ser utilizados por especies nativas en formaciones de bosque, matorral y matorral arborescente en proceso de regeneración post proceso de incendio.

La invasión del sitio por especies vegetales invasoras puede disminuir el establecimiento de las especies nativas, ya que competirán directamente por los recursos del sitio como nutrientes, luz, agua y espacio. Por tanto, la erradicación de estas especies no deseadas, que pueden ser especies herbáceas, arbustivas u arbóreas, aumentaría las probabilidades de éxito del proyecto de restauración.

Las técnicas de remoción varían de acuerdo con el tipo de especie que se desee erradicar, necesitando muchas veces una combinación de métodos para asegurar la eliminación. Los métodos para eliminar y erradicar especies invasoras se pueden agrupar en (Davis & Meurk, 2001; Dorner & Brown, 2000):

- ♦ Físicos: tracción, segado y labrado.
- ♦ Sofocación: mulch artificial (e.g. plástico, geotextil, cartón, papel de diario), mulch biológico (e.g. paja, chips de madera, compost) y cobertura herbácea.
- ♦ Químico: herbicidas pre-germinativo y herbicidas post-germinativo (e.g. contacto, sistémico, selectivo).

Los ecosistemas afectados por los incendios presentan invasión de especies exóticas vegetales, principalmente Zarzamora, Aromo, Pino y Eucaliptus, como invasoras del bosque y matorral nativo. En algunos sectores, también se pueden encontrar Aromos y Rosa Mosqueta, que se desarrollan como parte del sotobosque.

No se recomienda realizar remoción de herbáceas exóticas, puesto que se encuentran mezcladas con geófitas nativas en la estrata herbácea, las cuales presentan elevado valor para la conservación

de la biodiversidad. Adicionalmente, la cobertura de las especies herbáceas cumple una función de aportar a la captación y retención de nutrientes en el suelo, estabilización del suelo para evitar procesos erosivos, así como servir de refugio para especies de fauna de baja movilidad, como roedores y reptiles nativos.

La remoción de ejemplares vegetales invasores debe realizarse de manera manual, para evitar la afectación de otras especies, mediante la utilización de herramientas adecuadas para dichos fines (podadoras, motosierras, u otro de bajo impacto).

Se recomienda realizar esta actividad en época de primavera, disminuyendo la capacidad de ejemplares vegetacionales introducidos de reproducirse y propagarse, y en cambio, se promueva el desarrollo de ejemplares de bosque y matorral nativos presentes en esta misma época del año.

Respecto del control de la Zarzamora, cabe mencionar que en la Reserva Nacional Río de Los Cipreses y Archipiélago Juan Fernández se aplicó un método integral que involucra control manual, mecánico y químico. El control manual utilizado en el Archipiélago Juan Fernández consistió en el arranque de raíz de los individuos de tamaño pequeño o plántulas. El control mecánico, utilizado en ambas áreas protegidas, consiste en el uso de herramientas como machetes, motosierras y desbrozadoras para la limpieza de un área invadida, para luego efectuarse el control químico aplicando herbicida de manera directa a los tocones de los individuos, para así evitar el nuevo crecimiento y regeneración de Zarzamora. El control químico implica un menor esfuerzo, pero solo se aplica para tratar la regeneración de Zarzamora, es decir pequeñas plántulas, o plantas de hasta 1 m (PNUD, 2017).

El control químico tiene la ventaja de que no provoca erosión y perturbaciones físicas en el suelo, y requiere de menor cantidad de mano de obra y tiempo en su aplicación, ya que está enfocado en plantas pequeñas de zarzamora, que demandan menor energía en comparación a reducir el volumen de grandes matorrales, utilizando el herbicida Garlón 4 © (0,67% de Triclopyr) en una concentración del 0,7 a 1% en agua y aplicándose a través de aspersion foliar sobre la regeneración de Zarzamora (rebrote de Zarzamora después de haberse realizado el control mecánico) hasta el punto de goteo.

- **Indicador de éxito**

Se considerará como cumplida la medida cuando se excluya el 50% de la cobertura vegetal de especies exóticas inicial, en un horizonte de tiempo de 3 años.

6.1.1.2 Manejo de especies de fauna invasoras

La herbivoría ha sido documentada como uno de los factores que más afectan la sobrevivencia de semillas y plántulas, teniendo un impacto muy negativo en los proyectos de restauración (Holmgren, 2002; Tsujino & Yumoto, 2004; Wilson y col., 2006).

Para evitar el efecto negativo de la herbivoría sobre las plantas que se utilizarán para restaurar y aquellas que podrían generarse producto de la recuperación natural de las formaciones nativas, se recomienda fuertemente considerar algún tipo de exclusión de herbívoros. Existen varios métodos para ello, los que en general pueden ser divididos en dos tipos según su rango de acción: individual (planta o semilla) o global (exclusión perimetral del sitio) (Bridle & Kirkpatrick, 1999; Forrester y col., 2006).

La exclusión individual consiste en el uso de «refugios» (conocidos como shelters por su nombre en inglés) que pueden ser fabricados con diversos materiales y características (transparencia, forma, tamaño, etc.). La utilización de shelters no sólo provee protección contra la herbivoría sino que,

además, puede ayudar a reducir el estrés hídrico, favorecer el crecimiento en altura y biomasa, y proteger contra las inclemencias del tiempo (Sweeney y col., 2002).

Por otro lado, la exclusión global consiste en un cierre perimetral compuesto generalmente por alambre de púas, que impida el ingreso de herbívoros mayores o por un enrejado o malla, restringiendo el ingreso tanto de herbívoros mayores como menores.

- **Indicadores de éxito**

Como indicadores de éxito de la presente medida se considerará:

- ✓ Disposición y mantención de cercado para exclusión de ganado.
- ✓ Ausencia de presencia directa e indirecta (fecas, huellas, etc.) de ganado en zonas de exclusión de ganado.
- ✓ Disminución de al menos el 60% en evidencia de herbivoría sobre individuos en rebrote y plántulas, respecto de la condición inicial, en un horizonte de 3 años.

6.1.1.3 Manejo de rebrotes

Consiste en el manejo de la flora en regeneración mediante la poda de rebrotes o vástagos, dejando únicamente 2 a 3 partes principales por plantas, con el objeto de inducir que las plantas nativas en regeneración crezcan de manera vertical y no hacia los lados. Con ello se promueve el crecimiento y competencia de los individuos, aumentando la cobertura de la vegetación en el ecosistema natural de interés.

Esta medida se aplicará principalmente, respecto de las especies arbóreas nativas al boldo, litre, quillay, bollén, peumo y corcolén.

Se indica que, de conformidad con la Tabla N° 23 del Informe Diagnóstico, en el área de implementación del presente PdR se identificaron 3 especies arbóreas en clasificación, a saber: canelo, palma chilena y lingue. Se señala que la presente medida de manejo no se aplicará a estas especies arbóreas en categoría de clasificación.

- **Indicadores de éxito**

Como indicadores de éxito de la presente medida se considerará:

- ✓ Manejo de rebrotes en el 50% de los ejemplares en las zonas definidas.
- ✓ Aumento en la cobertura vegetal del bosque en un 50% de la condición inicial.

6.1.1.4 Reforestación en zona buffer

Corresponde a una medida de reforestación de una zona de amortiguación o *buffer* asociada a los bosques nativos remanentes de fondo de quebrada, los que se encuentran en proceso de regeneración natural post proceso de incendio. El objetivo de la medida es favorecer y promover la regeneración natural de estos remanentes y aumentar la resiliencia de estas formaciones nativas a acciones de fuego u otras presiones.

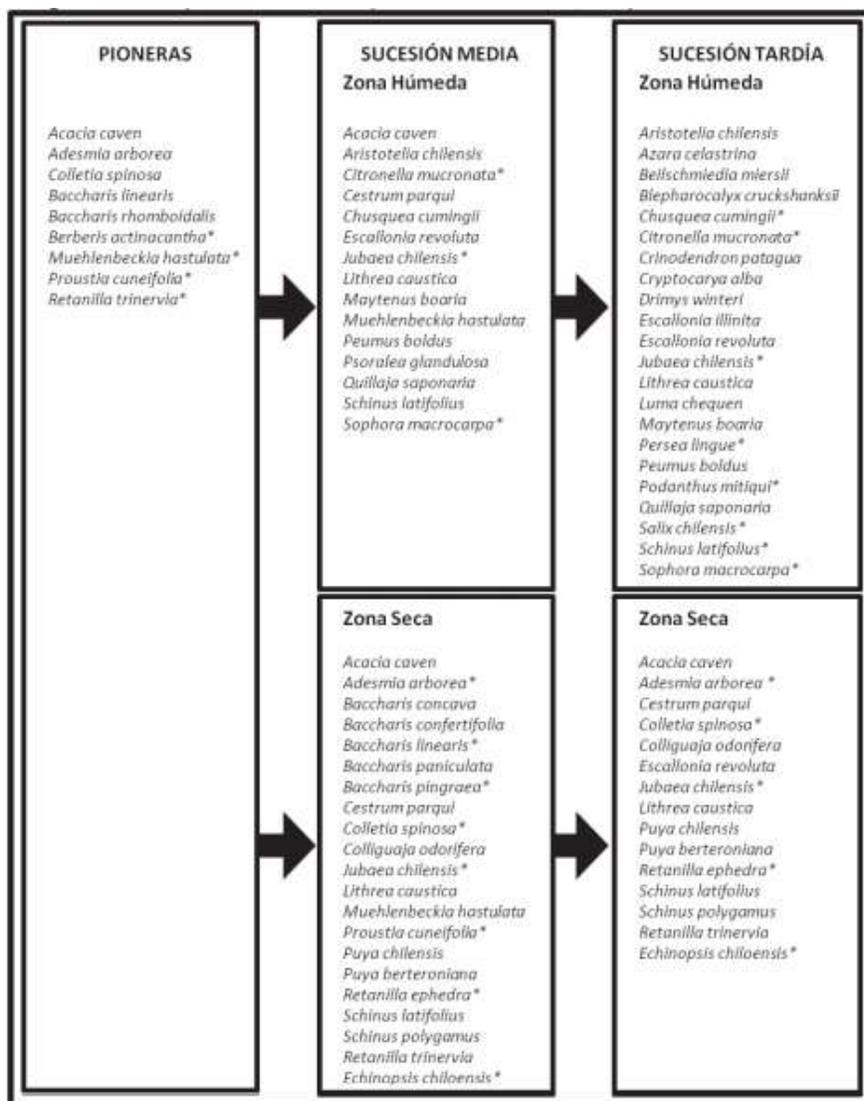
En atención de que gran parte de las zonas de borde del bosque nativo remanente de fondo de quebrada se encuentran desnudas o semi-desnudas con desarrollo de una estrata herbácea de especies principalmente anuales, y debido a su utilización principalmente forestal, se propone un modelo sucesional para el establecimiento y promoción del bosque nativo en esta zona *buffer*. Así,

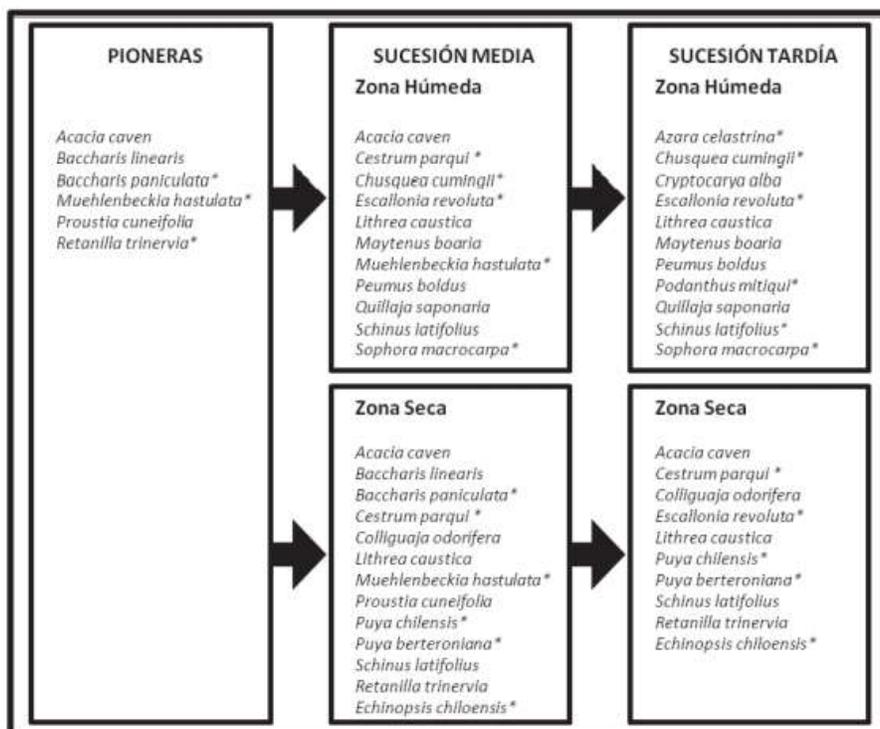
en una primera etapa se deben plantar especies arbustivas de etapas tempranas de desarrollo (idealmente especies xerofíticas que resistan condiciones de alta exposición y baja disponibilidad de recurso hídrico), para posteriormente incluir especies arbóreas representantes de la sucesión siguiente.

Junto con las medidas de exclusión de especies exóticas (tanto vegetales como de fauna), este sistema de reforestación permitiría disminuir el efecto de borde en los actuales remanentes de bosque nativo, aumentando su cobertura y biodiversidad. Además, el aumento en la cobertura de especies nativas en sectores asociados a bosque remanente incrementará la cantidad de hábitats disponibles para la fauna nativa, especialmente la de baja movilidad (reptiles y roedores), lo que a mediano y largo plazo favorece el desarrollo y establecimiento de estas poblaciones, muchas de ellas vulnerables o con problemas de conservación.

En la Figura 12 se listan especies vegetacionales según estado sucesional recomendadas para utilizar por UT, de acuerdo con los antecedentes bibliográficos y levantados en terreno en la Fase Diagnóstica.

Figura 12: Especies vegetacionales sugeridas para sucesiones ecológicas área de estudio.





De acuerdo con los antecedentes levantados en el diagnóstico, donde las especies poseen una baja regeneración sexual, y el suelo se encuentra con procesos erosivos, no se recomienda realizar plantaciones mediante semillas. Se considera entonces la compra de ejemplares viverizados en la zona, con semillas colectadas en los ecosistemas naturales de origen, para luego realizar replantes en las áreas de interés. Se recomienda que las plántulas sean sometidas a estrés hídrico antes de su replante, debido a la escasez de recurso en los ecosistemas naturales donde serán dispuestas, y además no tengan más de dos temporadas en vivero. Más temporadas afectan el sistema radicular, ya que se compactan y dificultan su desarrollo en terreno, afectando los niveles de prendimiento y supervivencia.

Se contempla un período de compra u obtención de plantas durante los 2 primeros años y un tiempo de operación de 5 años. Se podrá disponer de viveros o realizar la compra en establecimiento de venta de plantas. A continuación, se muestran los viveros identificados en la zona:

Tabla 14: Listado de viveros identificados Marchigüe y Paredones.

| Dirección del vivero | Comuna | Propietario del vivero | Teléfono | Tipo de plantas | Observaciones |
|----------------------|-----------|------------------------|----------------|-----------------|---|
| Ruta I-125 S/N | Marchigüe | Hernán Lizana | 56 9 6107 4485 | Hortalizas | Capacidad de generar otro tipo de plantas (menor escala) |
| Ruta I-125 S/N | Marchigüe | Luis Orlando Díaz | 56 9 9281 9457 | Frutales | Experiencia en viveros con nativos. Indica falta de compradores |
| Ruta H-76 S/N | Marchigüe | S/I | S/I | S/I | Cerrado al momento de pasar. Vivero Babilonia |

| Nombre del vivero | Dirección del vivero | Comuna | Propietario del vivero | Plantas nativas |
|-------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------------|---|
| SAN ANDRES | LA QUESERIA CHICA S/N, RUTA I-72 | Paredones | LUIS IVAN MALDONADO MUÑOZ | Maqui, palma chilena y quillay |
| SAN NICOLAS | AV. LA PAZ S/N | Paredones | JOSE LUIS GONZALEZ LABARCA | Espino, peumo, boldo y quillay |
| VIVERO PAREDONES | AV. SAN JUAN S/N | Paredones | JOSE MANUEL CASTRO BOZA | Espino, maqui, peumo, palma chilena, litre, maitén, chagual y quillay |
| VIVERO SAN LUIS | HIJUELA 2 A LT J, PAIDAHUE | Paredones | LUIS EDUARDO CASTRO AREVALO | Quillay |

En caso de que se opte por establecer un vivero, se deben realizar actividades de colecta y almacenamiento de semillas, donde se colectará material genético correspondiente a semillas de los alrededores de los ecosistemas afectados por los incendios, su traslado, tratamiento, almacenaje, entre otros. Para lo anterior, además se debe considerar una cámara de frío que permita el almacenamiento del material colectado, para su posterior uso para las actividades de producción de plantas en vivero, para lo cual se tendrá en consideración las diversas particularidades de almacenamiento de cada una de las especies colectadas.

En las zonas donde no es factible contar con riego se debe evaluar la mejor época del año para la plantación que, por lo general, es luego de las primeras lluvias del año. En general, se recomienda realizar la plantación entre los meses de mayo y julio. En zonas más secas o donde el efecto de la desertificación es importante, una opción documentada es la posibilidad de realizar las labores de introducción de plántulas en años de eventos del Niño (Gutiérrez y col., 2007), lo que en teoría aumentaría la cantidad de agua disponible para las plantas y por consiguiente la probabilidad de sobrevivencia de éstas.

Para la plantación de ejemplares se considerarán los siguientes factores:

- a. Plantar en días templados
- b. Las plantas deben permanecer el menor tiempo posible en terreno, por cuanto se deben transportar aquella cantidad necesaria para el establecimiento en una jornada de trabajo
- c. Las plantas deben ser transportadas en cajas plantadoras de plástico (cerrados) o en vehículos cerrados
- d. Minimizar la sobreexposición de las raíces
- e. Hacer un orificio adecuado para la plantación
- f. Dejar que el segmento aéreo de la planta quede al mismo nivel del suelo
- g. Eliminar estructuras dañadas de la planta
- h. Asegurar la planta con firmeza
- i. Regar
- j. Aplicar mulch

La guía de restauración de los ecosistemas andinos de Santiago (Pérez – Quezada, 2015), propone la técnica de plantación en grupos (clusters), que serviría para algunas unidades (o tipo de zonas como lo es en el matorral). Esta técnica permite aprovechar de mejor manera los micrositios favorables generados por la heterogeneidad de la topografía del sector, incrementando las posibilidades de sobrevivencia de la plantación. La cantidad de micrositios favorables se pueden incrementar mediante pequeñas terrazas y labores en el suelo, para favorecer la captura de agua. Mediante esta técnica se pueden establecer grupos de 10 a 50 plantas considerando todo el ensamble de especies perennes en círculos de 20 a 100 m.

Se considera en total de 500 a 600 plantas por hectárea. Esta densidad podría mejorarse de conformidad con la aplicación del enfoque de gestión adaptativa en cada sitio específico en que se aplicará el Plan. De todas formas, en un inicio, para el proceso de replantación se considera la adquisición de 200 plantas por hectárea a replantar, y la viverización del resto de estas para llegar al establecimiento total por hectárea considerado.

En algunos casos, las áreas recuperadas debieran ser cercadas para evitar la influencia del ganado doméstico. Se recomienda la construcción de cercos de alambre de púa con 5 hebras que resguarden las plantaciones o alguno que cumpla similar objetivo. Además, dependiendo de los riesgos, las plantas deberán ser protegidas individualmente (ejemplo con tubos protectores o repelentes), para evitar los posibles daños causados por lagomorfos.

Para una adecuada plantación al momento de hacer el orificio en el suelo, debe ser de dos veces el diámetro del cepellón de la planta y un poco más profundo que la altura de éste. Además, se recomienda mullir los bordes del orificio para facilitar la penetración de las raíces y poner algo de sustrato en el fondo de éste (Fernández y col., 2010).

Las respuestas para revertir la degradación causada por la erosión incluyen la mejora de la resiliencia del suelo a través del incremento de los insumos de Carbono usando estiércol orgánico, compost, acondicionadores sintéticos del suelo y medidas de conservación de suelos (FAO, 2015).

Un estudio realizado recientemente en Pumanque de la región de O'Higgins (zona secano costero) (García – Carmona y col., 2021), una de las más afectadas durante el megaincendio del verano 2016-2017 (CONAF 2017), aplicó enmiendas para promover la vegetación y recuperación de la salud del suelo, restaurando sus funciones y servicios ecosistémicos (Hueso-González y col. 2018; Larney y Angers 2012). Los suelos tratados con compost acumularon la mayor cantidad de carbono y nitrógeno orgánicos, lo que garantiza a largo plazo la liberación de nutrientes y, por tanto, recuperación a largo plazo de la función del suelo.

Otra medida es la implementación de polímeros de hidrogel (Schrohn, 2019), ya que estos retienen la humedad y nutrientes. Ayudan en la recuperación de suelos, debido a sus propiedades han sido utilizados desde hace varios años con éxito, mejorando la fertilidad y estructura del suelo. Los polímeros mezclados con bacterias podrían dar buenos resultados ya que éstas tienen la capacidad de fijar nitrógeno, ayudar a la estimulación del crecimiento vegetal, son solubilizadoras de fósforo y ayudan en la descomposición de la materia orgánica. Las micorrizas son también una buena alternativa para ser utilizadas con polímeros en el momento de hacer una rehabilitación de suelos ya que favorecen el desarrollo y mantenimiento de la estructura del suelo, control biológico de algunos patógenos y ayuda en la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta (Montoya- Pizano, 2016).

Gracias a esta tecnología de polímeros de hidrogel, ya que retienen bastante la humedad, se podría aplicar para las zonas en donde se planten especies asociadas a quebradas con la suma de compost para aumentar la sobrevivencia del individuo.

En el caso que se lleve a cabo esta medida correctiva se debe tener en cuenta que en sitios donde se ha perdido toda la cubierta vegetal se debe incorporar al menos 1,5 metros de sustrato (Ross y col., 1997).

Mantenimiento

- a. Riego: se recomienda implementar visitas periódicas a cada sitio de restauración para analizar si la falta de agua está causando mortalidad de las plantas.
- b. Herbivoría: se debe revisar las exclusiones realizadas, buscando evidencia de daño o violación de éstas.
- c. Control de especies vegetales invasoras: implementar medidas preventivas a largo plazo. Entre ellas destacan:
 - i. Detección temprana y erradicación de nuevas invasiones
 - ii. Detección y contención de brotes de especies invasoras en los predios vecinos
 - iii. Evitar dejar zonas sin vegetación, luego de erradicar especies vegetales no deseadas, para evitar que los espacios que han quedado sin vegetación luego de la erradicación sean nuevamente invadidos.
- d. Erosión: se debe evaluar en terreno el grado de erosión del suelo y cómo éste afecta al éxito de la plantación. En caso de que los procesos erosivos se incrementen y afecten a las especies vegetales plantadas, evaluar aplicar medidas correctivas para manejo del suelo. Dentro de estas medidas, la plantación de herbáceas podría ayudar a disminuir la escorrentía superficial.

- **Indicador de éxito**

Como se comentó anteriormente, la reforestación en la zona buffer constará de dos etapas, en la primera se considerará la plantación con especies principalmente arbustivas de sucesiones medias (según configuración natural en cada ecosistema, preferentemente con alta capacidad de soportar ambientes secos y colurosos), mientras que en la segunda se contempla la reforestación con especies principalmente arbóreas de sucesiones tardías. En base a ello, los indicadores de éxito de la medida para cada etapa es la siguiente:

- Al 3er año de la reforestación el prendimiento de las especies debe ser de un 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbustiva debería ser de al menos el 50% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas).
- Al 5to de la reforestación año el prendimiento de las especies debe ser de un 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbórea debería ser de al menos el 40% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas).

6.1.1.5 Viverización y plantación de especies endémicas

Consiste en la recolección de semillas, viverización y adaptación de especies de plantas vegetales endémicas de la zona, con el fin de aumentar el número poblacional de especies vegetales propias de los ecosistemas incendiados. Los individuos serán plantados en las zonas de reforestación buffer del bosque nativo.

Los individuos utilizados deben ser obtenidos de propágulos o semillas del sitio, predios colindantes, o de procedencias genéticas cercanas, no superior a 160 km de distancia (Hawley y Smith 1972).

Para ello es necesaria la viverización de plantas para las especies locales seleccionadas por su rápido crecimiento y adaptación al duro clima. En los pastizales, la rehabilitación mediante la plantación de matorral o la siembra de las especies adecuadas también es un método eficaz de restauración de la tierra. La reforestación es una acción a largo plazo, dado que el crecimiento de los árboles es lento (UNCCD, 2011).

Es importante definir en qué etapa se encuentra la rehabilitación de las áreas afectadas, para poder establecer qué tipo de especies plantar en cada unidad, dependiendo de la exposición, si es fondo de quebrada o especies para enriquecer, etc. Esto se definirá para cada predio en específico, conforme a los ecosistemas naturales y su condición inicial al momento de iniciar la reforestación.

La colecta de semillas tiene que ser de varios individuos para obtener la diversidad de la especie, registrar al árbol madre, para verificar el porcentaje de germinación y ser utilizado en futuras ocasiones.

Algunas semillas pueden perder su poder de germinación en el tiempo, por eso hay que procesarla y etiquetarla, no dejar pasar mucho tiempo después de sacado para su germinación (CONAF, 2014).

Se espera que las especies en el vivero puedan tener condiciones similares a lo que da el sotobosque cuando germinan los individuos.

Las técnicas de replante y mantención serán las mismas que las indicadas en el punto anterior (apartado 6.1.1.4), Reforestación en zona buffer.

- **Indicadores de éxito**

Como indicadores de éxito de la presente medida se ha considerado lo siguiente:

- Viverización de plantas para el desarrollo y propagación de flora endémica y/o protegida (ya sea propio o a través de terceros).
- Al 5to año de la plantación con especies endémicas/protegidas, el prendimiento de las especies debe ser superior a 60% en el área a replantar.

6.1.1.6 Control biológico de plagas

A partir de 2000, el Centro de Estudios Agrarios y Ambientales (CEAChile) implementó un programa de control biológico en la cual se utilizarán diferentes medidas para el control de lagomorfos y herbivoría de pequeño tamaño, que como se describió con anterioridad, son agentes que impactan negativamente con la restauración de un ecosistema.

Por un lado, las perchas o posaderas son altamente recomendables tanto para rapaces diurnas como para rapaces nocturnas. Son eficaces para especies que suelen cazar roedores desde posaderos elevados cerca de campos abiertos o en el límite de los bosques.

Se recomiendan posaderas fabricadas con varas de eucaliptos o utilizar las mismas ramas que quedaron post incendio, a una altura de 3 metros con un travesaño de 2 metros. La porción de la vara que se entierra se debe tratar con un protector como carbonileo o en su defecto aceite quemado, para aumentar la vida útil del artefacto (Figura 13).

Figura 13: Posadero para aves.



Fuente: <https://www.ceachile.cl/rapaces/control.htm>.

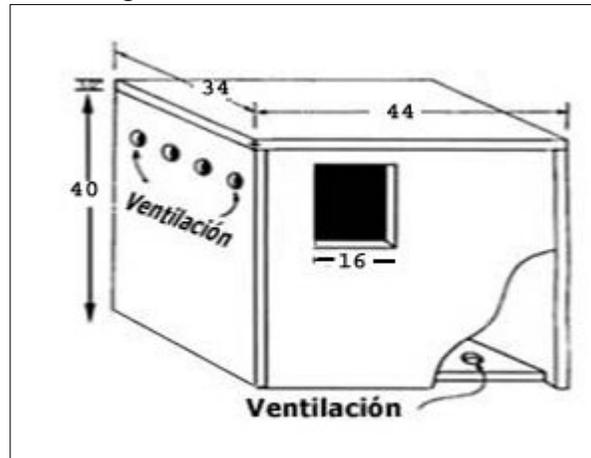
Por otro lado, se pueden habilitar casas anideras, que son artefactos que se instalan para ofrecer huecos para nidificar. Simulando de la mejor manera posible las condiciones naturales se busca atraer a las aves objetivas para que puedan reproducirse en forma efectiva.

Se sugiere utilizar madera rústica, de 20 mm, lo que asegurará una adecuada aislación térmica, en lo posible debe contener restos de corteza. Sin embargo, deben eliminarse las astillas, que pueden dañar las aves, el mismo cuidado se debe observar con los clavos, que no deben sobresalir y representar peligro. Una buena construcción no debiera permitir el ingreso de agua, sin embargo,

pueden practicarse algunas perforaciones con taladro en la base, para que escurra la eventual agua que pudiera ingresar en un temporal de lluvia.

Se ha probado con éxito casas para lechuza con las siguientes medidas: El piso de la cavidad de 44 x 34 centímetros, la profundidad de la casa de 40 centímetros, El techo debe tener 2 centímetros más en el frontis y flancos, para evitar la penetración de lluvia, es decir, será una placa de 46 x 36 centímetros. La entrada debe ser cuadrada, ubicada en un extremo y de 16 x 16 centímetros y ubicada a una altura de 5 metros del suelo (Figura 14).

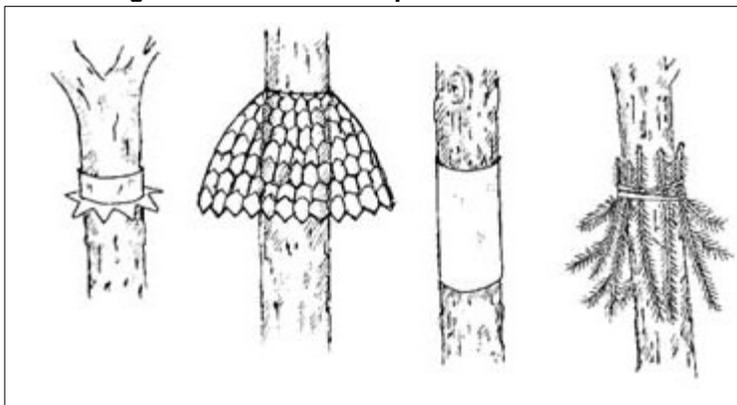
Figura 14: Diseño casas anideras



Fuente: <https://www.ceachile.cl/rapaces/control.htm>.

La longevidad de la lechuza blanca en la naturaleza se ha estimado en 2 a 3 años (existen registros de 8 años), sin embargo, su sobrevivencia es baja, con una mortalidad al primer año que va del 65 al 75%. Como en todo nido los polluelos están expuestos a la depredación, tanto de otras aves como de mamíferos (guiñas, gatos domésticos) y reptiles (culebra de cola larga). Si la depredación es severa las aves abandonarán las casas anideras e incluso el territorio. Para proteger el nido se proponen diversos artificios (Muñoz – Pedreros, 2004) (Figura 15).

Figura 15: Protectores para casas anideras



Fuente: <https://www.ceachile.cl/rapaces/control.htm>.

- **Indicador de éxito**

Como indicadores de éxito de la presente medida se ha considerado lo siguiente:

- Habilitación y mantención de 2 posaderas y 1 casa anidera por cada 10 hectáreas.
- Al 5to año de la plantación con especies endémicas/protegidas, el prendimiento de las especies debe ser mayor a 60% en el área a replantar.

6.1.1.7 Corredor biológico

Es relevante que los bosques al interior de una cuenca estén conectados entre sí. Esto permite que los animales, insectos y semillas puedan desplazarse. Para ello, se requiere plantar árboles u otro tipo de vegetación entre parches de bosque que están aislados. Estas plantaciones suelen llamarse “corredores”. El corredor puede consistir en un cerco vivo o una zona baja donde se encuentra un humedal o mallín. Por ejemplo, si existen diversos parches de bosques nativo repartidos en varios predios, pero cada uno está separado del otro por praderas, se puede instalar un corredor de vegetación mediante una línea doble de cerco al interior de una pradera, generando con esto dos o más potreros. Estas zonas deben permanecer con cerco al menos los primeros tres años para permitir que la vegetación crezca y evitar así el ramoneo del ganado (CONAF, 2016).

A modo de ejemplo, muchas especies diferentes utilizan las riberas de los ríos para desplazarse. En ese caso, el establecimiento de un corredor ecológico fluvial en una zona de ribera ofrecerá una buena oportunidad para proteger su función de conexión (Tacón, 2004).

Las quebradas cumplen un rol importantísimo como corredores biológicos, además, constituyen zonas de descanso para la avifauna. Otros grupos de vertebrados como los Zorros, Quiques y murciélagos también utilizan estas unidades geomorfológicas como zonas de tránsito (CATIE, 2015).

Casos como las plantaciones forestales comerciales, donde se promueve las áreas de conservación forestal, generan corredores biológicos y valores asociados, dando como resultado la permanencia de ejemplares de flora y fauna, además de fomentar la cultura ecológica (FAO, 2016).

Por todo lo anterior restaurar las quebradas, es importante para establecer corredores y también para amortiguar los efectos en inviernos, ya que la lluvia caída se pueda infiltrar en el suelo y mantener los acuíferos. Por otro lado, establecer zonas a reforestar entre ecosistemas aislados, de manera de establecer flujos a nivel de micro-cuencas.

La presente medida será aplicada en zonas donde se potencie el flujo de especies vegetales y animales con mayor singularidad, contemplando una reforestación que conecte ecosistemas territorialmente aislados. Las técnicas de replante y mantención serán las mismas que las indicadas en el punto anterior (apartado 6.1.1.4), Reforestación en zona buffer, contemplando en modelo sucesional de la vegetación.

- **Indicador de éxito**

Como se comentó anteriormente, la reforestación en corredores biológicos constará de dos etapas, en la primera se considerará la plantación con especies principalmente arbustivas de sucesiones medias (según configuración natural en cada ecosistema), mientras que en la segunda se contempla la reforestación con especies principalmente arbóreas de sucesiones tardías. En base a ello, los indicadores de éxito de la medida para cada etapa es la siguiente:

- Al 3er año de la reforestación el prendimiento de las especies debe ser de un 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbustiva debería ser de al menos el 50% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas).
- Al 5to de la reforestación año el prendimiento de las especies debe ser mayor a 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbórea debería ser de al menos el 40% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas).

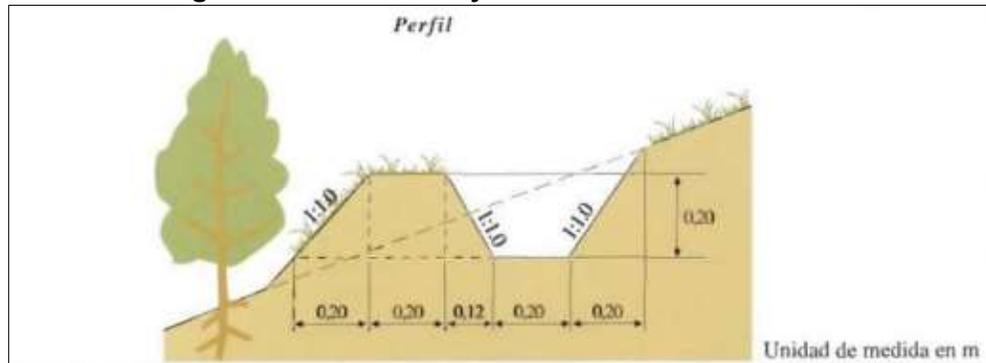
6.1.1.8 Zanjas de infiltración

Para restaurar la productividad de los suelos dañados, es fundamental el control de la erosión. Una serie de sencillos métodos mecánicos reduce los efectos del viento y evita el desplazamiento de la arena y el polvo (UNCCD, 2011). La plantación de la vegetación permite que las raíces protejan y fijen el suelo, la construcción de vallas o barreras con especies vegetales locales ayudan a controlar la erosión del suelo y forman parte de la rehabilitación y restauración de tierras degradadas (UNCCD, 2011).

Las zanjas de infiltración se utilizan para disminuir la velocidad de las aguas lluvia, aumentar la infiltración del agua en el suelo, reducir la escorrentía superficial, retener los sedimentos removidos por el flujo hídrico y acumular el agua de las lluvias para el riego (Francke y col., 1998). Se ejecutan en un período de retorno de 10 a 15 años del área a intervenir.

La disposición de las zanjas debe ser intercaladas en función de la eventualidad que los volúmenes de escorrentía superen la capacidad de almacenaje de estas (Francke y col., 1998). En la Figura 16 se representa el diseño de éstas. Las zanjas de infiltración son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo, comprende un conjunto de zanjas, construido de forma manual o mecanizada, que se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores (Flores y col., 2004).

Figura 16: Diseño franja de infiltración



Fuente: Francke *et al* 1998.

Las zanjas de infiltración se dispondrán en zonas de mayor pendiente, de longitud variable según la topografía específica del territorio, a contra pendiente, y separadas entre sí por al menos 30-50 m.

- **Indicador de éxito**

Se dará como cumplida la medida de zanjas de infiltración, cuando dichas estructuras se encuentren habilitadas en las zonas de erosión en el predio respectivo. Se realizará revisión periódica por al menos 5 años para repararla en caso de derrumbe u otro.

6.1.1.9 Enriquecimiento especies vegetales en zanjas

Se contempla la reforestación mediante la plantación de especies vegetales en los sectores donde se habiliten zanjas de infiltración. Con ello se aumentará la riqueza de especies y se realizará un manejo de procesos erosivos. Se busca favorecer el proceso de regeneración natural de la vegetación nativa, utilizando el recurso hídrico que pueda ser retenido en zanjas de infiltración en el suelo.

Esta será una medida especialmente diseñada para generar un enriquecimiento de especies xerofíticas y de matorral seco en el borde de las zanjas de infiltración, utilizando la mayor humedad y disponibilidad de agua en dichos sectores.

Las técnicas de replante y mantención de plantas serán las mismas que las indicadas en el punto anterior (apartado 6.1.1.4), Reforestación en zona buffer. La densidad de plantación será de 100 - 200 plantas por hectáreas, con el objeto de mantener zonas de mayor exposición para desarrollo de geófitas nativas de relevancia.

- **Indicador de éxito**

En el caso de la siembra de árboles nativos en zanjas de infiltración, se dará como cumplida la medida cuando el prendimiento de los ejemplares alcance el 75% de lo plantado.

En términos de cobertura, se considerará como exitosa la medida cuando la cobertura final sea de un 50% respecto de la cobertura de la condición inicial. En las zonas de matorral, no se espera que la cobertura llegue al 100% o cercano a esto, debido a que en zonas de matorral se pueden desarrollar claros que son esenciales para el desarrollo de geófitas nativas, relevantes para la protección de la biodiversidad local.

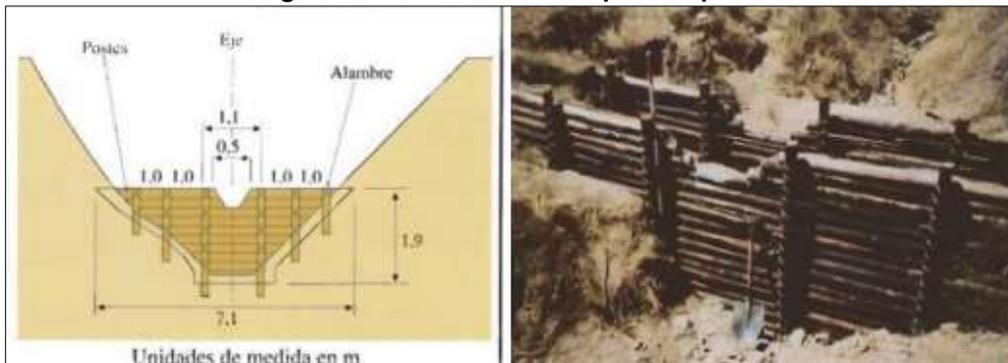
En términos de riqueza, se considerará como exitosa la medida cuando el número de especies aumente en un 50% respecto del número de especies de la condición inicial. Se deberá justificar técnicamente las situaciones donde no sea posible el aumento de riqueza de especies.

6.1.1.10 Control de cárcavas

Para realizar el control de cárcavas se propone la disposición de diques de postes de madera, las que son barreras que cruzan un curso de agua o un conducto y se utilizan para controlar el nivel y velocidad del agua, estabilizar la pendiente del cauce y contener sedimentos transportados (Figura 17).

Favorecen la estabilización de pendientes en lechos de cárcavas, resistencia a la socavación de las cárcavas y permiten preparar las condiciones para plantación y siembra dentro de cárcavas. Se construyen con postes impregnados de pino u otras especies (Francke y col., 1998). Son obras relevantes en el control de erosión en zonas de cárcavas al regular el flujo hídrico y contener sedimentos. La vida útil del dique se estima superior a 10 años, siempre que se realice con postes impregnados. Se recomienda que la altura útil sea menor a 1,5 m, considerando la resistencia a la flexión de los postes (Francke y col., 1998).

Figura 17: Diseño de los diques de poste de madera.



Fuente: Francke *et al* 1998.

Algunos proyectos de restauración post incendios recientes en Chile han utilizado mecanismos similares para controlar la erosión en quebradas o cárcavas, como construir fajas de retención de suelo y agua con ramas de árboles o arbustos nativos quemados que se encuentran cercanamente o exóticas; de forma perpendicular a la pendiente y paralelas entre sí, para poder retener suelo que se va perdiendo, y además en esos lugares se juntará una cantidad de semillas que en un futuro va a recolonizar las especies nativas de esos lugares. Se puede observar en la Figura 18 la aplicación de estos mecanismos en Restauración post incendios en la Localidad de Rastrojos 2017 -2020 (región del Maule) (Meza y col., 2021) y Parque Natural Cerros Los Pinos (ubicado en Quilpué, región de Valparaíso).

Figura 18: Diques de retención de suelo y agua.



Fuente: Benjamín Veliz.

- **Indicador de éxito**

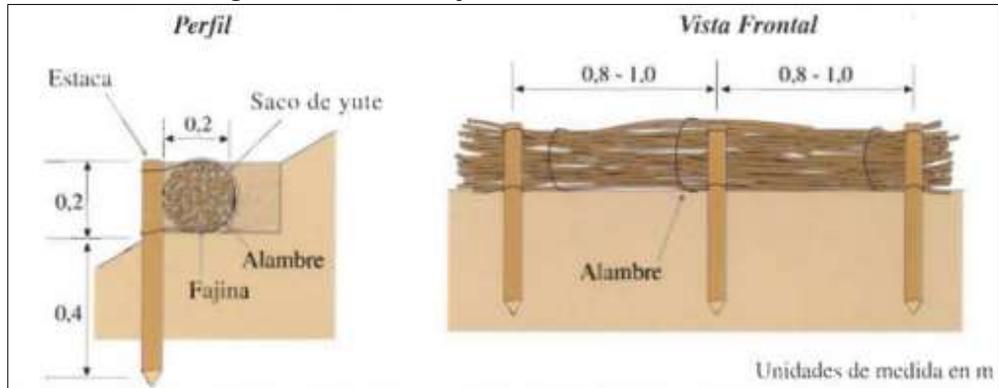
Se dará como cumplida la medida de control de cárcavas, cuando dichas estructuras se encuentren habilitadas en el predio respectivo. Se realizará revisión periódica por al menos 5 años para reparar la infraestructura en caso de derrumbe u otro.

6.1.1.11 Manejo de escurrimiento superficial

Para manejo del escurrimiento superficial se propone un tratamiento lineal con fajinas de ramas. El intervalo de los tratamientos lineales está en función del grado de inclinación de la pendiente. En taludes con pendientes moderadas se emplean intervalos de 3 m. Esta obra se aplica en laderas con pendientes moderadas, no es recomendable para laderas con pendientes muy escarpadas, taludes de derrubios o en suelos pedregosos. Se puede utilizar ramas de distintas especies arbóreas, aprovechando los tipos existentes en los lugares a intervenir (Francke y col., 1998). Esta obra (Figura 19 y 20) no tiene restricción con respecto a sus dimensiones, se utiliza para disminuir la erosión superficial en los taludes, disipar la escorrentía superficial, reducir la velocidad del flujo hídrico y la acumulación de sedimentos (Francke y col., 1998).

Cabe indicar que la presente medida no se considera aplicar en fondos de quebrada o en cursos de agua, sino sobre las cárcavas.

Figura 19: Diseño fajinas con ramas



Fuente: Francke y col., 1998.

Figura 20: Fajinas con ramas.



Fuente: Francke y col., 1998.

- **Indicador de éxito**

Se dará como cumplida la medida de manejo de escurrimiento superficial, cuando dichas estructuras se encuentren habilitadas en el predio respectivo. Se realizará revisión periódica por al menos 5 años para reparar la infraestructura en caso de derrumbe u otro.

6.1.2 Potenciales efectos asociados a la implementación de Medidas de Reparación

Primeramente, cabe mencionar que la selección de estas medidas se ha realizado considerando experiencias locales de restauración ecológicas, comprobadas en estudios técnicos y científicos aplicados en ecosistemas en las comunas de interés y en ecosistemas equivalentes en la ecorregión mediterránea. En particular, se han basado en las metodologías actualizadas de Francke y col.

(1998); Flores y col., (2004); Tacón (2004); Francke y col. (2009); Larney y Angers (2012); CONAF (2014, 2016 y 2017); Bown, H. Pérez- Quezada (2015), Pérez-Quezada y Bown (2015); Jaksic y Fariña (2015); Gallardo y Ricci (2016); PNUD (2017); Hueso-González y col. (2018); Vitta (2018); García y Carmona (2021); Meza y col. (2021).

Si bien las medidas de restauración poseen una base científica sólida para ecosistemas naturales en las áreas donde se aplicarán, podría haber situaciones sitio específicas que limiten la proyección esperada, por lo cual existirá un seguimiento y control del éxito, verificando y replanteando su aplicabilidad conforme se indica en el punto 6.3.

Preliminarmente, los principales efectos asociados a las medidas y formas de gestionarlos que se han identificado se indican a continuación:

- Limitaciones en disponibilidad de agua para riego, lo que podría generar una merma en el recurso para ejemplares en proceso de restauración natural. Se evaluarán entonces otras fuentes de agua para riego inicial, como camiones y derechos de propietarios aledaños. Además de replantear acciones de optimización del recurso asociadas con el momento en que se realice el replante y aplicación de enmiendas que optimicen el uso del recurso.
- Limitaciones al acceso de ganado de la población para la protección de formaciones nativas, que puedan repercutir en las comunidades humanas aledañas que utilizan el territorio para sus fines productivos locales. Al restringir los accesos para promover el rebrote, podría generarse limitaciones a las comunidades locales, por lo cual se contemplará una gestión activa local para coordinar las acciones con propietarios de los diferentes predios.
- La propagación de ejemplares nativos, especialmente endémicos, implica la recolección de semillas (material genético) cuya extracción podría a su vez disminuir el proceso de regeneración natural de los ecosistemas. En caso de observarse un detrimento en dicha regeneración, se podría ampliar el radio de búsqueda de material genético a ecosistemas aledaños, de manera de no impactar sustancialmente a los ecosistemas que se necesitan restaurar. También se contemplará revisar las técnicas en invernaderos para optimizar el brote de ejemplares.

6.1.3 Medidas inmateriales

Las medidas inmateriales corresponden a una serie de acciones de educación y trabajo con la comunidad en las comunas de Marchigüe y Paredones. Se busca sociabilizar el contenido y alcance del PdR y mostrar resultados, mediante la implementación de campañas de información, comunicación y educación ambiental, con especial énfasis en la población joven.

Se pretende hacer partícipe a la comunidad de las actividades que se realizarán, mantenerlos informados de las distintas etapas que se han cumplido y cómo pueden aportar en el proceso de desarrollo e implementación del Plan. Además, se busca incentivar a la población para generar

apoyos locales, ya sea con su experiencia, horas de voluntariado o proporcionando información sobre la evolución de los distintos ecosistemas.

Se busca generar un plan de participación de manera conjunta con las comunidades y los interesados en formar parte del proceso de restauración, actuaciones que serán acompañadas por un facilitador.

En una primera instancia se identificarán y caracterizarán a los destinatarios de las medidas que se proponen, en todo caso, estará comprendido una difusión a nivel de la población general, con un particular énfasis en niños y jóvenes de las localidades afectadas de las comunas de Marchigüe y Paredones.

A continuación, se detallan las medidas inmateriales a desarrollar.

6.1.3.1 Plan de Participación Comunitaria

Se definirá un Plan de Participación Comunitaria junto con las comunidades locales de las áreas afectadas donde se implementarán las diversas acciones de restauración, incluyendo su Difusión y Participación en detalle. De esta forma, se podrá recoger las inquietudes de los la comunidad que desee participar, así como delinear en conjunto las principales acciones que deberán ser consideradas para efectos de difusión y participación.

El Plan integrará a la comunidad afectada y a los distintos grupos de interés, considerando representatividad multisectorial, multicultural y multinivel de los participantes, además de la pertenencia cultural aplicada a los pueblos indígenas (cuando corresponda) y el enfoque de género.

Para lo anterior, se desarrollará, previo al inicio de la Etapa de Desarrollo e Implementación, un proceso de participación y diálogo con las comunidades de las áreas a restaurar, que permita informar y dialogar sobre el objetivo de la restauración post incendios forestales y otros temas de interés, como la prevención general de problemas ambientales, además de facultar su participación en la implementación, proceso que será acompañado por un facilitador.

6.1.3.2 Plan de Capacitación

Se contempla la elaboración y ejecución de un Plan de Capacitación, con la participación de comunidad tanto de la zona afectada por los incendios como organizaciones comunales, colegios, entre otros, con el propósito de promover la educación ambiental y la prevención de incendios forestales, instalando capacidades en el territorio.

Se tratarán las siguientes materias:

- i. Áreas protegidas
- ii. Sitios prioritarios
- iii. Humedales y especies protegidas
- iv. Difusión del Plan de Monitoreo

6.1.3.3 Plan de Difusión

Se elaborará un Plan de Difusión y Comunicación a aplicar desde el inicio de la restauración, con el objeto de entregar un apoyo continuo en las diversas actividades a implementar, de manera de informar, empoderar y asegurar una adecuada participación de las comunidades y beneficiarios, fortaleciendo sus capacidades y participación social.

Con una adecuada difusión del proyecto en cuanto a sus características y objetivos, se busca establecer un adecuado y continuo diálogo entre el equipo consultor, los beneficiarios y las instituciones participantes, facilitando con esto el flujo de información.

Dentro de la información a difundir, se destaca que el programa de monitoreo contará con un módulo de difusión de los avances del PdR para la comunidad.

Las actividades a realizar en el Plan de Difusión corresponderá, entre otras:

- i. Talleres. Se contempla la realización de talleres para comunicar la gestión y avance de las actividades, así como los resultados de la restauración.
- ii. Días de Campo. Actividad para mostrar a un grupo de interesados específicos el avance de las actividades ejecutadas y los principales resultados obtenidos a la fecha.
- iii. Comunicación en prensa escrita. Nota Informativa y/o un artículo específico de acciones y resultados relevantes.
- iv. Contacto Directo con dirigentes indígenas, propietarios, autoridades comunales, entre otros interesados en el proceso de restauración.

Como apoyo a las actividades de difusión se confeccionará y dispondrá de material complementario:

- Material impreso (dípticos, trípticos, cartillas u otros).
- Impresión de carpetas, bolsas ecológicas, entre otros.
- Uso de web.
- Implementación de correo electrónico para recibir y aclarar dudas.
- Charlas informativas.

6.1.3.4 Actualización de Planes de Prevención de Emergencias y Contingencias CGE

Se revisarán los Planes de Prevención de Emergencias y Contingencias, y actualizarán en su caso, considerando las medidas de control de riesgos operacionales asociados, así como planes y acciones de mitigación y adaptación para áreas que pudieran verse expuestas a futuro, de modo de no alterar los objetivos del PdR. Su diseño considerará una frecuencia de revisión de estos Planes, tal que permita cumplir con los fines de preservación y conservación de los componentes ambientales que pudiesen verse afectados.

6.1.3.5 Propuesta de Convenios o Acuerdos

CGE propondrá al menos un Convenio o Acuerdo con entidades u organismos de reconocida experiencia en materia de preservación y conservación del medio ambiente, con el objeto de cumplir las medidas comprometidas y colaborar en la sistematización del conocimiento de restauración a nivel nacional e internacional.

6.2 Ecosistemas de referencia

De acuerdo con el diagnóstico ejecutado, no existen áreas protegidas o ecosistemas que posean baja intervención, cuyas propiedades puedan servir de control para dar seguimiento a la restauración

que se plantea en el presente PdR. Por lo cual, de acuerdo con la literatura y estructura de la vegetación levantada en terreno, a continuación, se describen ecosistemas teóricos de referencia.

6.2.1 Marchigüe

6.2.1.1 Navidad Tanumé y Cardonal

El ecosistema de referencia en Navidad Tanumé y Cardonal corresponde a un bosque esclerófilo mediterráneo costero de asociaciones Litre-Peumo y Litre-Corcolén. El primer tipo de asociación presenta como especies secundarias al Boldo y el Molle, y presenta un importante contingente de arbustos esclerófilos y espinosos como Colliguay, *Escallonia pulverulenta*, *Eupatorium glechonophyllum*, *Lobelia excelsa*, *Retanilla trinervia* y otros. La presencia de herbáceas es más bien escasa, principalmente *Solenomelus pedunculatus* y *Vulpia myuros*, mientras que las epífitas están prácticamente ausentes. En las laderas más secas es frecuente la presencia de matorrales dominados por *Retanilla trinervia* y Colliguay. En algunos sectores se asocia con Palma Chilena. En algunas quebradas se observan bosques de *Aextoxicon punctatum*. Por otro lado, la asociación de bosque esclerófilo de Litre-Corcolén posee un carácter más oceánico, con presencia de elementos del bosque caducifolio maulino. Se encuentra muy diversificada, siendo importante la presencia de las leñosas *Lomatia hirsuta*, *Rosa rubiginosa*, *Sophora macrocarpa* y *Myrceugenia obtusa* y de las epífitas *Bomarea salsilla*, *Lardizabala biternata* y *Proustia pyrifolia* como elementos característicos locales.

Las comunidades zonales para este ecosistema de referencia son:

- *Cestro-Trevoetum*
- *Boldo-Lithraeetum*
- *Cryptocarya alba-Lithrea caustica*
- *Jubaea chilensis-Lithrea caustica*
- *Lithrea caustica-Peumus boldus*
- *Lithrea caustica-Azara integrifolia*
- *Peumus boldus-Trevoa trinervis*
- *Trevoa trinervis-Colliguaja odorífera*
- *Puya bertoniana-Trichocereus chilensis*
- *Teline monspessulana-Sarothamnus scorparius*
- *Lomatia hirsutae-Lithraeetum causticae*

6.2.1.2 La Pitra y Merquehue Peñablanca

El ecosistema de referencia de la Pitra y Merquehue Peñablanca corresponde a un bosque esclerófilo mediterráneo interior de Litre-Boldo. Estas especies son las dominantes en el dosel superior con presencia ocasional de Quillay y Peumo, pero que generalmente asume la forma de un matorral arborescente. La estrata arbustiva está conformada por *Satureja gilliesii*, *Podanthus mitique*, *Colletia hystrix* y *Retanilla trinervia*, además de Gramíneas y algunas geófitas en la estrata herbácea.

Las comunidades zonales para este ecosistema de referencia son:

- *Boldo-Lithraeetum*
- *Quillaja saponaria-Lithrea caustica*

- *Colletia spinosa-Baccharis rhomboidalis*
- *Lithrea caustica-Peumus boldus*

6.2.2 Paredones

6.2.2.1 San Pedro de Alcántara

El ecosistema de referencia en Paredones Sur corresponde a un bosque esclerófilo mediterráneo costero de asociaciones Litre-Corcolén, el cual, como se ha mencionado anteriormente, posee un carácter más oceánico, con presencia de elementos del bosque caducifolio maulino. Se encuentra muy diversificada, siendo importante la presencia de las leñosas *Lomatia hirsuta*, *Rosa rubiginosa*, *Sophora macrocarpa* y *Myrceugenia obtusa* y de las epífitas *Bomarea salsilla*, *Lardizabala biternata* y *Proustia pyrifolia* como elementos característicos locales.

Las comunidades zonales para este ecosistema de referencia son:

- *Lithrea caustica-Azara integrifolia*
- *Teline monspessulana-Sarothamnus scorparius*
- *Lomatia hirsutae-Lithraeetum causticae*

Las comunidades intrazonales incluidas para este sector son:

- *Lumo-Myrceugenetum exsuccae*
- *Chusquea cumngii*
- *Tessaria absinthioides-Baccharis pingraea*

6.2.2.2 Paredones Sur

El ecosistema de referencia en Paredones Sur corresponde a un bosque esclerófilo mediterráneo costero de asociaciones Litre-Corcolén, el cual, como se ha mencionado anteriormente, posee un carácter más oceánico, con presencia de elementos del bosque caducifolio maulino. Se encuentra muy diversificada, siendo importante la presencia de las leñosas *Lomatia hirsuta*, *Rosa rubiginosa*, *Sophora macrocarpa* y *Myrceugenia obtusa* y de las epífitas *Bomarea salsilla*, *Lardizabala biternata* y *Proustia pyrifolia* como elementos característicos locales.

Las comunidades zonales para este ecosistema de referencia son:

- *Lithrea caustica-Azara integrifolia*
- *Teline monspessulana-Sarothamnus scorparius*
- *Lomatia hirsutae-Lithraeetum causticae*

6.2.2.3 Perdigueros

El ecosistema de referencia en el sector de Perdigueros corresponde a un bosque esclerófilo mediterráneo costero de asociaciones Litre-Corcolén, el cual, como se ha mencionado anteriormente, posee un carácter más oceánico, con presencia de elementos del bosque caducifolio maulino. Se encuentra muy diversificada, siendo importante la presencia de las leñosas *Lomatia hirsuta*, *Rosa rubiginosa*, *Sophora macrocarpa* y *Myrceugenia obtusa* y de las epífitas *Bomarea salsilla*, *Lardizabala biternata* y *Proustia pyrifolia* como elementos característicos locales.

Las comunidades zonales para este ecosistema de referencia son:

- *Lithrea caustica-Azara integrifolia*
- *Teline monspessulana-Sarothamnus scorparius*
- *Lomatium hirsutae-Lithraeetum causticae*

Las comunidades intrazonales incluidas para este sector son:

- *Lumo-Myrceugenietum exsuccae*
- *Perseo- Myrceugenietum exsuccae*
- *Blepharocalyx cruckshanksii-Crinodendron patagua*
- *Persea lingue-Luma chequen*

6.3 Programa de trabajo

La aplicación del Plan se ejecutará por etapas. En la primera etapa se comenzará por un Sitio de Reparación Temprana (SRT) por comuna, y parte de la UT en la cual se encuentra contenida. Luego, en una segunda etapa, se completará la UT del SRT de inicio. En la tercera etapa se iniciará la restauración en un nuevo SRT y su respectiva UT que la contiene. Mismos procesos ocurrirán en la Etapa 4 y 5, hasta completar la totalidad de la superficie a restaurar de acuerdo con el objetivo del presente Plan. El detalle de las superficies a considerar por etapas del plan se encuentra en la Tabla 15, para cada comuna.

El inicio de cada etapa corresponderá al año respectivo, es decir, la Etapa 1 comenzará el año 1, la Etapa 2 comenzará el año 2, y así sucesivamente hasta dar inicio a la restauración completa. De cualquier forma, el inicio de cada etapa dependerá de variables tanto internas como externas, por lo que podrá adaptarse según sean las circunstancias. Las superficies que se indican en la Tabla 15 son estimadas, y dependerán de las gestiones a realizar con cada uno de los propietarios involucrados en el presente Plan (indicados en el acápite 3.2.1 del documento).

Tabla 15: Superficies estimadas a considerar por etapas del Plan.

| Comuna | Área a restaurar | Hectáreas a considerar por Etapa | | | | | Total (ha) |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|
| | | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 | Etapa 4 | Etapa 5 | |
| Paredones | SRT San Pedro de Alcántara | 248 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | UT San Pedro de Alcántara | 570 | 820 | 289 | 0 | 0 | |
| | SRT Perdigueros | 0 | 0 | 233 | 0 | 0 | |
| | UT Perdigueros | 0 | 0 | 300 | 289 | 0 | |
| | UT Paredones Sur | 0 | 0 | 0 | 520 | 827 | |
| Total (ha) | | 818 | 820 | 822 | 809 | 827 | 4.096 |
| Marchigüe | SRT/SP Navidad Tanumé Pailimo | 0 | 0 | 463 | 0 | 0 | |
| | UT Navidad Tanumé | 0 | 0 | 418 | 0 | 0 | |
| | SRT Alcones | 268 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | UT Cardonal | 800 | 1.553 | 0 | 0 | 0 | |
| | SRT Merquehue Peñablanca | 0 | 0 | 0 | 954 | 268 | |
| | SRT/SP Merquehue Peñablanca | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | La Pitra | 0 | 0 | 0 | 0 | 326 | |
| Total (ha) | | 1.068 | 1.553 | 881 | 954 | 594 | 5.050 |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16 se encuentra un cronograma de actividades que se utilizará a modo de seguimiento de las acciones y verificación de las mismas. En la Figura 21 se muestra un diagrama de flujo general de la forma en que se llevará a cabo el presente plan de restauración, que considera una constante retroalimentación de los resultados obtenidos, para mejorar continuamente las medidas, acciones, coordinaciones, etc., que se llevarán a cabo en el presente Plan.

A continuación, se listan las actividades a desarrollar para llevar a cabo el Plan en los predios asociados a cada área de acuerdo con las Etapas indicadas en la Tabla 16. Estos serán utilizados como **medios de verificación** de las acciones de gestión el Plan, los que se describen en la presente

sección, pero que también forman parte del monitoreo del PdR, como se describe en detalle el acápite 5.2.

1. Descripción general del área a restaurar:

- **Accesos:** indicar rutas enroladas oficiales y accesos particulares. Incorporar posibles detalles de gestión con propietarios para el acceso.
- **Superficie:** área en hectáreas o metros cuadrados específica de aplicación conforme al rol o roles incluidos.
- **Tipo de suelo:** descripción general del tipo de suelo del área a restaurar: condición de erosión, pendiente y % de suelo desnudo. Se podrá utilizar la información del Diagnóstico del Plan (Anexo 2 al presente documento) para complementar o actualizar la condición del suelo al momento de iniciar la restauración.
- **Flora/Vegetación:** descripción general del tipo de suelo del área a restaurar: cobertura, estratas, especies dominantes, grado de regeneración y afectación debido a incendio forestal. Presencia de especies protegidas y endémicas. Se podrá utilizar la información del Diagnóstico del Plan (Anexo 2 al presente documento) para complementar o actualizar la condición de la flora y la vegetación al momento de iniciar la restauración.
- **Fauna:** descripción general de especies en el área a restaurar: listado de especies, grupos dominantes, presencia de especies de baja movilidad y/o protegida, y presencia de nidos, madrigueras, cuerpos de agua u otro de residencia de fauna. Se podrá utilizar la información del Diagnóstico del Plan (Anexo 2 al presente documento) para complementar o actualizar la condición de la fauna al momento de iniciar la restauración.
- **Cartografía:** elaboración de cartografía o esquema del área a restaurar con la información actualizada de los ecosistemas naturales en cuanto a su orografía, flora/vegetación, cuerpos de agua, o cualquier otro antecedente complementario territorial-ambiental.
- **Registro fotográfico:** set fotográfico que respalde la condición inicial del predio o los predios a restaurar.
- **Ficha del estado del sitio:** con la información obtenida se elaborará una ficha técnica que aúne la condición del área a restaurar.

2. Determinación de medidas preliminares:

- **Listado de medidas en función del diagnóstico:** sobre la base del diagnóstico realizado (Anexo 2 del presente documento), se detallará el set de medidas a aplicar, su localización y forma de aplicación y posibles ajustes técnicos ante consideraciones específicas del terreno.
- **Cartografía:** complementando la cartografía del punto anterior (1. Descripción general del área a restaurar), se indicarán las zonas específicas de aplicación de cada medida.

3. Identificación de propietarios:

- **Listado de propietarios y superficies:** se listará los propietarios afectados a cada área a restaurar.
- **Identificación de ROLES:** se identificarán los ROLES asociados a cada predio, datos de contacto, e-mail, teléfono, etc.

4. Reuniones y gestiones con propietarios

- **Reunión de inicio:** la primera actividad consistirá en tomar contacto con el o los propietarios de un área a restaurar, explicando los objetivos del Plan y la o las medidas específicas a desarrollar en su predio. Esta actividad podrá ser presencial o a través de llamada o video-llamada, dejando registro de la misma.
- **Visita a predios:** mediante la actividad de reunión de inicio se consensuará una visita al predio a restaurar, con el objetivo de explicar al propietario el detalle de la medida y las implicancias de ésta. Además, se podrá obtener en esta visita información técnica para complementar el punto 1. “Descripción general del área a restaurar” descrito anteriormente.
- **Minuta o anotaciones de observaciones a medidas:** en caso que corresponda, luego de las gestiones con los dueños de los predios, se generará una minuta sobre potenciales observaciones que posean éstos, para posterior análisis en gabinete de acuerdo con las medidas preliminares ya propuestas.
- **Ajuste de medidas preliminares:** en caso que algún propietario observe las medidas a implementar, en caso de corresponder, ésta se podrá ajustar o será reemplazada por otra que cumpla un fin similar, justificada técnicamente. Se realizarán las gestiones de comunicación pertinentes con los propietarios hasta acordar la o las medidas definitivas a aplicar.
- **Diseño de medidas definitivas:** se generará un documento de medidas definitivas del predio como consecuencia de las actividades antes descritas.
- **Cartografía:** en caso de aplicar, se actualizará la cartografía de medidas del punto 2. “Determinación de medidas preliminares”.

5. Planificación de ejecución de medidas:

- **Demarcación del terreno:** mediante un estacado del terreno se delimitarán las áreas a aplicar las medidas de acuerdo con las actividades descritas en los puntos 2 y 4, anteriores.
- **Coordinación con trabajadores:** se realizará una coordinación con trabajadores, en lo posible locales, para la contratación de mano de obra para la ejecución de las medidas. Si aplica, se realizarán capacitaciones de cuadrillas de trabajadores.
- **Gestión de contratos, acuerdos o convenios:** se gestionarán todos los contratos, acuerdos o convenios entre privados para ejecutar las medidas.
- **Registro fotográfico:** se contará con el registro fotográfico de la demarcación del terreno y coordinaciones de la presente etapa.

6. Ejecución del plan de restauración:

corresponde a la aplicación de las medidas de restauración conforme a lo detallado en el presente Plan.

7. Seguimiento y control

- **Condición ecológica inicial del sitio a reparar:** previo al inicio de la ejecución de las medidas, se determinará en detalle la condición inicial del sitio a reparar. Se tomarán antecedentes generales conforme al punto 1 “Descripción general del área a restaurar”, información obtenida en visitas a terreno junto con propietarios del punto 4 “Reuniones

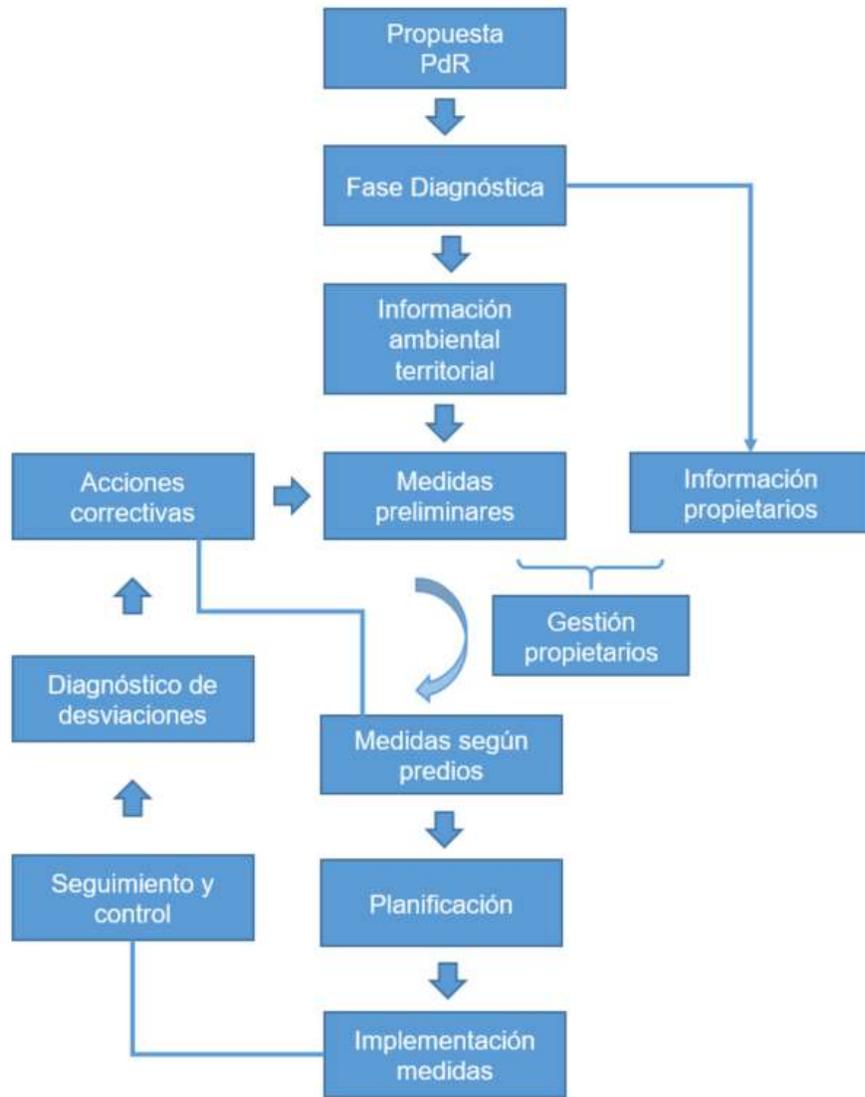
y gestiones con propietarios”, además de visitas complementarias descriptivas del equipo gestor del Plan.

- **Definición de condición control:** el sitio control del área a restaurar se basará en lo indicado en el acápite 4.2 del presente Plan (“Ecosistemas de referencia”), y podrá ser complementado de acuerdo con las características ecológicas específicas de cada sitio, por ejemplo, mayor cercanía a cuerpos de agua, pendientes, exposición de ladera, etc.
- **Determinación de variables ecológicas de seguimiento y control:** en el punto 5.1 del presente Plan se encuentran los indicadores de éxito como variables ecológicas para el seguimiento y control de las medidas, no obstante, podrían surgir consideraciones específicas y complementarias de acuerdo con la ecología de cada sitio. En este punto, se encontrará la validación de las variables para seguimiento y control conforme al punto 5.1 indicado.
- **Monitoreo ambiental:** mediante las variables ecológicas de seguimiento y control se realizará la evaluación temporal de los indicadores de éxito, con el fin de medir la evolución de los ecosistemas y detectar posibles desviaciones. Este seguimiento (o monitoreo ambiental según se indica en el acápite 5.2 del presente Plan) durará 5 años, con inicio a partir de la temporada siguiente a la ejecución de la primera plantación, en forma semestral durante los 2 primeros años y anual durante los últimos 3.

8. Diagnóstico de desviaciones y acciones correctivas

- Identificación de medidas de bajo o nulo éxito
- Identificación de causas de bajo éxito
- Proponer acciones correctivas con sus correspondientes seguimientos
- Actualización de medidas de restauración

Figura 21: Diagrama de flujo general Plan de Restauración



Fuente: Elaboración propia.

7 ETAPA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN

La Etapa de Seguimiento y Monitoreo se refiere a la evaluación temporal de la implementación de las medidas, mediante una visión de gestión adaptativa (Figura 1 de acápite 3 del presente Plan), apuntando a un uso de recursos más eficaz y optimizando el esfuerzo de reparación. Esta gestión adaptativa tiene por objeto realizar un análisis de las desviaciones respecto de los indicadores de éxito propuestos para cada medida, en el entendido de que las condiciones sitio-específicas podrían generar condiciones diferentes a las proyectadas. Se espera que las evaluaciones permitan aplicar, de manera justificada, medidas correctivas en etapas tempranas del Plan.

Por un lado, para dar seguimiento a las acciones del plan, se tendrá los medios de verificación del Programa de trabajo del Plan completo, los que se encuentran en acápite 7.1, y por otro lado, se evaluará los indicadores de éxito de las medidas, de conformidad con los indicadores de éxito de cada medida, descritos en acápite 6.1 y resumidas en acápite 5.4, dentro del Monitoreo ambiental propuesto para el presente Plan.

7.1 Medios de verificación Programa de trabajo

El plan de restauración ecológica contará con una serie de documentos de verificación de las acciones o hitos comprometidos. A continuación, se describen los documentos que se utilizarán como medios de verificación para seguimiento de las acciones contenidas en el presente Plan.

7.1.1 Descripción general del área a restaurar

El medio de verificación de la presente etapa corresponderá a una ficha que contenga información sobre:

- ✓ Accesos
- ✓ Superficie
- ✓ Tipo de suelo
- ✓ Flora/Vegetación
- ✓ Fauna
- ✓ Cartografía
- ✓ Registro fotográfico

La información será obtenida conforme a lo indicado en el apartado 4.3. Programa de trabajo.

7.1.2 Determinación de medidas preliminares

El medio de verificación del área a restaurar corresponderá a un documento técnico con el listado de medidas a ejecutar en cada área.

Se basará en la información levantada en el Diagnóstico, sin embargo, podrá ser actualizada en función de acciones correctivas, provenientes de los diagnósticos de desviaciones del seguimiento y control del PdR.

Se generará la cartografía a escala adecuada, señalando zonas de aplicación de éstas.

7.1.3 Identificación de propietarios

El medio de verificación del área a restaurar corresponderá a un documento técnico con el listado de propietarios, que contendrá:

- ✓ ROL
- ✓ Tipo de Propietario (Persona natural, sociedad, etc.,)
- ✓ Dirección
- ✓ Destino
- ✓ Otra información SII

Se deberá generar la cartografía a escala adecuada, señalando predios a restaurar por área afecta al Plan.

7.1.4 Reuniones y gestiones con propietarios

Se mantendrá registro de las actividades a realizar con los propietarios de los predios, de acuerdo con lo siguiente:

- ✓ Reunión de inicio: acta de reunión, adjunto de ppt y/o material de difusión.
- ✓ Visita a predios: actas de la(s) visita(s) y registro fotográfico.
- ✓ Documento de observaciones a medidas: documento técnico breve que resuma observaciones de los propietarios respecto de factibilidad de aplicación de medidas. Ajustes y/o nuevas consideraciones surgidas de las reuniones o comunicaciones con propietarios.
- ✓ Ajuste de medidas preliminares y diseño de medidas definitivas: actualización de documento del punto 6.1 (“determinación de medidas preliminares”) en función del documento de “observaciones a medidas”.
- ✓ Actualización de la identificación de propietarios

7.1.5 Planificación de ejecución de medidas

En el presente hito se generarán diferentes instancias de preparación del terreno y gestiones administrativas para llevar a cabo las medidas propuestas.

Como medios de verificación, se considerarán:

- ✓ Acta de reuniones
- ✓ Registros fotográficos de actividades
- ✓ Registro de contratos, acuerdos o convenios con propietarios
- ✓ Carta Gantt con la planificación

7.1.6 Ejecución del plan de restauración

La ejecución de las medidas contenidas en el PdR será controlada periódicamente conforme al siguiente punto, donde se especifican las frecuencias y medios de verificación. Adicionalmente, se realizará un Monitoreo ambiental conforme a lo señalado en el apartado 7.2. del presente documento.

7.1.7 Monitoreo y Evaluación

Se realizará un seguimiento y control de las medidas en relación con sus diferentes indicadores de éxito, las que se encuentran detalladas en el apartado 7.2.1 del presente documento “Indicadores de Éxito”.

Además, se evaluará el Plan mediante un Monitoreo Ambiental que durará 5 años, con inicio a partir de la temporada siguiente a la ejecución de la primera plantación, en forma semestral durante los 2 primeros años y anual durante los últimos 3.

7.1.8 Diagnóstico de desviaciones y acciones correctivas

Se contempla dentro del plan una revisión de las medidas mediante un diagnóstico de desviaciones. Si aplica, se describirán medidas de bajo o nulo éxito, identificando las posibles causas de ello.

Este proceso dependerá de la evolución de las medidas, por lo cual no se establece *a priori* una periodicidad o estructura específica. Cada vez que se describa una desviación, se emitirá un documento técnico correctivo y sus respectivos seguimientos. El documento técnico de correcciones a la medida deberá ser preciso, práctico y de fácil entendimiento, indicando claramente las causas y acciones correctivas, por cada sector, según corresponda.

7.2 Monitoreo ambiental de medidas

Como se comentó en el Programa de trabajo del presente PdR, acápite “Seguimiento y Control”, el Plan incluye un Monitoreo Ambiental que durará 5 años, con inicio a partir de la temporada siguiente a la ejecución de la primera plantación, en forma semestral durante los 2 primeros años y anual durante los últimos 3. Se presentarán a la SMA informes anuales de seguimiento.

El Monitoreo Ambiental tiene por objeto evaluar temporalmente si los indicadores de éxito de las medidas de restauración se están logrando, o se encuentran desviaciones. En caso de encontrarse desviaciones, identificar claramente las causas y proponer medidas correctivas sitio específicas. Se evaluará tanto las variables bióticas como abióticas de cada área o predio a restaurar, incluyendo en estas últimas tanto el componente flora como fauna.

En el presente apartado, en una primera parte se indican los indicadores de éxito específicos por cada medida propuesta (conforme a acápite 6.1.1 del Cap. 4 Etapa de Desarrollo e Implementación), para luego indicar las metodologías específicas del Monitoreo ambiental, tendientes a evaluar de manera global y ecosistémica la restauración propuesta.

7.2.1 Indicadores de éxito

Conforme a acápite 6.1.1 del Cap. 4 Etapa de Desarrollo e Implementación, en la Tabla 17 se resumen los indicadores de éxito de las medidas del presente Plan.

Tabla 17: Resumen de indicadores de éxito.

| Medida | Indicador de éxito |
|--|---|
| Manejo de especies vegetales invasoras | Se considerará como cumplida la medida cuando se excluya el 50% de la cobertura vegetal de especies exóticas inicial, en un horizonte de tiempo de 3 años |

| Medida | Indicador de éxito |
|---|---|
| Manejo de especies de fauna invasoras | <ul style="list-style-type: none"> - Disposición y mantención de cercado para exclusión de ganado. - Ausencia de presencia directa e indirecta (fecas, huellas, etc.) de ganado en zonas de exclusión de ganado. - Disminución de al menos el 60% en evidencia de herbivoría sobre individuos en rebrote y plántulas, respecto de la condición inicial, en un horizonte de 3 años. |
| Manejo de rebrotes | <ul style="list-style-type: none"> - Manejo de rebrotes en el 50% de los ejemplares en las zonas definidas. - Aumento en la cobertura vegetal del bosque en un 50% de la condición inicial. |
| Reforestación en zona buffer | <ul style="list-style-type: none"> - Al 3er año de la reforestación el prendimiento de las especies debe ser de un 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbustiva debería ser de al menos el 50% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas). - Al 5to de la reforestación año el prendimiento de las especies debe ser de un 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbórea debería ser de al menos el 40% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas). |
| Viverización y plantación de especies endémicas | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de plantas viverizadas para desarrollo y propagación de flora endémica y/o protegida. - Al 5to año de la plantación con especies endémicas/protegidas, el prendimiento de las especies debe ser mayor a 60% en el área a replantar. |
| Control biológico de plagas | <ul style="list-style-type: none"> - Habilitación y mantención de 2 posaderas y 1 casa anidera por cada 10 hectáreas. - Al 5to año de la plantación con especies endémicas/protegidas, el prendimiento de las especies debe ser mayor a 60% en el área a replantar. |
| Corredor biológico | <ul style="list-style-type: none"> - Al 3er año de la reforestación el prendimiento de las especies debe ser superior a 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbustiva debería ser de al menos el 50% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas). - Al 5to de la reforestación año el prendimiento de las especies debe ser de un 75% en el área buffer. La cobertura vegetal de la estrata arbórea debería ser de al menos el 40% respecto de la cobertura de la condición base (excluyendo la cobertura de especies exóticas). |
| Zanjas de infiltración | <p>Se dará como cumplida la medida de zanjas de infiltración, cuando dichas estructuras se encuentren habilitadas en las zonas de erosión en el predio respectivo. Se realizará revisión periódica por al menos 5 años para repararla en caso de derrumbe u otro.</p> |

| Medida | Indicador de éxito |
|--|--|
| Enriquecimiento especies vegetales en zanjas | En el caso de la siembra de árboles nativos en zanjas de infiltración, se dará como cumplida la medida cuando el prendimiento de los ejemplares alcance el 75% de lo plantado. En términos de cobertura, se considerará como exitosa la medida cuando la cobertura final sea de un 50% respecto de la cobertura de la condición inicial. En las zonas de matorral, no se espera que la cobertura llegue al 100% o cercano a esto, debido a que en zonas de matorral se pueden desarrollar claros que son esenciales para el desarrollo de geófitas nativas, relevantes para la protección de la biodiversidad local. En términos de riqueza, se considerará como exitosa la medida cuando el número de especies aumente en un 50% respecto del número de especies de la condición inicial. Se deberá justificar técnicamente las situaciones donde no sea posible el aumento de riqueza de especies. |
| Control de cárcavas | Se dará como cumplida la medida de control de cárcavas, cuando dichas estructuras se encuentren habilitadas en el predio respectivo. Se realizará revisión periódica por al menos 5 años para reparar la infraestructura en caso de derrumbe u otro. |
| Manejo de escurrimiento superficial | Se dará como cumplida la medida de manejo de escurrimiento superficial, cuando dichas estructuras se encuentren habilitadas en el predio respectivo. Se realizará revisión periódica por al menos 5 años para reparar la infraestructura en caso de derrumbe u otro. |

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2 Metodologías ecológicas de evaluación

Las variables utilizadas para el cálculo de indicadores ecológicos cuantitativos: diversidad, densidad, regeneración, cobertura y frecuencia, serán desagregadas territorialmente (por sectores dentro de cada área de restauración), y serán registradas para especies de interés (fauna o flora) y variables ecosistémicas (vegetación para el presente Plan), permitiendo evaluar el desempeño a distintos niveles de organización, tanto espaciales o territoriales como ecológicos.

7.2.2.1 Vegetación

El monitoreo de la vegetación se utilizará para comparar atributos ecosistémicos de los ecosistemas a restaurar y el ecosistema de referencia, evaluando en una integridad el éxito de la implementación de las medidas de reparación propuestas. Se incluirán los siguientes estimadores:

- Superficies de formaciones vegetacionales nativas en zonas afectadas. Estudio de la cobertura total de formaciones nativas, desagregadas por tipo de formación y si éstas constituyen zonas remanentes (no afectadas), con recuperación natural (quemadas y no intervenidas) o intervenidas (reforestadas) y/u otras categorías que resulten relevantes para un adecuado monitoreo de la evolución de los sistemas afectados.
- Superficies reforestada o reparada. Se indicará cartográficamente las áreas reforestadas, monitoreando el prendimiento de las especies, estado de vigor, densidad y su cobertura. Con ello se evaluará el éxito relativo para las distintas especies objeto de reforestación en cada sector, así como su éxito relativo en distintas condiciones ambientales, a fin de anticipar posibles ajustes.

- Densidad/Cobertura vegetal. Para especies arbóreas y arbustivas se utilizarán indicadores de tamaño poblacional absoluto (número de individuos en los sectores intervenidos) y relativa (número de individuos por unidad de área).
- Estimadores de diversidad. Se calculará la riqueza, y la diversidad alfa y beta para las poblaciones bajo regeneración. Se incluirá un análisis de especies y comunidades protegidas según estado de conservación.

7.2.2.2 Fauna

Se fijarán puntos representativos de observación de fauna para la medición de abundancia y composición de especies, para lo cual se ejecutarán transectos y puntos de observación de aves para la observación de ejemplares de manera directa y evidencias indirectas. La elección de puntos considerará sitios de hábitats más abundantes, así como singularidades o parches donde puedan encontrarse especies más singulares. Con ello se obtendrá evidencia para:

- Macro mamíferos
- Micro mamíferos
- Anfibios
- Avifauna
- Fauna introducida (elementos directos e indirectos)

Los indicadores darán cuenta del estado de las poblaciones y comunidades locales de especies de animales en los sectores afectados. Para esto se considerarán variables tales como la riqueza de especies, los tamaños poblacionales de las mismas, así como su estructuración en ensambles, cadenas y tramas tróficas.

7.2.2.3 Suelo

Se realizarán monitoreos de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así que han sido seleccionadas conforme a los resultados del Diagnóstico del Plan:

- Físicos: capacidad de infiltración, saturación, humedad, estructura del suelo y pedregosidad superficial.
- Químicos: materia orgánica, pH y conductividad eléctrica.
- Biológica: estructura de la micro biota.

Se evaluará la trayectoria del suelo comparando su condición inicial con los valores obtenidos en el monitoreo.

9 FORMA DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE A LAS MEDIADAS

A continuación, se indica la forma de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable a las medias, incluyendo las acciones que involucren. Igualmente, en caso de corresponder, se identifican los permisos o pronunciamientos de carácter sectorial que se requieren para la implementación de las medidas propuestas.

| Medidas | Normativa Aplicable | Permiso Ambiental Sectorial |
|--|---|--|
| Manejo de especies vegetales invasoras | <p>La medida consiste en la remoción activa de ejemplares de especies vegetacionales invasoras (no nativas) que ocupan espacio que podría ser utilizado por especies nativas (bosque, matorral y matorral arborescente) en proceso de regeneración post proceso de incendio.</p> <p>No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción.</p> <p>El Plan de Reparación no se ejecutará en terreno de aptitud preferentemente forestal.</p> | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Manejo de especies de fauna invasoras | <p>Consiste en instalar un tipo de exclusión de herbívoros, tal como la exclusión individual (se aísla la planta), o la exclusión global: consistente en un cierre perimetral.</p> <p>No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción.</p> | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Manejo de rebrotes | <p>Consiste en el manejo de la flora en regeneración mediante la poda de rebrotes o vástagos, con el objeto de inducir que las plantas nativas en regeneración crezcan de manera vertical y no hacia los lados, promoviendo el crecimiento y competencia de los individuos, aumentando la cobertura de la vegetación en el ecosistema natural de interés.</p> <p>Las especies principales que se manejarán con esta medida son: boldo, litre, quillay, bollén, peumo y corcolén.</p> <p>De conformidad con la Tabla N° 23 del Informe Diagnóstico, en el área de implementación del presente PdR se identificaron 3 árboles en clasificación:</p> | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |

| | | |
|---|---|--|
| | <p>canelo, palma chilena y lingue. Se señala que la presente medida de manejo no se aplicará respecto de estas especies.</p> <p>No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción.</p> <p>El Plan de Reparación no se ejecutará en terreno de aptitud preferentemente forestal.</p> | |
| Reforestación en zona buffer | <p>Corresponde a una medida de reforestación de una zona de amortiguación o buffer asociada a los bosques nativos remanentes de fondo de quebrada, los que se encuentran en proceso de regeneración natural post proceso de incendio. El objetivo de la medida es favorecer y promover la regeneración natural de estos remanentes y aumentar la resiliencia de estas formaciones nativas a acciones de fuego u otras presiones.</p> <p>No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción.</p> | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Viverización y plantación de especies endémicas | <p>Consiste en la recolección de semillas, viverización y adaptación de especies de plantas vegetales endémicas de la zona, con el fin de aumentar el número poblacional de especies vegetales propias de los ecosistemas incendiados. Los individuos serán plantados en las zonas de reforestación buffer del bosque nativo.</p> <p>No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción.</p> | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Control biológico de plagas | <p>Mediante la utilización de diferentes aparatos para atraer aves rapaces diurnas que controlen lagomorfos y herbivoría de pequeño tamaño.</p> <p>No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción.</p> | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Corredor biológico | <p>Requiere plantar árboles u otro tipo de vegetación entre parches de bosque que están aislados. Estas plantaciones suelen llamarse "corredores". El corredor puede consistir en un cerco vivo o una zona baja donde se encuentra un humedal o mallín.</p> | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |

| | | |
|--|--|--|
| | No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción. | |
| Zanjas de infiltración | Son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo, comprende un conjunto de zanjas, construido de forma manual o mecanizada, que se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores. Mediante la aplicación de la medida, no se intervendrán ni cuerpos ni cursos de agua, los trabajos se realizan sobre llas cárcavas. | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Enriquecimiento especies vegetales en zanjas | Reforestación mediante la plantación de especies vegetales. No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción. | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Control de cárcavas | Se propone la disposición de diques de postes de madera, las que son barreras que cruzan un curso de agua o un conducto y se utilizan para controlar el nivel y velocidad del agua, estabilizar la pendiente del cauce y contener sedimentos transportados. Mediante la aplicación de la medida, no se intervendrán ni cuerpos ni cursos de agua, los trabajos se realizan sobre las cárcavas. | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |
| Manejo de escurrimiento superficial | Consiste en un tratamiento lineal con fajinas de ramas. No se considera la intervención en fondos de quebrada. No se identifica normativa medioambiental asociada a la realización de esta acción. | No se identifica la aplicación de un Permiso Sectorial de contenido ambiental para la presente medida. |

9.1 Normativa Ambiental Aplicable

- a) Ley 19.473. que sustituye el texto de la Ley 4.60L de Caza.

El ámbito de aplicación de la ley de caza involucra la caza, captura, crianza, conservación y utilización sustentable de animales de la fauna silvestre (con excepción de las especies y los recursos hidrobiológicos), incluidas la caza o captura de mamíferos anfibios de la fauna silvestre. por lo que, en caso se determinarse la necesidad de captura de especies silvestres, ya sea para

introducirlos en las áreas cuya biodiversidad se manejarán para reestablecer sus condiciones, o para estudiarlos, será aplicable esta norma.

Tanto en la ejecución de la Fase Preliminar, como del Plan de Reparación, se dará cumplimiento de las disposiciones establecidas en la presente ley, solicitando previamente, en caso de corresponder, los permisos correspondientes al Servicio Agrícola y Ganadero.

Cabe hacer presente que durante la realización de la fase de diagnóstico no fue necesario la solicitud de permisos que describe esta ley.

b) Ley 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal

La presente norma tiene como objetivo la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental. El Plan de Reparación tiene el objetivo de lograr la recuperación del bosque nativo. La ejecución de estos planes se realizará en coordinación con la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

Adicionalmente, en caso de requerirse algún permiso o autorización para intervención de especies vegetales nativas, o de realizar trabajos al interior de áreas silvestres protegidas, Se solicitará dicho permiso ante la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Cabe hacer presente que durante la realización de la fase de diagnóstico no fue necesario la solicitud de permisos que describe esta ley.

c) Código de Aguas

Las actividades a realizar en el marco del Plan de Reparación no contemplan la intervención del componente hídrico a objeto restaurar las condiciones que permitan la regeneración del bosque nativo, acciones en las que se dará cumplimiento de lo dispuesto en el Código de Aguas, requiriendo, en su caso, las autorizaciones necesarias previo a alguna intervención.

9.2 Permisos o Pronunciamientos de Carácter Sectorial Aplicables

Dado las características de medidas que se proponen implementar en el presente Plan de Reparación, es que se ha considerado a priori, que no se requiere la obtención de ningún permiso o pronunciamiento sectorial de carácter ambiental para su implementación.

No obstante lo anterior, se identifica a continuación, algunos permisos o pronunciamientos sectoriales de carácter ambiental, que eventualmente pudiesen ser necesario de solicitar y presentar sus antecedentes a las autoridades correspondientes (en cuyo caso se realizará):

a) Ley 19.473. que sustituye el texto de la Ley 4.601. de Caza.

De conformidad con lo que se ha señalado respecto de las actividades a realizar, deberá realizarse seguimiento, en el mediano y largo plazo al menos, del componente fauna y en relación con dichas actividades, podría ser necesario solicitar los siguientes permisos establecidos en la Ley de Caza (Ley N° 19.473. sustituyó el texto de la Ley N° 4.601):

- i. El permiso establecido en el art. 9, que se refiere al permiso para la caza o captura de ejemplares de animales de especies protegidas para fines de utilización sustentable del recurso;
- ii. El permiso establecido en el art. 5, referido a la autorización para la recolección de huevos y crías con fines de reproducción.

En el caso que la implementación del Plan de Reparación requiera la obtención de estas autorizaciones, los antecedentes medioambientales y técnicos asociados a estos permisos se presentarán directamente ante el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

b) Ley 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal

De conformidad con las actividades a realizar, se ejecutarán labores de intervención en el terreno para generar las condiciones que permitan el restablecimiento o restauración del bosque nativo, en este contexto podría requerirse de las siguientes autorizaciones señaladas en la Ley 20.283:

- i. El permiso establecido en el art. 19, para la intervención de especies vegetales nativas clasificadas de conformidad con el artículo 37 de la Ley N° 19.300, que formen parte de un bosque nativo, o alteración de su hábitat;
- ii. El permiso establecido en el art. 60 para la cort., destrucción o descepa de formaciones xerofíticas;
- iii. El permiso establecido en el art. 2 N°4, permiso para el manejo de bosque nativo de preservación que corresponda a ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, cuyo manejo sólo puede hacerse con el objetivo del resguardo de dicha diversidad.

En el caso que la implementación del Plan de Reparación requiera la obtención de alguna de estas autorizaciones, los antecedentes medioambientales y técnicos asociados a estos permisos, serán presentados directamente ante la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

c) Código de Aguas

Las actividades a realizarse en el marco del Plan de Reparación, en principio no plantean la intervención de los cursos de agua. De todas formas en caso de requerir de la intervención del componente hídrico a objeto de evaluar o restaurar las condiciones que permitan la regeneración del bosque nativo, se solicitará la siguiente autorización señalada en el Código de Aguas:

- i. El permiso señalado en el art. 66. permio para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos

En caso que la implementación del Plan de Reparación requiera la obtención de esta autorización, los antecedentes medioambientales y técnicos asociados al permiso serán presentados directamente ante la Dirección General de Aguas (DGA).

10 MEDIDAS DE CONTENCIÓN ADOPTADAS

La Compañía General de Electricidad ha mantenido los espacios libres de vegetación bajo los postes y líneas eléctricas para la seguridad pública, intensificando sus programas de mantenimiento y definiendo procedimientos y sistemas de priorización en el desarrollo de las mismas. En las líneas de energía que se consideran de distribución primaria o líneas de alta tensión. la cantidad de desmonte de la vegetación varía en función de la tensión de la línea.

Como medidas generales se ha adoptado lo siguiente:

- No permitir la presencia de árboles, arbustos o hierbas dentro de los 3 metros de un poste de energía.
- No permitir la presencia de árboles que crezcan más alto que 7.6 metros dentro de los 6 metros de una línea de alta tensión.
- No permitir la presencia de árboles que crezcan más de 12 metros dentro de los 6 a 15 metros de una línea eléctrica.
- Los árboles que crecen más alto que 12 metros se deberán plantar al menos a 15 metros de distancia de una línea eléctrica.

11 MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

De conformidad con lo acordado en el numeral XVI de la Propuesta Metodológica del Plan de Reparación Ambiental, en el Segundo Tribunal Ambiental, se propuso una serie de acciones preventivas y sociales "que entregan tanto un aporte a la prevención de nuevos siniestros como los ocurridos en el verano del año 2016-2017, como condiciones para el desarrollo de las zonas afectadas por dichos incendios. Estas acciones, corresponden a actividades de aprovechamiento de la infraestructura y equipos utilizados para la ejecución del plan. También se contempla privilegiar la mano de obra local para la implementación del Plan, cuya contratación se hará en la medida que sea posible, a través de las OMIL de cada Municipio.

La descripción de las acciones acordadas es la siguiente:

- Mejora de infraestructura comunitaria para ser aprovechada como apoyo al plan. Por ejemplo: áreas de almacenaje de insumos para la ejecución del plan, labores de difusión, prevención y gestión de la emergencia, funciones como, capacitaciones a la comunidad en temáticas de medio ambiente, prevención de incendios, áreas de reunión ante la emergencia y otros.
- Mejora de infraestructura comunitaria para ser aprovechada como centro de capacitación y acondicionamiento físico de actuales y futuros brigadistas de incendios forestales.
- Adquisición de maquinaria para la ejecución del plan de reparación. que podrían apoyar en sus tiempos ociosos a los municipios para su uso. o apoyo en caso de emergencias.
- Adquisición de otros vehículos para uso en la ejecución del plan. que podrían utilizarse en apoyo a los municipios.

Las medidas complementarias específicas, al Plan de Reparación Ambiental, por comuna, son las siguientes:

Comuna de Paredones:

- Mejora de áreas comunitarias para prevención y gestión de emergencias: para optimizar la logística dentro de la comuna, se propone la habilitación y mejora de varias sedes para destinarlas a la gestión de emergencias como centros polifuncionales:
 - Terreno correspondiente a Centro de Difusión Paredones.
 - Multicancha y Anfiteatro de Bucalemu
 - Zona Estadio Cutemu
 - Terreno Cementerio de Paredones
- Construcción de un Centro de Acondicionamiento Físico para la preparación física de brigadistas y cuerpo de bomberos, así como la capacitación y difusión en prevención y gestión de emergencias.
- Vehículo para el traslado del personal encargado del Plan de Reparación. equipamiento menor, brigadistas, personal municipal y pacientes a los centros de atención de salud.
- Centro de Resguardo Familiar Municipal para el albergue de familias de la comuna.

Comuna de Marchigüe:

- Mejora de áreas comunitarias para prevención y gestión de emergencias: para optimizar la logística dentro de la comuna, se propone la habilitación y mejora de varias sedes para destinarlas a la gestión de emergencias:
 - Área Club Rinconada de Aleones.
 - Estadio Mallermo: mejora sistema de iluminación.
 - Estadio Las Garzas: mejora sistema de iluminación.
- Construcción de 4 pozos profundos.
- Apoyo a emergencias y urgencias municipales con maquinaria del Plan de Reparación:
 - camión tolva
 - retroexcavadora
 - camión de mantenimiento líneas eléctricas y alumbrado público
 - furgón para el traslado de personal
- Construcción de sistemas de iluminación y empalmes monofásicos con alimentadores aéreos

12 LISTADO DE PARTICIPANTES

Listado de personas que participaron en la elaboración del Estudio Técnico Ambiental y del Plan de Reparación Ambiental

Tabla 18 Listado de Participantes en elaboración Estudio Técnico Ambiental

| Listado de personas que participaron en la elaboración del Estudio Técnico Ambiental | | |
|---|--|---|
| Nombre | Profesión/Rol | Funciones y tareas que desarrollaron |
| Karina Aguilera | Bióloga Ambiental, Mg. Ciencias Biológicas | Dirección del Plan – temas ecológicos y biológicos |
| Pablo Negrete | Biólogo Ambiental, Mg. Ciencias Biológicas | Estudios de biodiversidad en terreno |
| Matías Tobar | Lic. en Cs. Veterinarias y Agopecuarias | Estudios de biodiversidad en terreno |
| Constanza Soto | Ingeniera Ambiental | Apoyo en elaboración de medidas de restauración ecológica |
| Joaquín Momberg | Ingeniero Geomensor | Vuelos en dron y procesamientos cartográficos |
| Liam Stacy | Ph.D. Restoration Ecologist | Asesor Senior. Apoyo en definición de metodologías para levantamiento de información en el ámbito de la restauración ecológica. |

Tabla 19 Listado de Participantes en elaboración Plan de Reparación Ambiental

| Listado de personas que participaron en la elaboración del Plan de Reparación Ambiental | | |
|--|--|--|
| Nombre | Profesión/Rol | Funciones y tareas que desarrollaron |
| Karina Aguilera | Bióloga Ambiental, Mg. Ciencias Biológicas | Definición de unidades territoriales, aproximación ecosistémica y medidas de restauración ecológicas |
| Liam Stacy | Ph.D. Restoration Ecologist | Asesor Senior. Apoyo en definiciones estratégicas |
| Pablo Daud M. | Ingeniero Civil Industrial | Elaboración final del documento y apoyo en definiciones estratégicas. |
| Ximena Espoz B. | Ingeniero Agrónomo | Apoyo en elaboración del documento y en definiciones estratégicas. |
| Rosario Vial V. | Abogada, especialista ambiental | Definición de la estructura del documento. apoyo en definiciones de contenido y en línea editorial. |

13 BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R. 1981. An evolutionary model summarizing the roles of fire, climate, and grazing animals in the origin and maintenance of grasslands: and end paper, in J.R Estes, R. J. TYRL & J.N. Brunken (Ed.) Grasses and grassland: systematics and ecology. 297-308p. University of Oklahoma Press, Oklahoma.
- Araya, S. & G. Ávila. 1981. Rebrote de arbustos afectados por el fuego en el matorral chileno. Anales Museo Historia Natural, Valparaíso. 14; 107-113.
- Armesto, J. & S. Piquett, 1985. A mechanistic approach to the study of succession in the Chilean matorral. Revista Chilena Historia Natural. 58; 9-17.
- Becerra, P., C. Smith Ramírez y A. Ogaz. Evaluación de técnicas pasivas y activas para la recuperación del Bosque Esclerófilo de Chile Central. Fondo de Investigación del Bosque Nativo de CONAF 007/2013. 92 pp.
- Bown, H. y Pérez- Quezada, J. 2015. Guía para la Restauración de los Ecosistemas Andinos de Santiago. Santiago. Universidad de Chile-CONAF.
- Bustamante R. 1991. Clonal reproduction and succession: the case of *Baccharis linearis* in the Chilean matorral. Medio Ambiente 11:43-47.
- Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2015. Manual para el diseño de planes estratégicos en corredores biológicos. Costa Rica. 79pp.
- Ciccarese L, Mattsson A, Pettenella D. 2012. Ecosystem services from forest restoration: thinking ahead. New Forests 43:543-560.
- CICE, 2018. Classification of Ecosystem Services. V5.1. Spreadsheet. En: <https://cices.eu/resources/>.
- Clarkson, B. D. A review of vegetation development following recent (<450 years) volcanic disturbance in North Island, New Zealand. New Zealand, edited by Mike D Wilcox. New Zealand Journal of Ecology 14: 59-71.
- Clewell A, Rieger JP. 1997. What Practitioners Need from Restoration Ecologists. Restoration Ecology 5:350-354.
- CONAF, 2017. Norma de Manejo aplicable a bosque nativo del tipo forestal esclerófilo y roble –hualo, afectado por incendios forestales- Ley N°20.283. 13pp +
- CONAF, 2016. Manejo sustentable del bosque nativo. AIFBN.INFOR. PNUD. Santiago de Chile. 48pp.
- CONAF, 2014. Manual de protocolos de producción de especies utilizadas por el programa de arborización. Santiago de Chile. 182pp.
- CONAF. 2000. Respuesta del Quillay ante la modificación en la textura y estructura de la casilla de plantación e incorporación de una cubierta de retención de humedad. Provincia de Colchagua. VI Región. Chile. 13p. CONAF, Santiago, Chile.
- Cruz M, San Martín R. 2000. Manejo forestal y uso industrial del Quillay, Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Proyecto FONDEF1-2010. Santiago. Chile. (Documento no publicado).

- Davis, M. y Meurk, C. 2001. Protecting and restoring our natural heritage-a practical guide. Department of conservation, Christchurch, New Zeland, 95p.
- Densmore, R., Vander Meers, M. & N. Dunkle. 2000. Native Plant Revegetation Manual for Denali National Park and Preserve. U.S. Geological Survey Biological Resources Division Alaska Science Center Anchorage, Alaska. 51pp.
- Donoso, C. 1997. Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. V Edición. Santiago. Chile. 369 pp.
- Donner, J. y S. Brown, 2000. A guide to restoring a native plant community. University of Washington, 59 pp.
- Ecological Society of America 78: 102-104. Tansley A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology 16(3):284-307.
- Fahring, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst. 34; 487-515.
- FAO, 2016. Casos ejemplares de Manejo Forestal Sostenible en Chile, Costa Rica, Guatemala y Uruguay. Santiago de Chile. 246 pp.
- Fernández I., Morales N., Olivares L., Salvatierra J., Gómez M. y Montenegro G. 2010. Restauración Ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Pontificia Universidad Católica de Chile y Corporación Nacional Forestal. 19 - 62.
- Flores, J. Tapia, R., Sangüesa, C. y Martínez, P. 2004. Monografías Zanjas de infiltración. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda. 32p.
- Francke, S., S., Vargas, R., Tokugawa, K. y Makita, M. 1998. Manual de Control de Erosión. Proyecto Cuencas CONAF-JICA. Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas de la Zona Semiárida. Santiago. Chile. 66p.
- Francke, S., VARVargasGAS, R. & Tokugawa, K. 2009. Manual de Control de Erosión. CONAF – JICA. Santiago de Chile. 73p.
- Fuentes, E. & E. Hajek. 1979. Patterns of landscape modification in relation to agricultural practice in central Chile. Environmental Conservation. 6; 265-271.
- Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica, Editorial Universitaria, Santiago. 165 pp.
- Gallardo, H. y Ricci, M. 2016. Informe de terreno Santuario de La Naturaleza Serranía del Ciprés y propuestas de medidas de restauración. Conaf. 15p.
- García, F., Carmona, M., 2021. Las enmiendas orgánicas contrastantes inducen diferentes respuestas a corto plazo en las propiedades abióticas y bióticas del suelo en un bosque mediterráneo nativo afectado por el fuego en Chile. J Soil Sci Plant Nutr. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00506-z>
- Gómez-González S, Sierra-Almeida A, Cavieres LA. 2008. Does plant-derived smoke affect seed germination in dominant woody species of the Mediterranean matorral of central Chile? Forest Ecology and Management 255, 1510–1515.

- González, A. C. 2018. Análisis de causalidad de incendios forestales en la región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile Central. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Santiago. 105 pp.
- Hawley, R., Smith, D. 1972. Silvicultura práctica. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Haines-Young, R. and M.B. Potschin. 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure.
- Harris, J., Hobbs, R., Higgs, E. & J. Aronson. 2006. Ecological Restoration and Global Climate Change. *Restoration Ecology*. 14; 170-176.
- Hueso-González, P., Muñoz-Rojas M., Martínez- Murillo, JF., 2018. El papel de las enmiendas orgánicas en la restauración de tierras secas. *Curr Opin Environ Sci Heal* 5: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.002>.
- Hobbs, R.J. & J.A. Harris. 2001. Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology* 9 (2): 239 – 246.
- Jaksic, F y Fariña, J. 2015. Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 2015. Vol. 43(1): 23-34.
- Jones, H., Jones, P., Berbier, E., Blackburn, R., Rey Benayas, J., Holl, K., McCrackin, M., Meli, P., Montoya, D. y A. Moreno Mateos. Restoration and repair Earth's damaged ecosystem. *Proc. R. Soc. B* 285; 20172577.
- Jorgensen, S. 1992. Integration of ecosystem theories. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 383 pp.
- Julio, G. 1992 Dinámica de la causalidad de incendios forestales en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. Santiago. Vol. 5, N°1. p.22 – 44.
- Klijn, F., & de Haes, H. A. U. (1994). A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape ecology*, 9(2), 89-104. Marín, V.H. (1997). General system theory and the ecosystem concept. *Bulletin of the*
- LARNEY, FJ., ANGERS, DA., 2012. El papel de las enmiendas orgánicas en la recuperación del suelo: una revisión. *Can J Soil Sci* 92: 19–38. <https://doi.org/10.4141/CJSS2010-064>.
- Luebert, F. y P. Pliscoff. 2004. Clasificación de pisos de vegetación y análisis de representatividad ecológica de áreas propuestas para la protección en la ecorregión. Programa ecoregión Valdiviana. Documento N° 10. WWF Chile. 178 pp.
- Luebert, F. y P. Pliscoff. 2014. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, 316 pp. Shapes actualizados en www.ide.cl
- Marín, V.H. (1997). General system theory and the ecosystem concept. *Bulletin of the Ecological Society of America* 78: 102-104.
- Martínez., E. 2000. Restauración ecológica y biodiversidad. *Biodiversitas*. 28: 11-14.
- MEZA, A., ARIAS, B., VELIZ, B. 2021. Restauración post incendios en la Localidad de Rastrojos. CONAF-FIA. Región del Maule. 88p.
- MMA. Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Documento marco para la Restauración Ecológica. Comité Nacional de Restauración Ecológica. 40 pp.

- Montenegro G, R Ginocchio, A Segura, JE Keely, Gómez M. 2004. Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. *Revista chilena de historia natural* 77:455-464.
- Montenegro, G., Díaz F., Gómez, M. y R. Ginocchio. 2002. Regeneration potential of Chilean matorral after FIRE: an updated view. En: Veblen T., Baker W., Montenegro G. & Swetnam T. (eds) *Fire and climate change in temperate ecosystems of the western Americas*. Springer-Verlag, New York, USA. Pp. 375-403.
- Montenegro G, Àvila G & Schatte P. 1983. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean Matorral. *Canadian Journal of Botany* 61:1804-18.
- Montoya, N., Pizano, K., 2016. Polímeros como mejoradores de suelos erosionados. Institución Universitaria tecnológica de Antioquia. Medellín. 97pp.
- Moreira D. 2007. Reforestación con flora nativa en la zona mediterránea de Chile. Informe Revisión Proyectos de Reforestación y Restauración. 47 p.
- Muñoz - Pedreros, A., Rau, J. & Yáñez J. eds. *Aves Rapaces de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia. 386 pp.
- Muñoz MR, Fuentes E.R. 1989. Does fire induce shrub germination in the Chilean matorral? *Oikos*, 56, 177–181.
- Navarrete M. 2002. Comportamiento de la regeneración de cuatro especies del bosque esclerófilo en un área quemada. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad de Talca.
- Naveh Z. 1975. The evolutionary significance of fire in the mediterranean region. *Plant Ecology* 29:199-208.
- Pérez-Quezada JF & Bown, HE (Eds.). 2015. Guía para la restauración de los ecosistemas andinos de Santiago. Santiago, Universidad de Chile-CONAF. 61 p.
- Pliscoff, P. 2020. Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres, asociados a dos cuencas de Chile central: Maipo y Maule. 44 pp-
- PNUD (2017). Experiencias de control de especies exóticas invasoras en Áreas Silvestres Protegidas del Estado: 11 casos emblemáticos. Santiago de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 94 p.
- Primack, R & F. Massardo. 2001. Restauración ecológica. Pp. 559-582 en R., Primak editores. *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Schrohn, C., 2019. Plantaciones de especies nativas para la rehabilitación de Canteras de conchilla en Castelli, provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires. 52pp.
- SER. Society Ecological Restoration. 2019. *International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration*. Second Edition. Noviembre 2019. 101 pp.
- Sepúlveda C. 2003. Efecto del mulch orgánico y enmiendas de carbón vegetal en el establecimiento artificial de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en la precordillera de Vilches, Región del Maule. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca, Chile. 43 p.

- SER. Society Ecological Restoration. 2019. International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration. Second Edition. November 2019. 101 pp.
- Silva, M. 2008. Decreto Alcaldicio N°667, Aprueba Ordenanza Incendios Forestales. [en línea] <<http://pichidegua.cl/ordenanzas/Ordenanza%20municipal%20de%20gestion%20ambiental%20p%20revencion%20de%20incendios%20forestales.pdf>>. [Consulta 04 diciembre 2017].
- Tacón, A., 2004. Conceptos Generales Para la Conservación de la Biodiversidad, Programa de Fomento para la Conservación de Tierras Privadas de la Décima Región, CIPMA. Valdivia. P.23.
- Tansley A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16(3):284-307.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación. 2014. Keenleyside, KA., N. Dudley, R. Cairns, C.M. Hall y S. Stolton. Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas. Gland, Suiza: UICN. X + 118 pp.
- Urzúa, N., Cáceres, F. 2011. Incendios forestales: principales consecuencias económicas y ambientales en Chile. *Revista interamericana de ambiente y turismo* 7(1): 18-24.
- Van Andel J, Aronson L. 2006. *Restoration Ecology*. Blackwell Publishing. UK. 340 p.
- Villagrán, C., Moreno, P. y R. Villa. Antecedentes palinológicos acerca de la historia cuaternaria de los bosques chilenos. En: (J.J. Armesto, C. Villagrán & M.T.K. Arroyo, eds) «Ecología de los Bosques Nativos de Chile», Editorial Universitaria, Santiago, pp. 51-69.
- Villaseñor, R. & F. Sáiz. 1990. Incendios forestales en el Parque Nacional La Campana, sector Ocoa, V Región, Chile. II. Efecto sobre el estrato arbustivo-arbóreo. *Anales Museo de Historia Natural*. 21; 15-26.
- Vitta, A. 2018. Noticia Medio Ambiente Universidad de Chile. U. de Chile crea pautas para restaurar bosques nativos afectados por los incendios. *Comunicaciones Campus Sur*. Periodista Roxana Alvarado. Dirección de Extensión CFCN.
- Young, T., Petersen, D., & J. Clary. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters*. 8; 662–673
- Zoltan von Bernath P., Marcela Torres G., Francisco de la Barrera M., Gonzalo Lobos B., Vannia Ruiz B., Ítalo Serey E., Antonio Tironi S. Identificación de los Ecosistemas Continentales y los Servicios Ecosistémicos que estos proveen". MMA. Cienciamientales Consultores. 91 pp.

14 ANEXOS

1. Estudio Técnico del Plan de Reparación Ambiental
2. Informe Diagnóstico
3. kmz Plan de Reparación
4. Propuesta Metodológica de Plan de Reparación Ambiental y Acta de Audiencia de Conciliación, de Causa Rol N° 33-2017, acumulada Rol D N° 34-2017, del Segundo Tribunal Ambiental de Santiago
5. Antecedentes Legales de Compañía General de Electricidad S.A. y Representación Legal

14.1 ANEXO 1: ESTUDIO TÉCNICO DEL PLAN DE REPARACIÓN AMBIENTAL

14.2 ANEXO 2: INFORME DIAGNÓSTICO

14.3 ANEXO 3: KMZ PLAN DE REPARACIÓN

14.4 ANEXO 4: Propuesta Metodológica de Plan de Reparación Ambiental y Acta de Audiencia de Conciliación, de Causa Rol N° 33-2017, acumulada Rol D N° 34-2017, del Segundo Tribunal Ambiental de Santiago

14.5 ANEXO 5: Antecedentes Legales de Compañía General de Electricidad S.A. y Representación Legal.