

# **ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL**

Apoyo en la Implementación del Plan de Reparación Ambiental  
“De los Efectos Causados por Incendios Forestales que Afectaron  
a las Comunas de Marchigüe y Paredones”

## Índice de Contenidos

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVO.....	1
3	METODOLOGÍA.....	1
3.1	Revisión de literatura científica y técnica (marco conceptual del Plan).....	1
3.2	Revisión de antecedentes territoriales/ambientales.....	2
3.2.1	Análisis territoriales .....	2
3.3	Fundamentación de metodologías de terreno .....	3
3.3.1	Superficie de estudio PdR.....	3
3.3.2	Propuesta metodológica para estudio en terreno .....	4
4	RESULTADOS .....	6
4.1	Marco conceptual del Plan .....	6
4.1.1	Límites y variables de definición ecosistémica .....	6
4.1.2	Restauración ecosistémica .....	8
4.1.3	Servicios ecosistémicos .....	9
4.1.4	Aproximación conceptual sobre los procesos de degradación y restauración .....	13
4.1.5	Elementos claves para una buena práctica de la restauración ecológica .....	14
4.1.6	Impacto de los incendios forestales en Chile.....	16
4.1.7	Aplicaciones prácticas de restauración post incendios.....	17
4.1.8	Experiencia nacional en restauración ecológica .....	17
4.2	Información ecosistémica/territorial.....	22
4.2.1	División política administrativa .....	22
4.2.2	Principales actividades antrópicas .....	23
4.2.3	Clima.....	26
4.2.4	Geología y Geomorfología .....	29
4.2.5	Hidrología e Hidrogeología.....	33
4.2.6	Suelo.....	36
4.2.7	Formaciones vegetacionales.....	38
4.2.8	Fauna.....	44
4.2.9	Áreas protegidas .....	47
4.3	Fundamentación de metodologías de terreno .....	48
4.3.1	Superficies de estudio PdR .....	48
4.3.2	Plan de muestreo .....	60
4.3.3	Programación muestreo .....	60

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página ii	

4.3.4	Localización del muestreo .....	60
4.3.5	Representatividad del muestreo.....	62
4.3.6	Levantamiento de información en terreno.....	63
5	CONCLUSIONES.....	68
6	BIBLIOGRAFÍA.....	70

## Índice de Tablas

Tabla 1: Identificación de servicios ecosistémicos afectados por incendios forestales 2016-2017 en comunas de Marchigüe y Paredones.....	11
Tabla 2: Superficies según usos de suelo en comunas de Marchigüe y Paredones. ....	24
Tabla 3: Proyectos aprobados en el SEIA en las comunas de Marchigüe y Paredones.....	25
Tabla 4: Estructura sucesional para bosque y matorral nativo en el área de estudio. ....	41
Tabla 5: Superficies de bosque y matorral en comunas de Marchigüe y Paredones.....	43
Tabla 6: Cálculo de superficies siniestradas por incendios por comuna. ....	50
Tabla 7: Sitios de Reparación Temprana (SRT) indicadas en el PdR y sus superficies. ....	53
Tabla 8: Programación de muestreo 2020-2021.....	60
Tabla 9: Puntos de muestreo. ....	61
Tabla 10: Suelo y erosión.....	63
Tabla 11: Patrones de recuperación natural.....	65
Tabla 12: Análisis de severidad de incendios forestales. ....	66

## Índice de Figuras

Figura 1: Variables relevantes para la delimitación de ecosistemas de acuerdo con la escala de análisis.....	7
Figura 2: Resumen esquemático de efecto de incendios sobre servicios ecosistémicos. ....	12
Figura 3: Modelo conceptual simplificado de la degradación y la restauración de un ecosistema. .	13
Figura 4: Sucesión vegetal 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. ....	21
Figura 5: Comunas de Marchigüe y Paredones.....	22
Figura 6: Usos de suelo en Marchigüe y Paredones. ....	24
Figura 7: Clasificación climática de acuerdo a Köppen y Geiger (1936). ....	27
Figura 8: Variación de la temperatura media, máxima y mínima mensual en el área de estudio. ...	28
Figura 9: Variación de la precipitación mensual en el área de estudio.....	28
Figura 10: Geología de la zona bajo estudio. ....	30
Figura 11: Gradiente altitudinal comunas Marchigüe y Paredones. ....	31
Figura 12: Modelación de pendientes Marchigüe y Paredones.....	32
Figura 13: Sistema de cuencas hidrográficas en el área de estudio. ....	33
Figura 14: Humedales en las comunas de Marchigüe y Paredones. ....	34
Figura 15: Hidrogeología en el área de estudio. ....	35
Figura 16: Clases de suelo comuna de Marchigüe.....	36
Figura 17: Clases de suelo comuna de Paredones. ....	37
Figura 18: Pisos vegetacionales en las comunas de Marchigüe y Paredones.....	38
Figura 19: Bosque Esclerófilo Maulino de acuerdo a Fernández y col. (2010) .....	40
Figura 20: Distribución de bosque y matorral en comunas de Marchigüe y Paredones. ....	43
Figura 21: Evaluación de riesgo de ecosistemas terrestres. ....	45
Figura 22: Áreas protegidas asociadas a las comunas de Marchigüe y Paredones.....	47
Figura 23: Incendios relacionados con las Comunas de Paredones y Marchigüe. ....	49
Figura 24: Superficies siniestradas por incendios por comuna. ....	50
Figura 25: Sitios Prioritarios según Estrategia Regional de Biodiversidad.....	51

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página iv	

Figura 26: Localización de Sitios de Reparación Temprana (SRT) indicados en el PDR. .... 54

Figura 27: Rutas de acceso y localidades comunas de Marchigüe y Paredones. .... 58

Figura 28: Visibilidad del territorio bajo estudio mediante modelación de cuencas visuales. .... 59

Figura 29: Localización Puntos de muestreo. .... 62

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 1	

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al Estudio Técnico que sustenta la definición del Plan de Reparación Ambiental (PdR) “*De los Efectos Causados por Incendios Forestales que Afectaron a las Comunas de Marchigüe y Paredones*”.

El contexto en el que se circunscribe la elaboración del PdR, está dado por la conciliación acordada entre 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° 34-2017Al ante el Segundo Tribunal Ambiental, que aprobó dichos términos de conciliación.

El PdR antes singularizado 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**”.

Bajo este contexto, la propuesta metodológica de Plan ha determinado que la reparación al daño causado sea conceptualizada mediante directrices de **restauración ecológica**, dado que el objeto de reparar corresponde a ecosistemas naturales afectados (matorral y bosque nativo).

El presente documento integra antecedentes científicos que respaldan el PdR, brindando el marco conceptual en el cual se establecen las metodologías de búsqueda, recopilación y análisis de datos, complementado con información territorial/ambiental sobre los ecosistemas afectados por los incendios forestales de interés ocurrido en el verano 2016-2017 en las comunas de Marchigüe y Paredones.

En la última sección, el presente Estudio describe la metodología que sustenta la ejecución de campañas de terreno para levantamiento y análisis *in situ* de los ecosistemas afectados, cuyos resultados se encuentran en extenso en Anexo 2 del PdR “Informe Diagnóstico”.

## 2 OBJETIVO

El objetivo del presente Estudio Técnico Ambiental es avalar fundadamente la definición del Plan de Reparación (PdR), mediante una búsqueda, recopilación y análisis de información que sustenten el marco teórico del PdR bajo la conceptualización de la búsqueda de una restauración ecológica, así como la base bibliográfica territorial/ambiental sobre los ecosistemas afectados y la metodología que sustenta la ejecución de campañas de terreno para levantamiento y análisis *in situ* de dichos ecosistemas.

## 3 METODOLOGÍA

### 3.1 Revisión de literatura científica y técnica (marco conceptual del Plan)

En una primera instancia se realizó una revisión de literatura científico-técnica asociada a descripciones y aplicaciones prácticas de la restauración ecológica, tanto a nivel nacional como internacional.

Se buscó información actualizada sobre el alcance y marco teórico de la restauración ecológica a nivel mundial, donde se incorporen aproximaciones ecosistémicas.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 2	

Se revisó literatura de la Sociedad de Restauración Ecológica (SER) y de la UICN (Unión Internacional para la Conservación).

Se analizaron publicaciones científicas de libre difusión sobre restauración ecológica, en revistas indexadas y tesis de grado desarrolladas en Chile Central.

Además, se incorporó en la literatura experiencias de restauración ecológica o ambiental, especialmente en Chile Central asociadas a bosque o matorral esclerófilo.

## 3.2 Revisión de antecedentes territoriales/ambientales

En una segunda instancia, se revisaron documentos técnicos emitidos en el proceso que dio origen al PdR y su correspondiente cartografía.

Se contempló una completa revisión de antecedentes territoriales en las comunas de interés, Marchigüe y Paredones, en diversas fuentes secundarias:

- IDE
- CIREN
- Uso de suelo MINAGRI
- Capas e información estadística DGA
- Cartografía y estadísticas CONAF (se solicitó vía Ley de Transparencia la superficie de incendios en verano 2016-2017).
- SEIA
- Base datos especies protegidas SMA
- Mapa Geológico SERNAGEOMIN
- Mapa Hidrológico MOP
- Mapas de elevación digital: Pendientes, DEM.

### 3.2.1 Análisis territoriales

#### 3.2.1.1 Generación SIG

Las diferentes capas de información recopiladas en el punto anterior fueron cargadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) a través de shapefiles (.shp). Los mapas de información fueron homologados y trabajados en coordenadas UTM, WGS84, Huso 19 en el software ARCGIS 10.3.

#### 3.2.1.2 Geoprocesos

Para procesar la información se utilizaron las siguientes funciones de ARCGIS 10.3:

- ✓ **Clip:** sirve para recortar una capa vectorial con la forma de otra para obtener únicamente la información de interés y descartar información innecesaria para fines del análisis.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 3	

- ✓ **Union:** combina una o dos capas de elementos de una capa poligonal de entrada con los polígonos de una capa superpuesta a la primera (capa de unión). El resultado es una capa que presenta una información procedente de la combinación de las entidades geográficas en ambas capas.
- ✓ **Dissolve:** permite simplificar los datos basándose en un atributo de la capa que se va a disolver. De esta manera se puede fusionar los polígonos cuyos valores son iguales en el campo de la tabla de atributos que se desee seleccionar.
- ✓ **Join:** comando que permite unir dos tablas por medio de un identificativo común (ID). Los datos de dos tablas se anexan por un ID, dando la posibilidad de representar espacialmente datos externos.
- ✓ **Buffer:** algoritmo bidimensional que sirve para generar un área de un determinado grosor alrededor de puntos, polígonos o líneas.
- ✓ **Curvas de nivel:** estas se obtuvieron del modelo DEM de Google Earth PRO mediante el software Globalmapper. Se utilizó para la modelación de altura el “*ASTER GDEM v2 Worldwide Elevation Data*”, con una resolución de 10 m para las curvas de nivel.
- ✓ **TIN:** redes irregulares de triángulos para representar la geomorfología de la superficie bajo estudio a partir de las curvas de nivel. Las TIN son una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos).
- ✓ **Raster:** corresponde a una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la altura, para fines del presente análisis.
- ✓ **Slope:** con el comando slope se obtuvieron las pendientes (en grados) de los sitios bajo estudio, utilizando como modelo de base el raster.
- ✓ **Viewshed 3D:** utilidad basada en raster de entrada para determinar las ubicaciones de superficies de ráster visibles a un conjunto de entidades de observación. La visibilidad de cada centro de celda se calcula comparando el ángulo de altitud hacia el centro de celda con el ángulo de altitud hacia el horizonte local. El horizonte local se obtiene teniendo en cuenta el terreno que interviene entre el punto de observación y el centro de la celda actual. Si el punto se encuentra por encima del horizonte local, se considera visible.

Además, se utilizaron herramientas básicas de ARCGIS para extraer información de superficies, coordenadas (X, Y), distancias, alturas, etc.

### 3.3 Fundamentación de metodologías de terreno

#### 3.3.1 Superficie de estudio PdR

La superficie donde se localizan los ecosistemas que fueron caracterizados en terreno se encuentra definida en la propuesta metodológica del PdR, acordada en el documento de Conciliación en el Segundo Tribunal Ambiental. Mediante el trabajo de procesamiento de información en gabinete (SIG), se determinó dicha superficie en función de la siguiente jerarquía especial:

1. Debe encontrarse en las comunas de **Marchigüe y Paredones**.
2. Debe haber sido afectada por los **incendios forestales** del verano 2016 – 2017.
3. Debe corresponder a **formaciones vegetacionales** nativas (matorral o bosque).

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 4	

4. Debe incorporar **sitios de reparación temprana**.
5. El PdR se aplicará en una superficie total de **9.146 hectáreas** (ha).

### 3.3.2 Propuesta metodológica para estudio en terreno

En base a estos antecedentes, se recopiló información espacial en diferentes fuentes de información (IDE, Uso Suelo MINAGRI y estadística actualizada CONAF), y se elaboró cartografía para determinar el área de estudio del PdR. Adicionalmente, con dicha información se determinó el muestreo a realizar en términos de:

- Plan de muestreo
- Programación de muestreo
- Localización del muestreo
- Representatividad de muestreo

Se revisó información bibliográfica científica y técnica para determinar las variables claves a levantar en terreno, suficiente para elaborar las medidas específicas del Plan. La literatura revisada fue la siguiente:

- 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.
- Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M. & G. Montenegro. 2010. Restauración ecológica para Ecosistemas Nativos Afectados por Incendios Forestales. CONAF, PUC, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 149 pp.
- 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.
- Julio, G. 1992 Dinámica de la causalidad de incendios forestales en Chile. Ciencia e Investigación Forestal. Santiago. Vol. 5, N°1. p.22 – 44.
- Loewe, V., González, M., Benedetti, S., Acevedo, E. & I. Quiroz. 2017. Successful experiences of restoration of Mediterranean forest in Chile South America. INFOR. 66 pp.
- MMA. Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Documento marco para la Restauración Ecológica. Comité Nacional de Restauración Ecológica. 40 pp.
- Montenegro G, Ávila G & Schatte P. 1983. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean Matorral. Candian Journal of Botany 61:1804-18.
- 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.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 5	

- 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.
- Moreira D. 2007. Reforestación con flora nativa en la zona mediterránea de Chile. Informe Revisión Proyectos de Reforestación y Restauración. 47 p.
- Muñoz MR, Fuentes E.R. 1989. Does fire induce shrub germination in the Chilean matorral? *Oikos*, 56, 177–181.
- SER. Society Ecological Restoration. 2019. International Principles and Standars for the PdRctice of Ecological Restoration. Second Edition. Novembre 2019. 101 pp.
- 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.
- Van Andel J, Aronson L. 2006. Restoration Ecology. Blackwell Publishing. UK. 340 p.
- 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.
- Young, T., Petersen, D., & J. Clary. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters*. 8; 662–673

Con ello, se determinaron las variables a levantar en terreno, según el siguiente orden:

- Generalidades del terreno
- Vuelos en dron
- Uso del suelo (territorio)
- Suelo y erosión
- Condición biológica (flora, vegetación, fauna).
- Patrones de recuperación natural
- Ficha de terreno

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 6	

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Marco conceptual del Plan

#### 4.1.1 Límites y variables de definición ecosistémica

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 Informe Diagnóstico, adjunto en Anexo 2. 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 en la etapa siguiente: Etapa de Planificación y Diseño, la cual también se desarrolla en el Plan de Reparación Ambiental.

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 1: 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

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 8	

UT o porción de UT identificada como mayormente afectada en cuanto al detrimento de sus servicios ecosistémicos.

#### 4.1.2 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 contexto, 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

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 9	

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.

#### 4.1.3 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

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 10	

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 con 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 ecosistémicos 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 CICES (2018) (esquema en Figura 2).

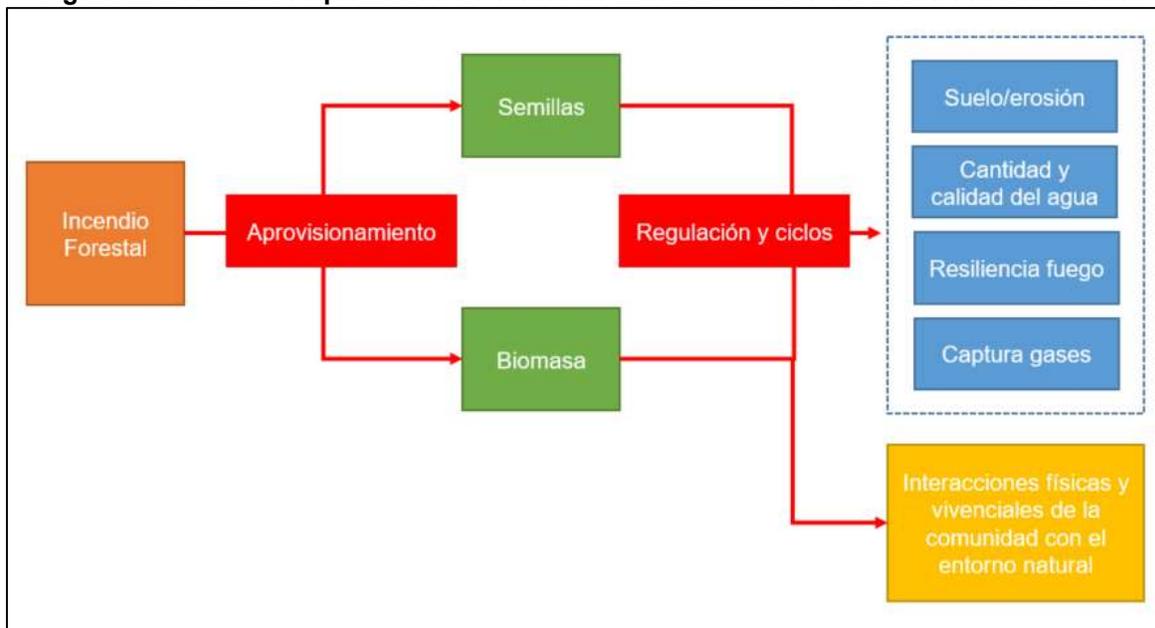
**Tabla 1: Identificación de servicios ecosistémicos afectados por incendios forestales 2016-2017 en comunas de Marchigüe y Paredones.**

ID	Sección	División	Grupo	Servicio ecosistémico	Clase	Beneficio o bien	Detrimiento 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. Mantenimiento 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
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	Regulación de flujos de base y eventos extremos	La capacidad de los ecosistemas para reducir la frecuencia, propagación o	Protección ante incendios forestales	Reducción de los costos y pérdidas debido a incendios	Detrimiento en la resiliencia de los ecosistemas frente a nuevos incendios

ID	Sección	División	Grupo	Servicio ecosistémico	Clase	Beneficio o bien	Detrimiento ecosistémico producto de incendios
		y biológicas		magnitud de los incendios			
RM-El-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 con sistemas vivos que dependen de la presencia en el entorno ambiental	Interacciones físicas y vivenciales con el entorno natural	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	Recreación basada en actividades en la naturaleza, actividad al aire libre, relajación mental y mejoras en la salud	Pérdida de atributos escénicos de la flora y fauna. Aumento de paisajes con vegetación quemada, muy poco atractivo para la interacción con la naturaleza.

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

**Figura 2: Resumen esquemático de efecto de incendios sobre servicios ecosistémicos.**

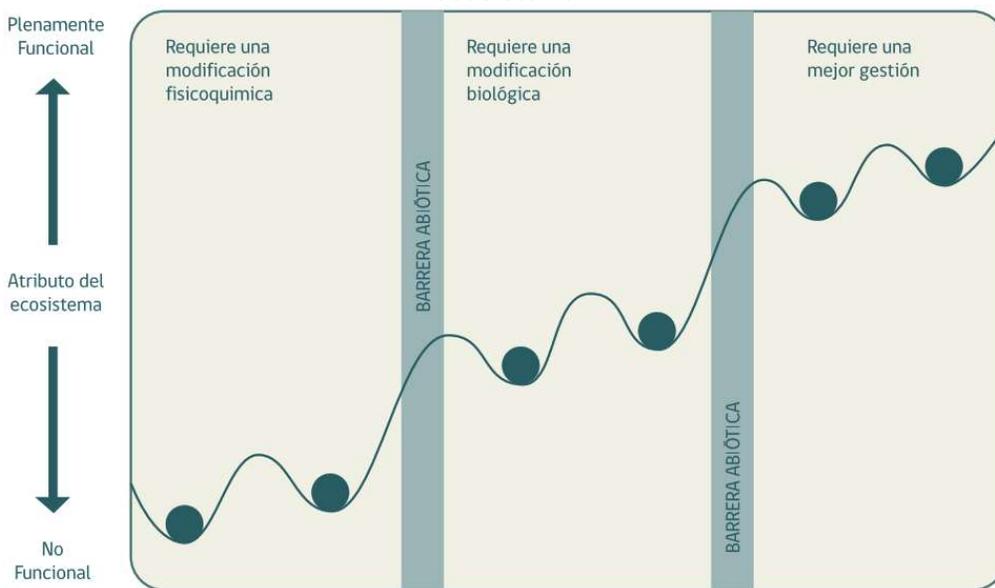


Fuente: Elaboración propia sobre la base de CICES (2018).

#### 4.1.4 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 3) (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 3: Modelo conceptual simplificado de la degradación y la restauración de un ecosistema.**



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

La Figura 3 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

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 14	

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, Ciccarese 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 del PdR "Informe Diagnóstico".

#### **4.1.5 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.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES		
	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
Página 15		

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 Plan de Reparación (acápito 6.2).

## **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 Informe Diagnóstico, contenido en el Anexo 2.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 16	

#### 4.1.6 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. Éstos son también una importante fuente de emisión de carbono y polución a la atmosfera, 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).

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 17	

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).

#### 4.1.7 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).

#### 4.1.8 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

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES		
	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 18	

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 y Schatte 1983, Montenegro y col. 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 elemento 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

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 19	

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 Schatte, 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

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 20	

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.

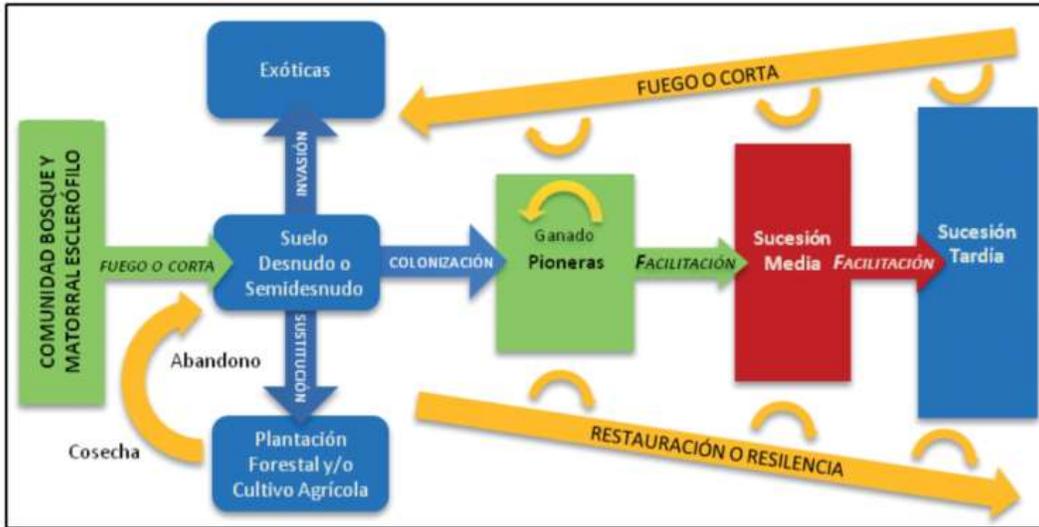
En este sentido, la reintroducción pasiva no ha sido sugerida como una opción suficiente en la mayoría de los casos, por lo que Fernández y col. (2010) recomienda que la reintroducción activa por semillas o plántulas es lo más adecuado, específicamente para restauración post-fuego.

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 4).

Figura 4: 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.



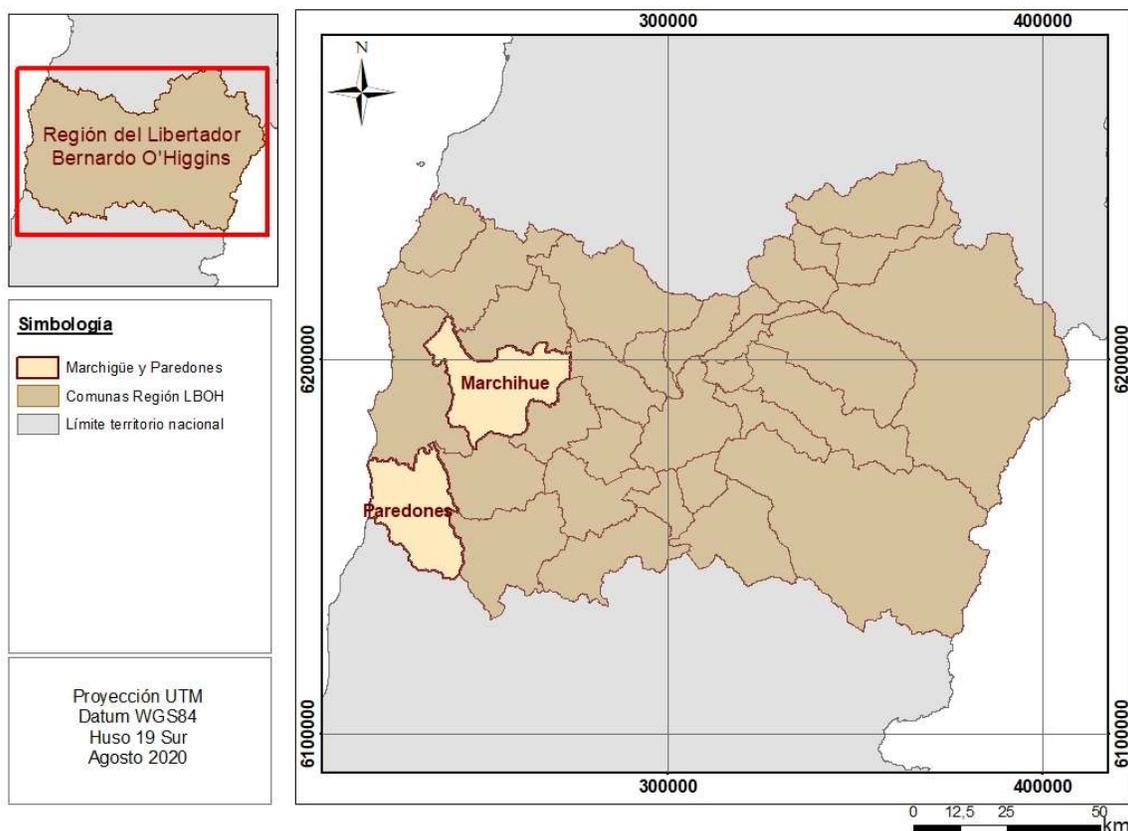
Fernández y col. (2010).

## 4.2 Información ecosistémica/territorial

### 4.2.1 División política administrativa

La primera consideración territorial del ámbito de acción del presente Plan es que debe enmarcarse en las comunas de Marchigüe y Paredones, ambas pertenecientes a la región de Libertador Bernardo O'Higgins, las que se muestran en la Figura 5.

**Figura 5: Comunas de Marchigüe y Paredones.**



Fuente: Elaboración propia.

La comuna de Marchigüe abarca una superficie de 660,0 km<sup>2</sup>, que representa aproximadamente el 4,0% del área total de la región del Libertador Bernardo O'Higgins. Es una comuna del secano costero del valle de Colchagua y pertenece a la provincia Cardenal Caro. En la localidad de Marchigüe se localiza la Municipalidad de esta comuna, accediendo desde el norte por el camino H-76.

Por otro lado, la comuna de Paredones abarca una superficie de 562,0 km<sup>2</sup>, que representa aproximadamente el 3,5% del área total de la región del Libertador Bernardo O'Higgins. Es una comuna costera perteneciente a la provincia Cardenal Caro. En la localidad de Paredones se localiza la Municipalidad de esta comuna, accediendo desde el norte por el camino I-72.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 23	

Cabe mencionar que, de acuerdo con la propuesta metodológica para elaborar el PDR, este Plan debe abarcar una superficie total de 9.146 ha en las comunas de Marchigüe y Paredones (en conjunto), lo que representa aplicación de medidas de restauración en el 16% de estas dos comunas.

#### 4.2.2 Principales actividades antrópicas

Las actividades económicas que se desarrollan en la región de O'Higgins se distribuyen en diferentes rubros, destacando la actividad agrícola, la industria de los alimentos y la minería como las más representativas. Además, son numerosas las empresas transnacionales de productos hortofrutícolas que poseen plantas empaque de exportación (BCN, 2020). Esta región presenta el PIB más alto en el sector silvoagropecuario en Chile (compuesto por las actividades de productos agrícolas, frutas, ganado, productos pecuarios y carnes, productos silvícolas, madera y papel), con una participación del 19,4% del PIB regional. En la región de O'Higgins el sector alimenticio tiene una participación importante en la industria manufacturera, tales como frutas, legumbres, almidones, carne, aceites y grasas (INE, 2020).

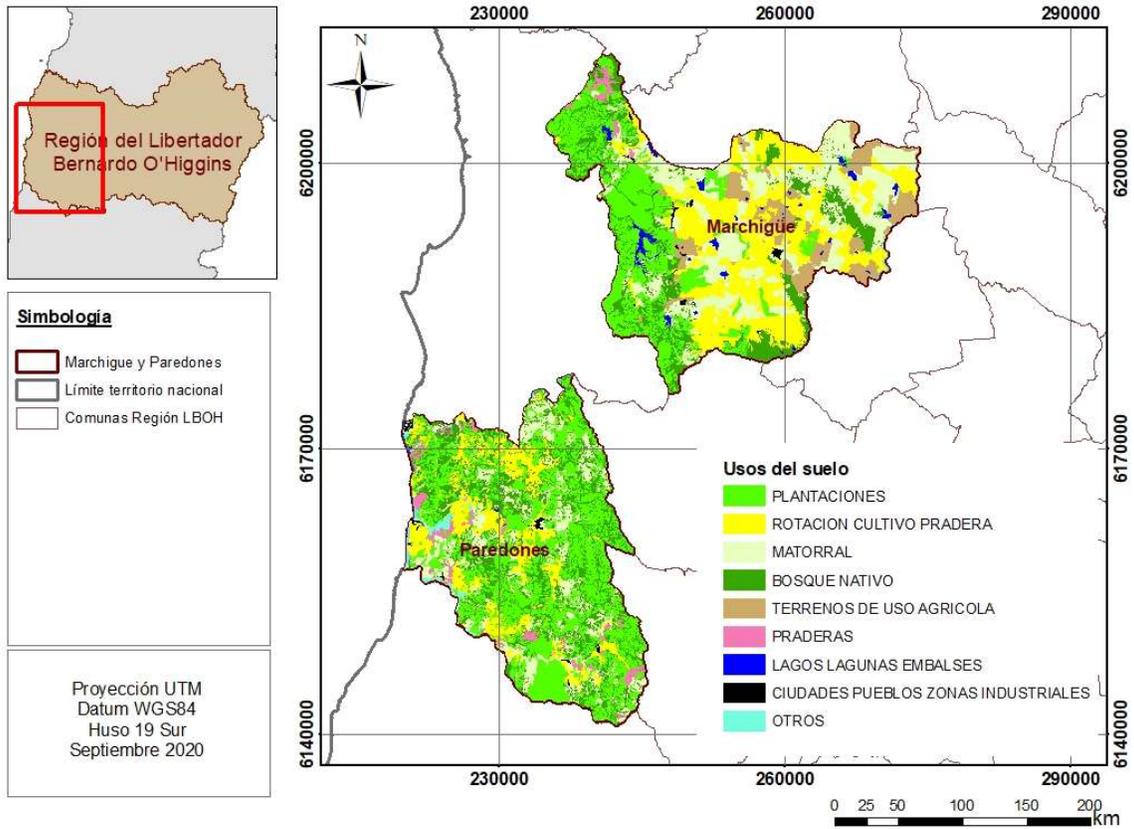
La región de O'Higgins abarca el 8,2% de la superficie nacional dedicada a rubros silvoagropecuarios, según información del Censo Agropecuario y Forestal de 2007. Sus usos principales corresponden a plantaciones forestales (38,8%), frutales (21,5%), cereales (15,6%) y viñas y parronales (9,9%). Estos cuatro usos concentran el 85,8% de los suelos silvoagropecuarios de la región (ODEPA, 2018).

En esta región se destaca la presencia de cultivos frutales, principalmente uva de mesa, seguido de ciruelas, manzanas y duraznos. La región de O'Higgins posee el 27,5% de la superficie de viñas del país. También se encuentran varias superficies de cultivos forestales, principalmente de Pino radiata y Eucaliptus (ODEPA, 2018).

La industria ganadera de mayor producción en la región es la de cerdos, que representa el 36% del total nacional. Luego se destaca la industria de ovinos y bovinos, siendo esta última de baja magnitud a nivel nacional (ODEPA, 2018).

En particular, para las comunas de Marchigüe y Paredones, también se destacan las actividades silvoagropecuarias, abarcando gran parte de la superficie de estas comunas. En la Figura 6 y Tabla 2 se muestra el uso del suelo de acuerdo con CONAF (2013), donde se observa que la mayor proporción de uso del suelo en las comunas bajo estudio es de plantaciones forestales, especialmente en Paredones, y luego rotación cultivo-pradera, donde se destaca Marchigüe. El matorral y bosque nativo constituyen el tercer y cuarto uso de mayor superficie, respectivamente, y luego se destacan los terrenos de uso agrícola y las praderas.

**Figura 6: Usos de suelo en Marchigüe y Paredones.**



Fuente: Elaboración propia en base a usos de suelo de CONAF (2013).

**Tabla 2: Superficies según usos de suelo en comunas de Marchigüe y Paredones.**

USOS DE SUELO	SUP. (KM <sup>2</sup> ) POR COMUNA		TOTAL (KM <sup>2</sup> )	% POR COMUNA	
	Marchigüe	Paredones		Marchigüe	Paredones
PLANTACIONES	144,4	237,3	381,7	22%	42%
ROTACION CULTIVO PRADERA	181,1	83,3	264,5	28%	15%
MATORRAL	160,0	86,0	246,0	24%	15%
BOSQUE NATIVO	88,8	133,6	222,4	14%	23%
TERRENOS DE USO AGRICOLA	60,3	1,9	62,2	9%	0%
PRADERAS	5,8	15,8	21,6	1%	3%
OTROS USOS	15,0	12,5	27,5	2%	2%
TOTAL	655,4	570,4	1225,8	-	-

Fuente: Elaboración propia en base a usos de suelo de CONAF (2013).

De los proyectos ambientalmente evaluados que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en las comunas de interés, se destaca un mayor número de proyectos en la comuna de Marchigüe (24) que en Paredones (5) (ver Tabla 3).

En la comuna de Marchigüe, se destacan mayoritariamente proyectos de tranques de riego e infraestructura para la agricultura, además de generación de energía (fotovoltaica). De manera aislada, se encuentran algunos proyectos de planta de aceite de olvida, cerdos, madera, plantas de tratamiento de aguas servidas y plan regulador de la comuna de Marchigüe.

En la comuna de Paredones, los proyectos guardan relación con planificación territorial (Planes Reguladores), tranque de riego para la agricultura y Saneamiento Ambiental (alcantarillado y tratamiento de aguas servidas) en la localidad de Paredones.

**Tabla 3: Proyectos aprobados en el SEIA en las comunas de Marchigüe y Paredones.**

Nombre	Comunas	Titular	Sector productivo
Planta Fotovoltaica Maitenes	Litueche-La Estrella-Marchihue	Maitenes Solar Spa	Energía
Planta Fotovoltaica Berlino	Litueche-La Estrella-Marchihue	Berlino Solar Spa	Energía
Rinconada de Alcones	Marchihue	FOTOVOLTAICA RAULÍ SpA	Energía
Planta Fotovoltaica Cóndor	Marchihue	GR Lleuque SpA	Energía
Parque Fotovoltaico Alcones	Marchihue	RA SOLAR SpA	Energía
Embalse El Llano	Marchihue	PV SpA	Infraestructura Hidráulica
Central Doña Luzma	Marchihue	Energías Alcones SpA.	Energía
Planta Fotovoltaica La Esperanza	Marchihue	GR Araucaria SpA	Energía
Planta Fotovoltaica Marchigüe	Marchihue	GR CANELO SpA	Energía
Proyecto Fotovoltaico Santa Marta de Marchigüe	Marchihue	Andes Mainstream SpA	Energía
Sistema de tratamiento para la Disposición de RILES en suelo, Viña Polkura S.A. RILES Polkura S.A.	Marchihue	Viña Polkura S.A.	Saneamiento Ambiental
Regularización Tranque Santa Julia Regularización Tranque Santa Julia	Marchihue	Agrícola Alcones Ltda.	Infraestructura Hidráulica
DIA Regularización Tranque 4 Marchigüe	Marchihue	Montes S.A.	Infraestructura Hidráulica
DIA Regularización Tranque 5 Marchihue	Marchihue	Montes S.A.	Infraestructura Hidráulica
Planta de Aceite de Oliva Mirador de Alcones (e-seia)	Marchihue	Hornillas S.A.	Agropecuario
CONJUNTO HABITACIONAL, LOTEO DFL-2 (e-seia)	Marchihue	Agrícola y Viñedos Tierrauca S.A.	Inmobiliarios
Planta de Virutas de Madera (e-seia)	Marchihue	ITALO ARMANDO ZUNINO BESNIER	Forestal
PLAN REGULADOR COMUNAL DE MARCHIGUE (e-seia)	Marchihue	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE MARCHIGUE	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas
Plantel de Cerdos La Esperanza y Tranque de Riego La Cabaña (e-seia)	Marchihue	Agrícola y Pecuaria S.A.	Agropecuario

Nombre	Comunas	Titular	Sector productivo
Sistema de Acondicionamiento de Residuos Industriales Líquidos, V.E.O. (e-seia)	Marchihue	Viñedos Errázuriz Ovalle S.A.	Saneamiento Ambiental
Construcción Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas de Marchigüe (e-seia)	Marchihue	I. Municipalidad de Marchigüe	Saneamiento Ambiental
Embalse El Ciruelo	Marchihue	Ganadera y Forestal Nacional Ltda.	Infraestructura Hidráulica
Planta Vitivinícola Viña Canepa Fundo Trinidad	Marchihue	José Canepa y Cía Ltda.	Agropecuario
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, Localidad de Bucalemu (e-seia)	Paredones	Ilustre Municipalidad de Paredones	Saneamiento Ambiental
MODIFICACIÓN TRANQUE DE REGADÍO SAN MIGUEL DE QUERELEMA (e-seia)	Paredones	Soc. Agric. Gan. y Forest. San Miguel de Querelema	Infraestructura Hidráulica
PLAN REGULADOR DE PAREDONES (e-seia)	Paredones	Ilustre Municipalidad de Paredones	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas
Sistema de Alcantarillado con Planta de Tratamiento para Aguas Servidas Paredones (e-seia)	Paredones	Ilustre Municipalidad de Paredones	Saneamiento Ambiental
MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL BORDE COSTERO (e-seia)	Pichilemu-Navidad-Litueche-Paredones	Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo VI Región	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas
PLAN REGULADOR INTERCOMUNAL BORDE COSTERO (e-seia)	Pichilemu-Navidad-Litueche-Paredones	Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo VI Región	Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas

Fuente: Elaboración propia en base a e-seia.

#### 4.2.3 Clima

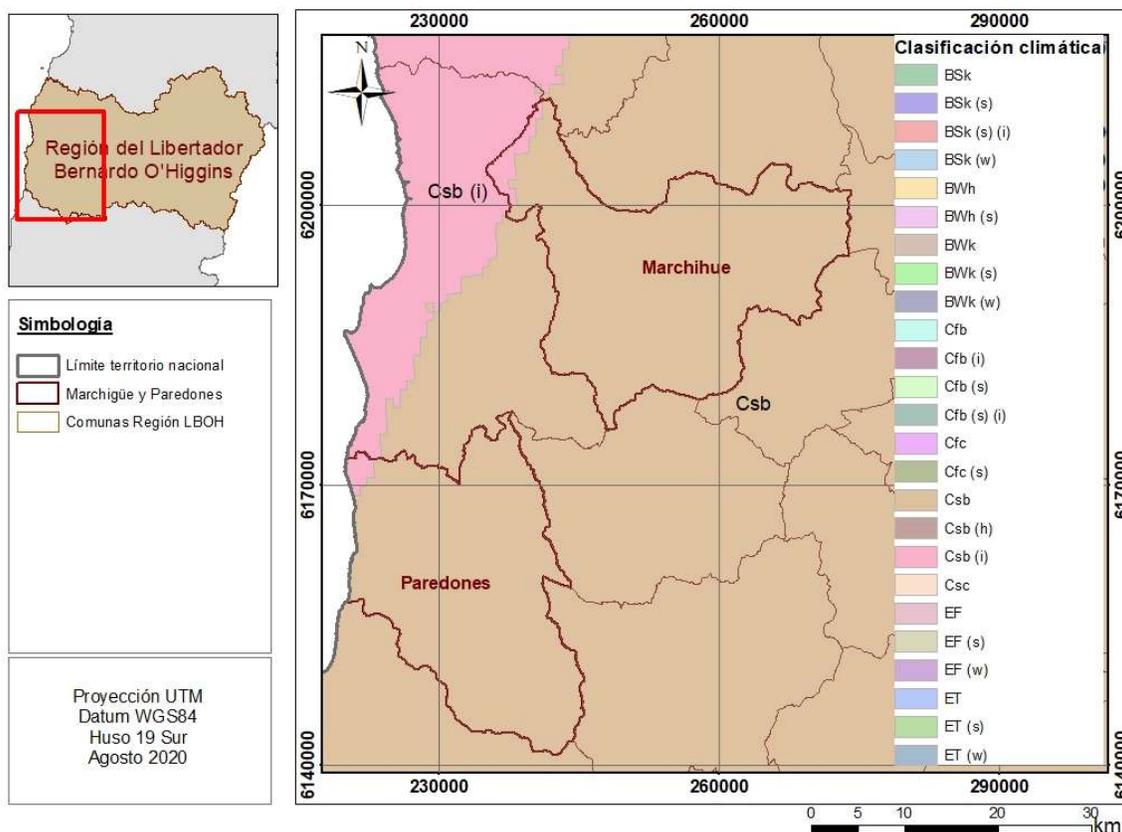
Conforme a la clasificación climática de Köppen y Geiger (1936), y posteriores actualizaciones de Beck y col. (2018), las comunas de Marchigüe y Paredones se localizan mayoritariamente en el “Clima mediterráneo de lluvia invernal” (CsB) (ver Figura 7), en el cual es considerado como un clima templado, donde la temperatura media del mes más cálido no supera los 22 °C, disminuyendo a menos de los 10 °C durante cuatro o más meses al año. La precipitación del mes más seco en verano es inferior a un tercio de la del mes más lluvioso de invierno. Así, el clima mediterráneo se caracteriza por poseer 4 estaciones del año bien marcadas, con veranos cálidos y secos, e inviernos fríos y húmedos, siendo las estaciones de primavera y otoño las transiciones entre estos dos extremos.

Una menor parte de estas dos comunas, hacia el sector costero, se encuentra el “Clima mediterráneo de lluvia invernal e influencia costera” (CsB, i) (ver Figura 8), el cual presenta las mismas características de temperatura y precipitación del Clima mediterráneo de lluvia invernal, pero que presenta además un régimen isotérmico, cuya amplitud térmica anual no sobrepasa los 5 °C. En otras palabras, es un clima mediterráneo con menores variaciones térmicas producto de la influencia marina.

En este clima, la estación seca se registra en los meses de verano debido a la interacción entre el anticiclón subtropical y el régimen de los vientos del oeste; que en el sector del estudio se prolonga

de 7 a 8 meses. La precipitación se genera ante la acción de sistemas frontales; los vientos dominantes son del suroeste y se caracterizan por una alta frecuencia de calmas (DGA, 2015).

**Figura 7: Clasificación climática de acuerdo a Köppen y Geiger (1936).**



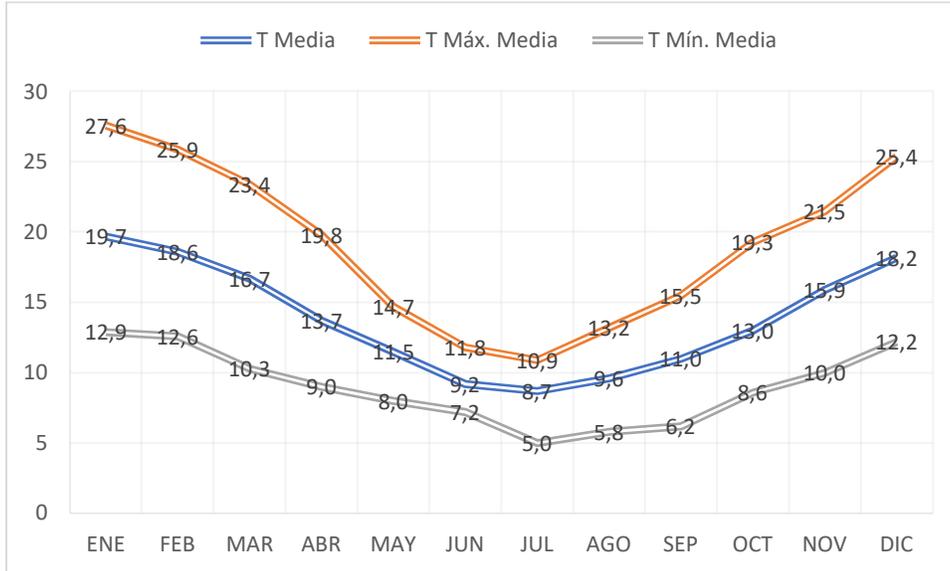
Fuente: Elaboración propia en base a Köppen y Geiger (1936).

La zona de Marchigüe y Paredones no cuenta con control meteorológico (DGA, 2015), sólo se encuentra información fluviométrica (caudales) en el río Tinguiririca a nivel de la Región de O'Higgins.

Las estimaciones en esta zona para la precipitación media son del orden de los 600 a 700 mm, dependiendo de la altitud (DGA, 2015).

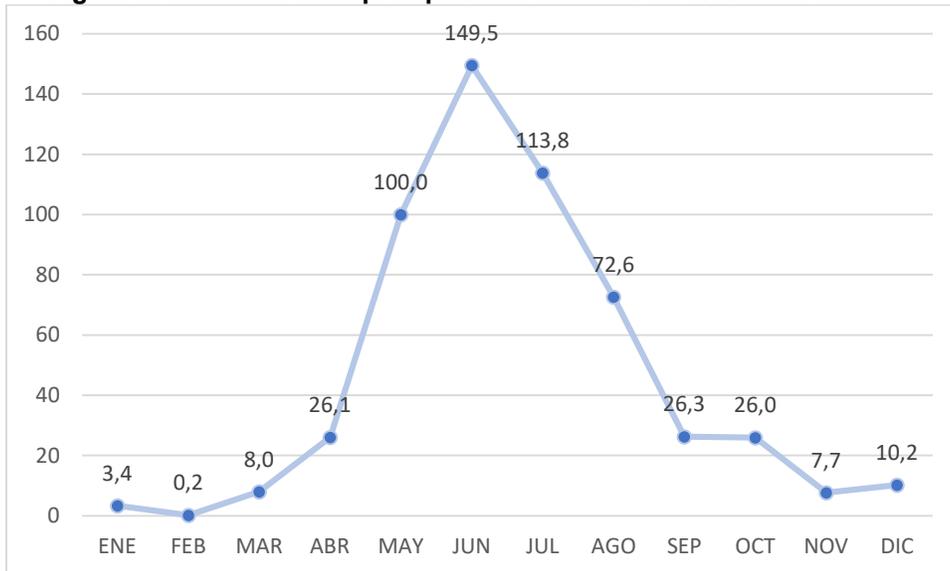
El estudio de la DGA (2015) presenta valores de temperatura media, máxima media y mínima media mensual, así como de precipitaciones medias mensuales en base a la estación pluviométrica Marchigüe, mientras que las temperaturas se estimaron de los datos en las estaciones meteorológicas de Rancagua, Convento Viejo, Quelentaro y Curicó. A continuación, se grafican estos resultados.

**Figura 8: Variación de la temperatura media, máxima y mínima mensual en el área de estudio.**



Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2015.

**Figura 9: Variación de la precipitación mensual en el área de estudio.**



Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2015.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 29	

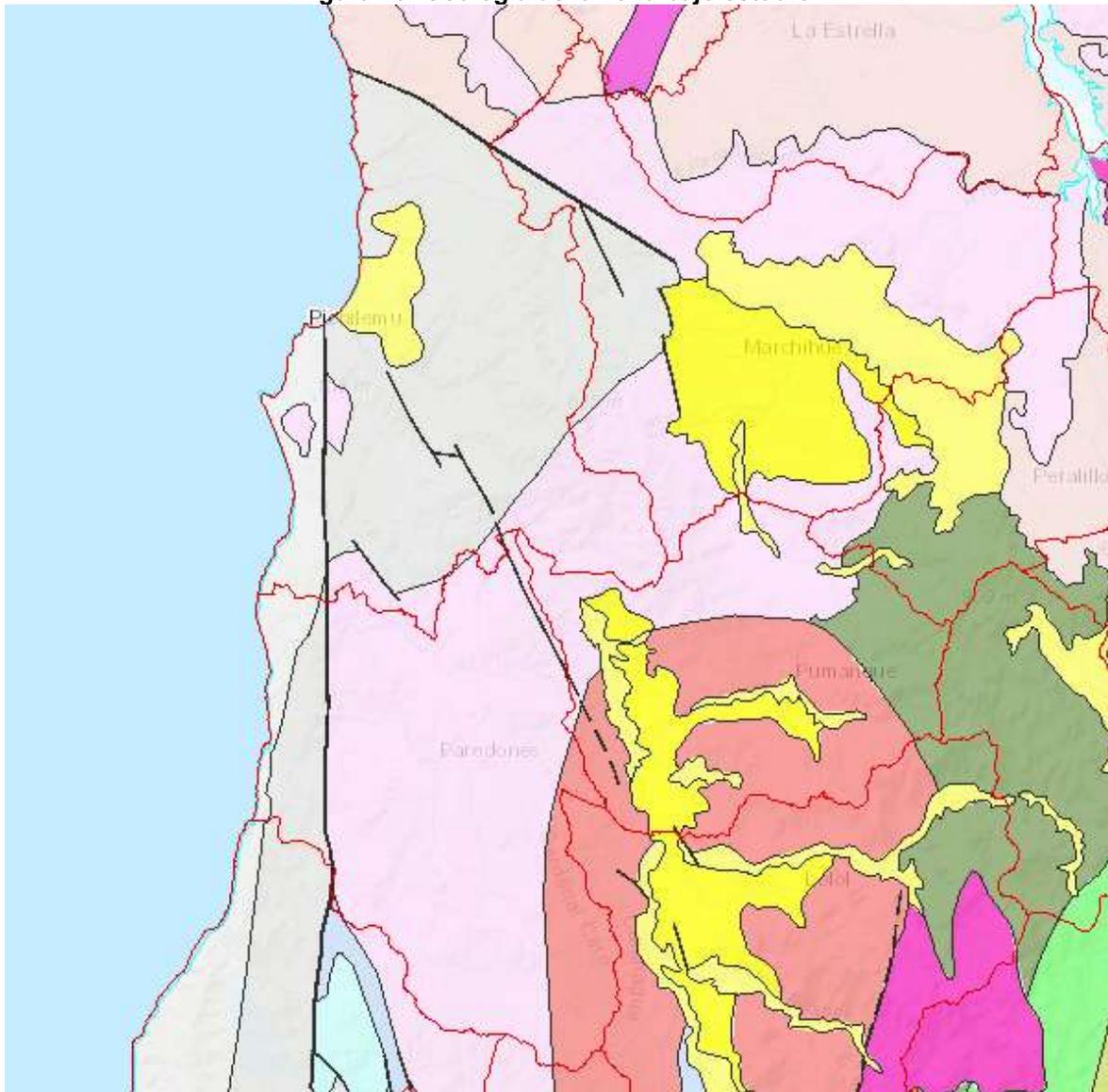
#### 4.2.4 Geología y Geomorfología

De acuerdo con el mapa geológico de Chile (ver Figura 10), la mayor parte del territorio de la comuna de Paredones y gran parte de la zona que rodea a Marchigüe (zona en rosado claro) está compuesta por rocas plutónicas del Carbonífero Pérmico. Las que se forman a partir de un enfriamiento lento, a gran profundidad y en grandes masas de magma. Estas rocas son de tipo granito (bartolíticas y tonalita). Por otro lado, zonas más costeras de ambas comunas poseen rocas metamórficas de bajo y alto gradiente del Silúrico-Carbonífero (color verde claro en Figura 10), conformadas la de bajo gradiente de pizarra, fitila y metarenisca; y la de alto gradiente de micáceo, metabasita y metachert. Las rocas metamórficas son aquellas formadas por la modificación de otras preexistentes, que a través de calos y/o presión, en fluidos químicamente activos se produce transformación con ajustes estructurales y mineralógicos.

En particular, la comuna de Paredones al oriente presente un estrato de Plutones “Flamenco y Caldera-Pajonales” del Jurásico inferior (zona más rojiza de Figura 10), conformado de diorita, gabro, monzodiorita, cuarcífera y granodiorita. Este tipo de formación corresponden a afloraciones de rocas intrusivas, los que son muchas veces visibles producto de la erosión que ha retirado otras rocas que los cubrían previamente.

A su vez, la comuna de Marchigüe en su parte central posee por el sur, depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa del Pleistoceno y Holoceno (color amarillo en Figura 10). En su parte sur, también en amarillo, se encuentran abanicos aluviales inactivos y nivales aterrazados del Plioceno, con conglomerados, arenisca y limolita. Este tipo de formación corresponden a depósitos sedimentarios o acumulaciones de rocas sobre la superficie de la tierra que tienen origen en los valles fluviales (aluviales) y por acumulaciones por caída de material por gravedad (coluviales).

**Figura 10: Geología de la zona bajo estudio.**

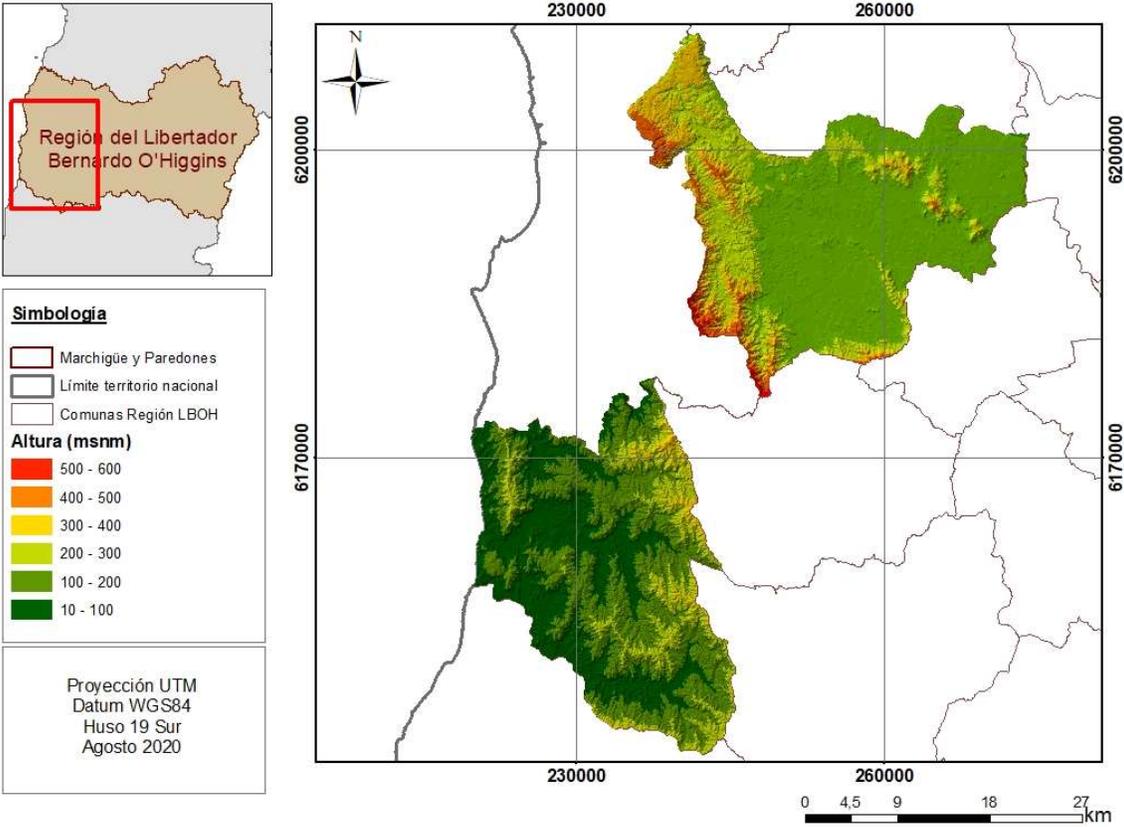


Fuente: Geoportal de Chile.

Las comunas bajo estudio se localizan mayoritariamente en la Cordillera de la Costa, presentando mayor influencia marina la comuna de Paredones que Marchigüe. La parte oriente de Marchigüe se localiza hacia el valle central, entre la Cordillera de la Costa y de Los Andes.

La altura de ambas comunas no supera los 600 msnm, presentando mayores valores en el suroriente de Marchigüe y parte nororiente de la misma comuna. Mayoritariamente en la parte poniente de Marchigüe es donde se encuentran los cordones montañosos de manera dominante, siendo la parte centro-oriente mucho más plana. En Paredones, la altitud es por lo general menor, aunque por lo general dominan los cordones montañosos, siendo de mayor altura aquellos localizados al oriente de esta comuna. Las geformas dominantes y rangos de altitud en estas comunas se muestran en la Figura 11.

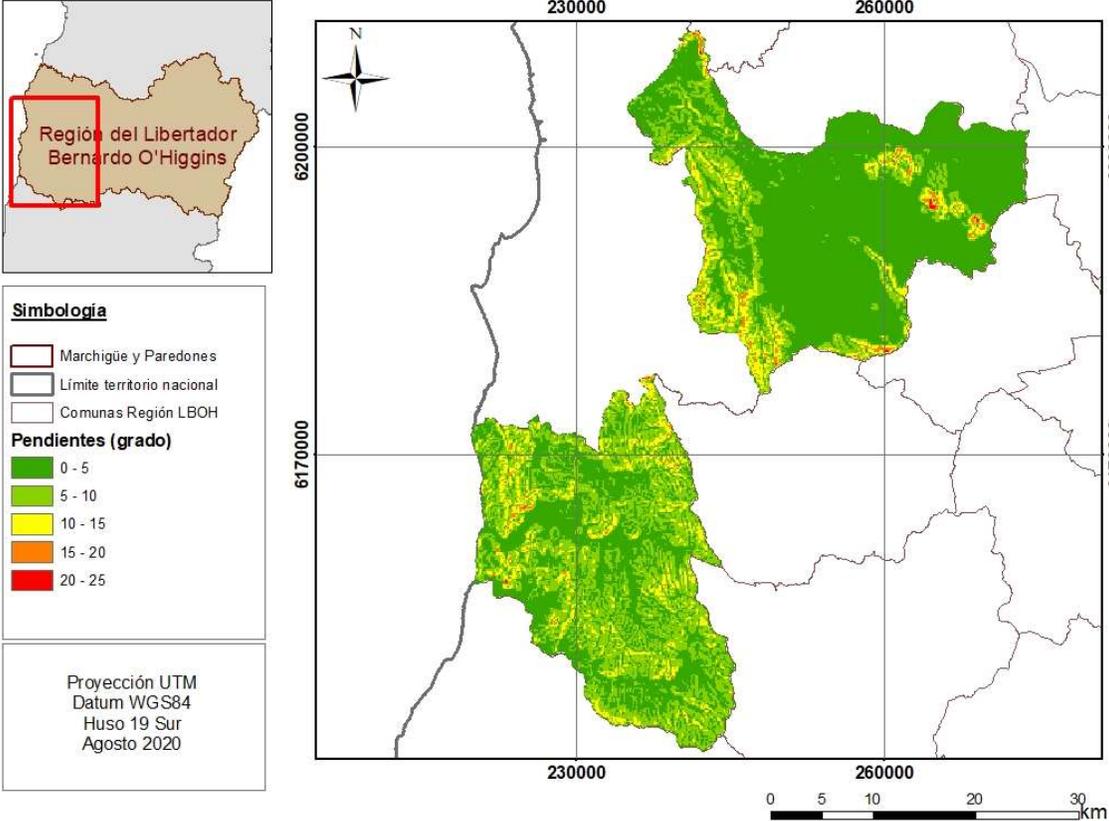
**Figura 11: Gradiente altitudinal comunas Marchigüe y Paredones.**



Fuente: Elaboración propia.

De la modelación de pendientes a través del modelo DEM (ver Figura 12), se extrae que la comuna de Paredones es la que por lo general presenta pendientes de terreno más pronunciadas, mayoritariamente entre 5 y 10 grados, y en algunas partes más de 10 y hasta 20 grados. La comuna de Marchigüe presenta menores pendientes, correlacionándose las mayores pendientes en las zonas con cordones montañosos. Las pendientes más fuertes por lo general se concentran entre los 5 y 15 grados.

**Figura 12: Modelación de pendientes Marchigüe y Paredones.**

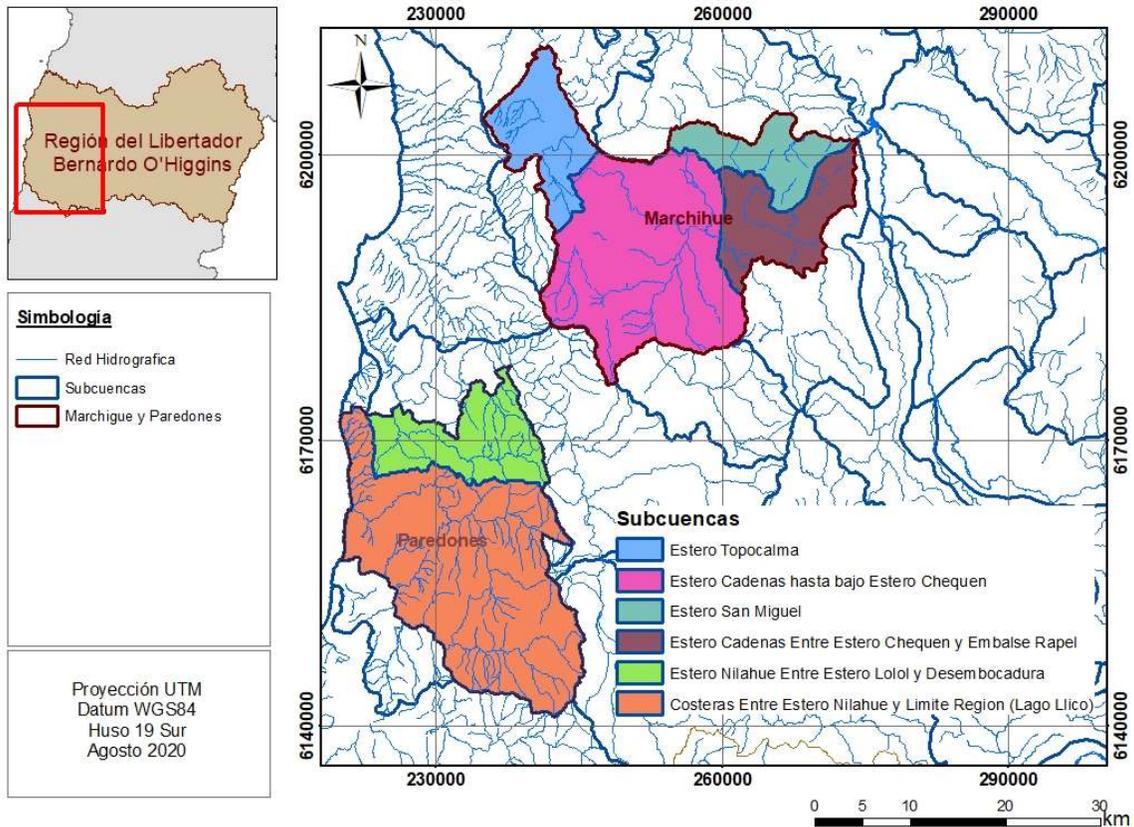


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5 Hidrología e Hidrogeología

Las comunas bajo estudio pertenecen a ecosistemas de cuencas costeras de la Región de O'Higgins (ver Figura 13). En la comuna de Paredones se destaca la presencia del estero Nilahue en el norte de la comuna, y por el sur una sucesión de cuencas costeras de bajo desarrollo. En la comuna de Marchigüe el estero más importante es Cadenas, y además se encuentran dos esteros de menor magnitud en el norte de la comuna, correspondientes a los esteros Topocalma y San Miguel.

**Figura 13: Sistema de cuencas hidrográficas en el área de estudio.**



Fuente: Elaboración propia en base a IDE.

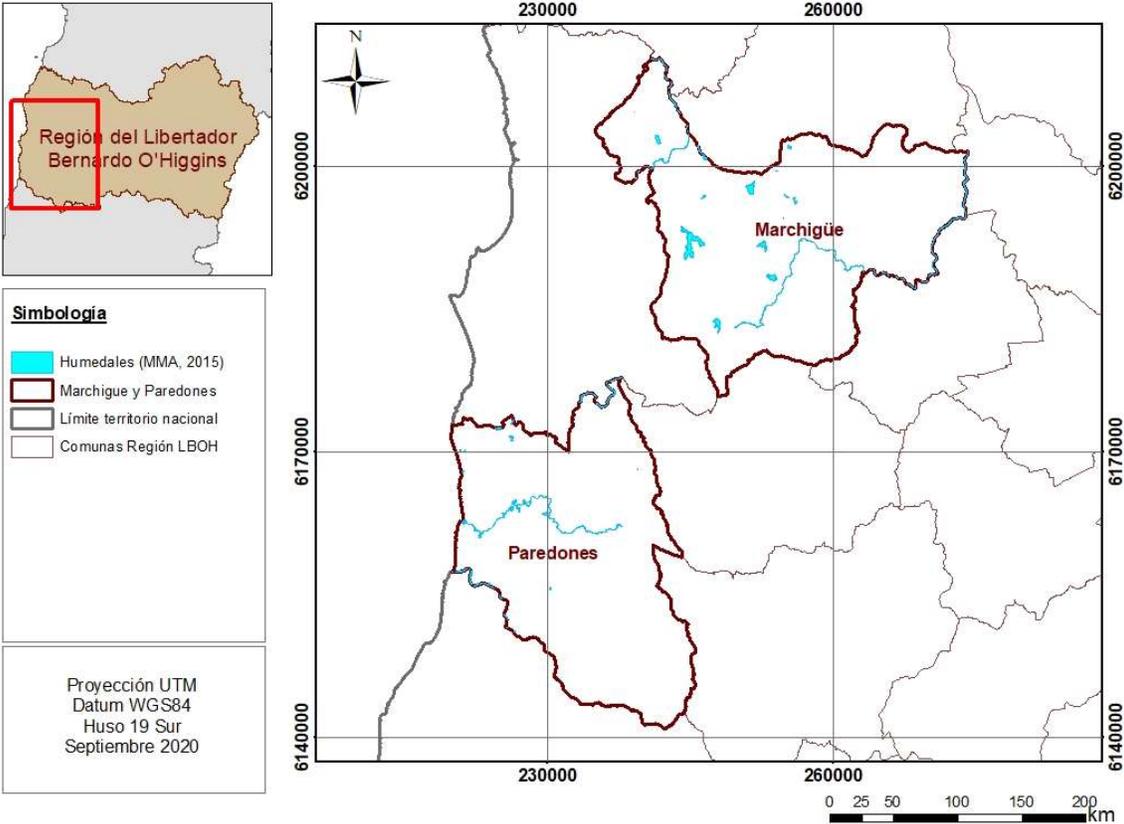
El recurso hídrico en la zona bajo estudio, tanto superficial como subterráneo tiene una alta dependencia de los períodos de lluvia, debido a que la altura de la Cordillera de la Costa no permite la acumulación de nieve. En este sector, el aumento en la demanda por agua dulce ha provocado el agotamiento de los derechos superficiales, tornándose cada vez más importante el uso de recursos hídricos subterráneos, sobre los cuales ha habido un aumento sustantivo en las peticiones de derechos de aguas subterráneas (DGA, 2015).

El régimen hidrológico de las cuencas que se encuentran en la zona bajo estudio es netamente pluvial, siendo la precipitación media de estas zonas del orden de los 600 a 700 mm, dependiendo de la altitud, como se comentó en el capítulo anterior.

Las vertientes ponientes de la Cordillera de la Costa en esta región se encuentra constituida de una red de drenaje que constituyen esteros y quebradas de muy corto desarrollo, que alcanzan el mar en forma individual y que, en estricto rigor, cada uno de ellos conforma una pequeña cuenca. En estas cuencas el régimen de escorrentía es esencialmente pluvial, por lo que su escurrimiento está estrechamente asociado a la distribución estacional de las lluvias (DGA, 2015).

Conforme a la definición de humedales del MMA, adoptada de RAMSAR, que corresponden a todas “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”, en el área de estudio los humedales se encuentran representados principalmente por ríos o esteros (ya indicados en la Figura 13), embalses y ecosistemas costeros de bajo desarrollo, no evidenciándose grandes cuerpos de agua en las comunas bajo estudio (ver Figura 14).

**Figura 14: Humedales en las comunas de Marchigüe y Paredones.**



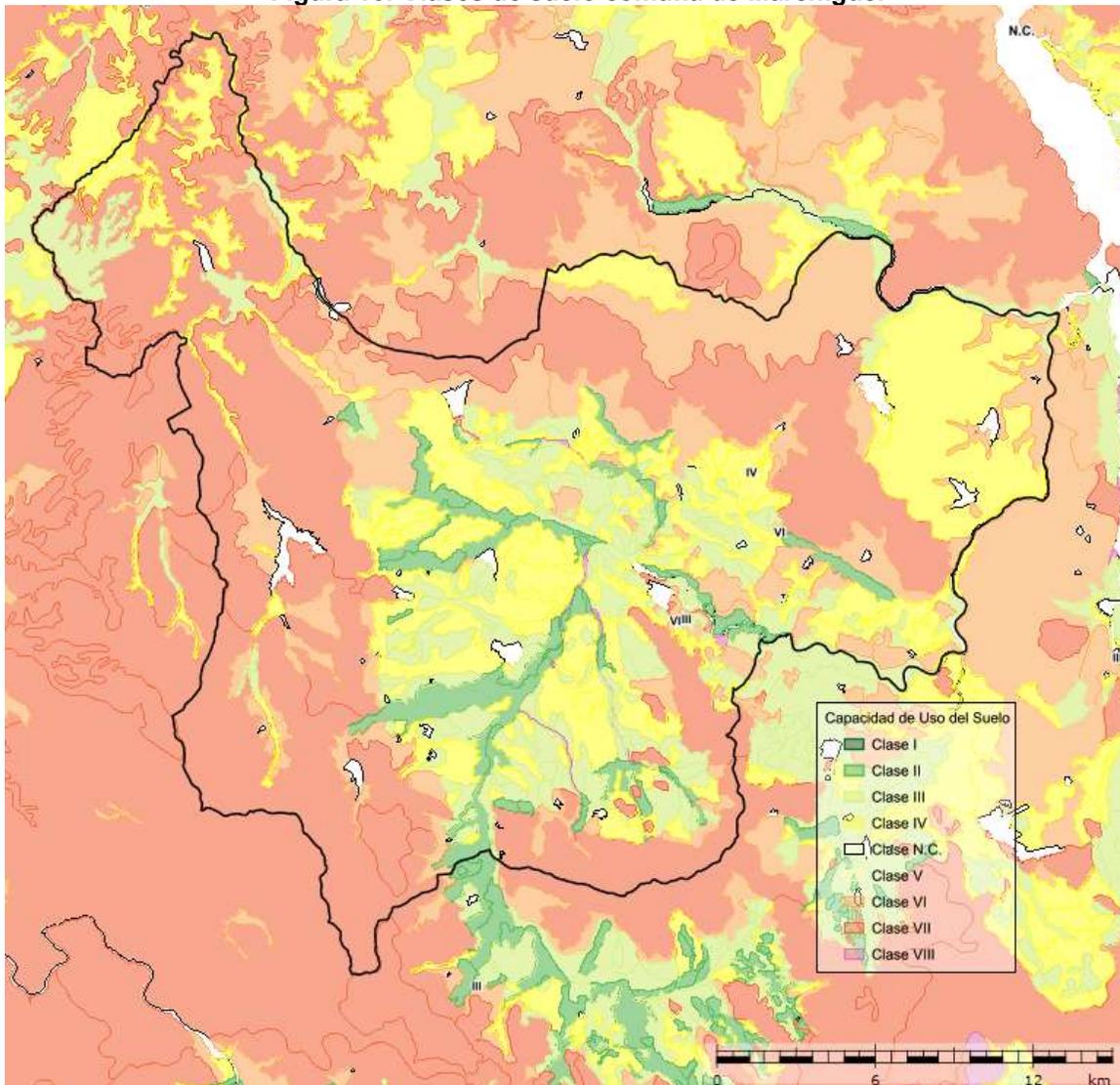
Fuente: Elaboración propia en base a Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2015).



#### 4.2.6 Suelo

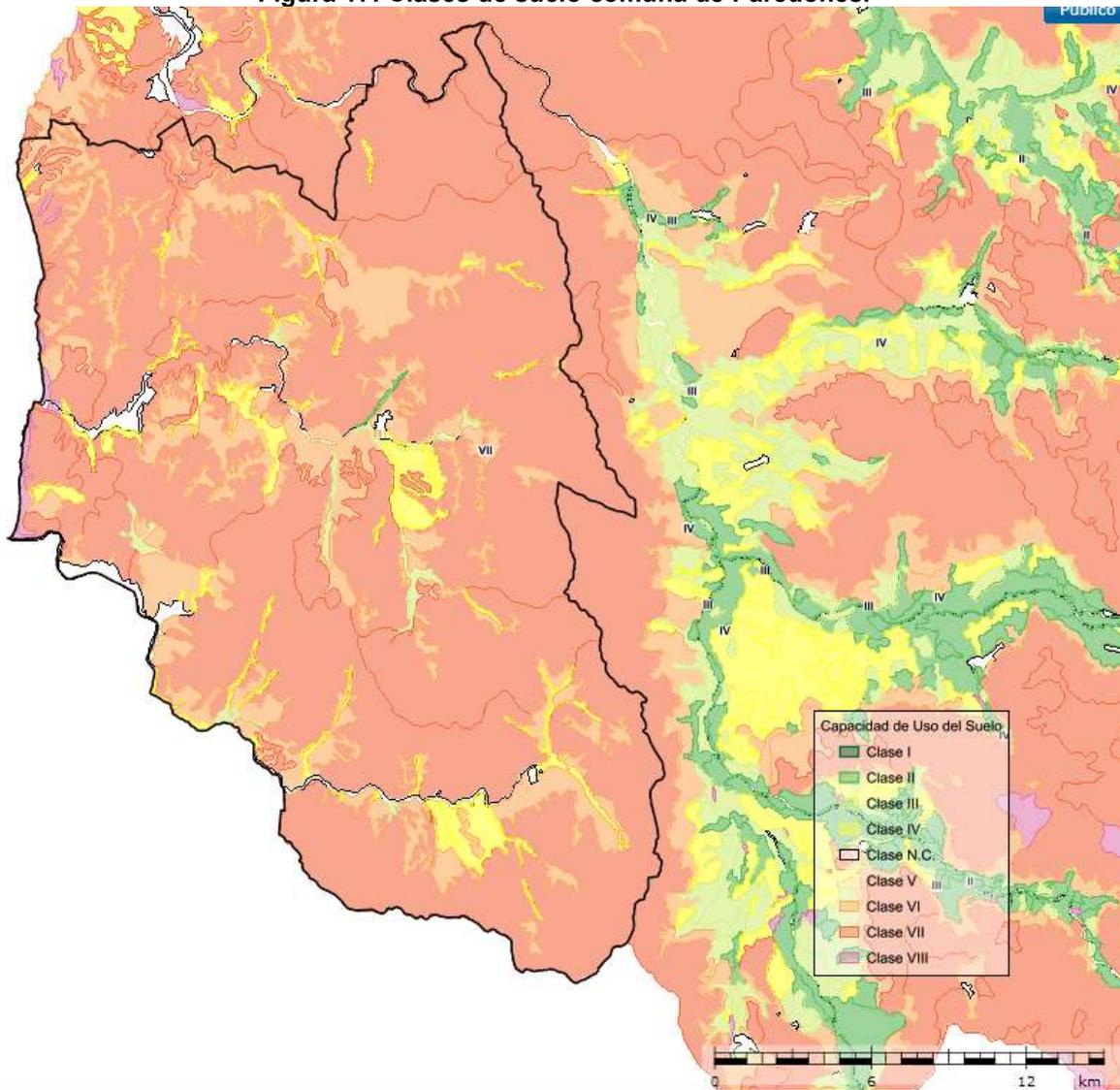
Como se ha comentado anteriormente, las comunas bajo estudio presentan variadas zonas de cordones montañosos de la Cordillera de la Costa, los cuales se asocian a una mayor altura y pendiente. Asimismo, en estos sitios se encuentran suelos con topografías irregulares y disectados, suelos muy delgados, humedad excesiva (pobremente drenados), y muy baja capacidad de retención de humedad, y clima desfavorable durante la estación de crecimiento de las plantas cultivables. Estas características configuran la Clase VII de suelo, la cual se muestra en rojo claro en las Figuras 16 y 17. Se observa que en la comuna de Paredones prácticamente no se encuentran suelos adaptados para cultivo, siendo en su mayoría de Clase VII. En cambio, Marchigüe presenta en sus partes planas se encuentran suelos aptos para cultivo (Clases II, III y IV), los que presentan mejor condición de drenaje, moderadamente profundos y menores restricciones climáticas.

**Figura 16: Clases de suelo comuna de Marchigüe.**



Fuente: IDE del MINAGRI (2020).

**Figura 17: Clases de suelo comuna de Paredones.**



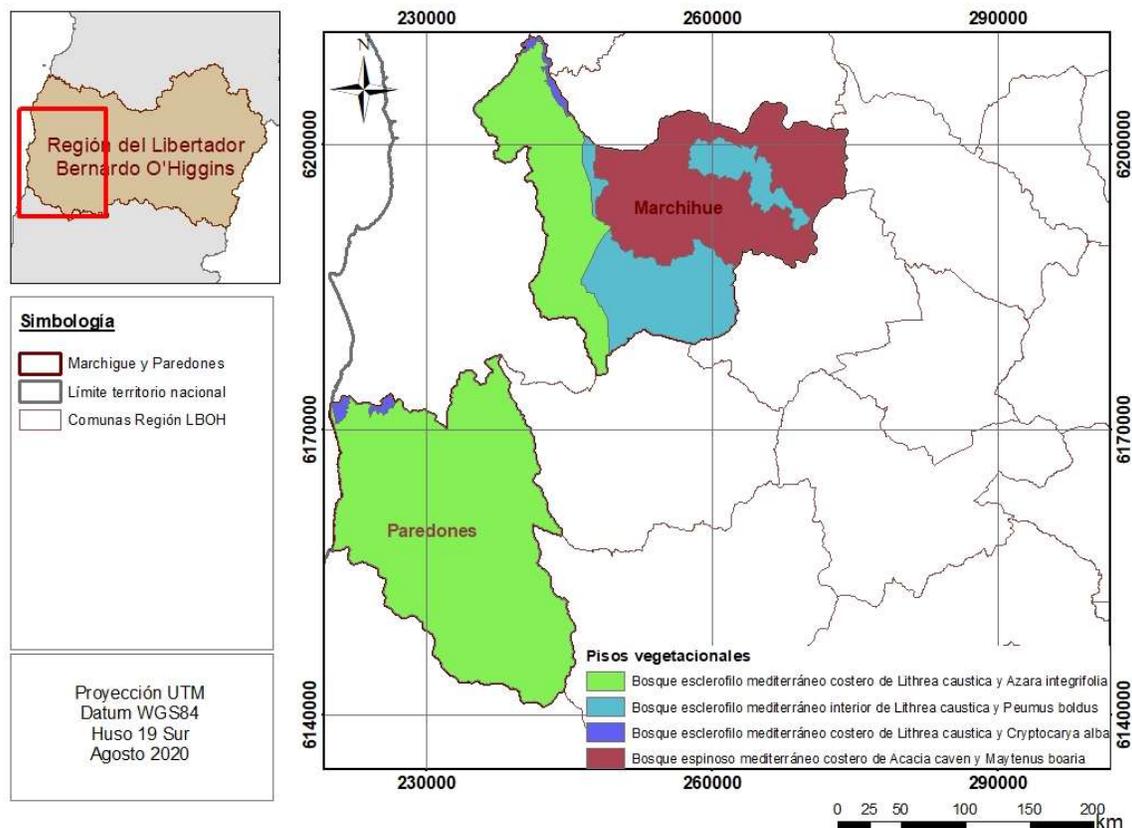
Fuente: IDE del MINAGRI (2020).

## 4.2.7 Formaciones vegetacionales

### 4.2.7.1 Antecedentes generales

De acuerdo con la clasificación de Luebert y Pliscoff (2014), la formación dominante en las comunas bajo estudio es el bosque esclerófilo, seguido del bosque espinoso (ver en Figura 18).

**Figura 18: Pisos vegetacionales en las comunas de Marchigüe y Paredones.**



Fuente: Elaboración propia en base a cartografía de Luebert y Pliscoff (2014),

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)”, la que se caracteriza por una estrata arbórea dominante de Litre, Peumo y Corcolén, mostrando un carácter oceánico, con presencia de elementos del bosque caducifolio maulino. Se encuentra altamente modificado debido a la corta reiterada y quema de la vegetación. La presión por pastoreo es moderada. En general, ha sido muy degradado, dando paso a un matorral arborescente en gran parte de su extensión, pero que en algunos casos alcanza una fisonomía 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.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 39	

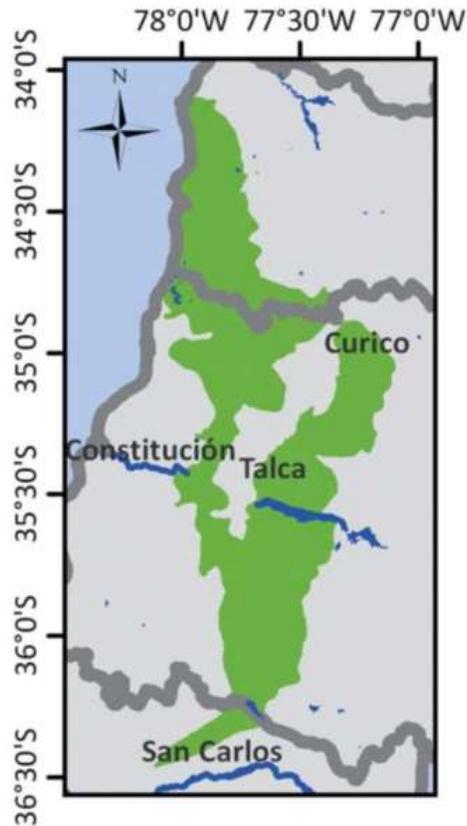
En la zona más poniente de Marchigüe se desarrolla el “Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* (Litre) y *Peumus boldus* (Boldo)”, donde dominan estas dos especies, y ocasionalmente Quillay y Peumo, que también asume una forma de matorral arborescente producto de la fuerte extracción que ha sufrido. Se observan rebrotes de las especies arbóreas dominantes con capacidad de regeneración vegetativa, cambiando su hábito de arbóreo a arbustivo, lo que va acompañado por una invasión de especies arbustivas propias de ambientes más secos, como *Baccharis linearis*, Quilo y/o *Retanilla trinervis*. 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 Pliscoff, 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)”, la cual corresponde a un matorral espinoso arborescente abierto dominado por Espino y con presencia de Maitén en una estrata arbórea baja. En la estrata arbustiva se encuentra el Huañil, Quilo y Palqui, mientras se desarrolla una estrata de herbáceas perennes como anuales, nativas e introducidas. 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.

Por otro lado, y siguiendo la lógica de las descripciones de Luebert y Pliscoff (2014), la clasificación de Gajardo (1994), sitúa a las comunas bajo estudio en la región del Matorral y Bosque Esclerófilo en Chile Central, que abarca desde la región de Coquimbo a la región del Biobío, y posee un clima mediterráneo con inviernos fríos y lluviosos y veranos cálidos y secos. Desde el punto de vista florístico, es rica tanto en especies como en formas de crecimiento. Debido a que esta es la zona del país con mayor población, gran parte del paisaje original ha sido modificado siendo difícil encontrar muestras de vegetación inalteradas (Gajardo, 1994).

De acuerdo con la priorización de sitios críticos para la restauración ecológica de Fernández y col. (2010) se encuentra el Bosque Esclerófilo Maulino, el que se localiza en la comuna de Paredones y en la zona poniente de la comuna de Marchigüe. Esta formación se desarrolla entre la Hacienda Topocalma (34° 05' S) y las cercanías de la ciudad de San Carlos (36° 28' S), ubicándose sobre las laderas y planicies litorales de la Cordillera de la Costa en su distribución norte y sobre la depresión intermedia en su parte centro y sur (ver Figura 19).

**Figura 19: Bosque Esclerófilo Maulino de acuerdo a Fernández y col. (2010)**



Fuente: Fernández y col. (2010).

Debido a su gran extensión, esta formación ha sido afectada por diversas acciones ligadas al ser humano. En su distribución norte, la vegetación original se ha visto mermada considerablemente por la deforestación y sustitución por plantaciones forestales, mientras que en la parte centro y sur ha sido transformada en terrenos de cultivo. Actualmente la estructura vegetacional más común corresponde a un matorral arborescente, que en aquellos lugares más favorables puede llegar a constituir un bosque bajo. La Región posee una alta diversidad vegetacional con variadas formas de vida. Predominan los arbustos altos de hojas esclerófilas, pero también se encuentran arbustos bajos xerófitos, arbustos espinosos, suculentas y árboles esclerófilos y laurifolios con gran desarrollo en altura (Gajardo, 1994).

#### **4.2.7.2 Sucesiones vegetacionales**

Como se ha comentado anteriormente, entender los procesos de sucesión ecológica de un determinado ecosistema es clave para proponer medidas tendientes a la restauración ecológica de sistemas degradados. Determinando las especies pioneras y aquellas de sucesiones medias y tardías, se pueden seleccionar especies vegetales para reforestar en función de la condición en la cual se encuentran los ecosistemas en la actualidad.

En este contexto cabe mencionar que, 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.

Adicionalmente, además del Espino existen ciertas especies más representativas de los procesos de sucesión en los ecosistemas bajo estudio. En la Tabla 4 se aúna un listado de las especies de árboles y arbustos del matorral y bosque nativo potenciales en las comunas bajo estudio en consideración de ambientes húmedos y secos, las que pueden ser utilizadas como referencia para medidas de diagnóstico y de restauración en el marco del presente Plan.

**Tabla 4: Estructura sucesional para bosque y matorral nativo en el área de estudio.**

Nombre científico	Nombre común	Pionera		Sucesión Media				Sucesión Tardía			
				Húmedo		Seco		Húmedo		Seco	
		M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
<i>Acacia caven</i>	Espino	x	x	x	x	x	x		x	x	x
<i>Adesmia arborea</i>	Adesmia		x				x				x
<i>Aristolelia chilensis</i>	Maqui				x				x		
<i>Azara celastrina</i>	Lilén							x			
<i>Azara integrifolia</i>	Corcolén								x		
<i>Baccharis linearis</i>	Chilca	x	x			x	x				
<i>Baccharis paniculata</i>	Chilca	x				x	x				
<i>Baccharis pingraea</i>	Chilquita		x				x				
<i>Berberis actinocantha</i>	Michay		x		x				x		
<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temú								x		
<i>Cestrum parqui</i>	Palqui			x	x	x	x			x	x
<i>Chusquea cumingii</i>	Quila			x	x			x	x		
<i>Colliguaja odorifera</i>	Colliguay					x	x			x	x
<i>Crinodendron patagua</i>	Patagua								x		
<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo							x	x		
<i>Drymis winteri</i>	Canelo								x		
<i>Equinopsis chilensis</i>	Quisco					x	x			x	x
<i>Escallonia pulverulenta</i>	Madroño				x				x		x
<i>Escallonia revoluta</i>	Lun			x	x			x	x	x	x
<i>Jubaea chilensis</i>	Palma chilena				x		x		x		x
<i>Kagenechia oblonga</i>	Bollén						x				x
<i>Lithrea caustica</i>	Litre			x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Lomatia hirsuta</i>	Radal				x				x		

Nombre científico	Nombre común	Pionera		Sucesión Media				Sucesión Tardía			
				Húmedo		Seco		Húmedo		Seco	
		M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén			x	x			x	x		
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Voqui	x	x	x		x					
<i>Peumus boldus</i>	Boldo			x	x			x	x		
<i>Persea lingue</i>	Lingue								x		
<i>Podanthus mitique</i>	Mitique							x	x		
<i>Proustia cuneifolia</i>	Huañil	x	x			x	x				
<i>Psoralea glandulosa</i>	Culén				x				x		
<i>Puya chilensis</i>	Puya					x	x			x	x
<i>Puya berteroniana</i>	Puya					x				x	
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay			x	x			x	x		
<i>Retanilla ephedra</i>	Camán		x		x		x		x		x
<i>Retanilla trinervia</i>	Tevo	x	x			x	x			x	x
<i>Schinus latifolius</i>	Molle			x		x	x	x		x	
<i>Schinus polygamus</i>	Huingán										x
<i>Sophora macrocarpa</i>	Pelú			x				x			

Fuente: Elaboración propia en base a Fernández y col. (2010).

Se observa que, por lo general, las especies pioneras en matorral y bosque son las mismas, entre las que se destaca el Espino, la Chilca (*B. linearis*), Voqui, Huañil y Tevo. Estas especies tienden a ser las más abundantes en el área de estudio, debido a la elevada intervención antrópica que presentan los ecosistemas nativos originales.

En cuanto a la sucesión media, existe una mayor diferenciación de especies entre ambientes húmedos y secos. Mientras que los matorrales y bosques húmedos se presenta mayoritariamente Quila, Lun, Maitén, Boldo y Quillay, en los ecosistemas secos tienden a encontrarse especies de Chilca (*B. linearis* y *B. paniculata*), Colliguay, Quisco, Huañil, Puya (*P. chilensis*) y Tevo.

Finalmente, en las sucesiones tardías, los ecosistemas se van diferenciando tanto por tipo de ambiente (húmedo y seco) y por formación (matorral y bosque). En esta etapa de la evolución de los ecosistemas, el matorral seco se conforma de especies tales como Palqui, Colliguay, Espino, Lun, Litre, Puya (*P. chilensis* y *P. berteroniana*), Tevo y Molle; mientras que el matorral más húmedo también puede presentar dichas especies, adicionándose especies de Palma chilena, Bollén, Huingán, Camán, Madroño y Adesmia.

Por otro lado, los bosques de sucesiones tardías en ambientes secos tienden a presentar Peumo, Litre, Maitén, Quillay, Molle y Pelú, mientras que en ambientes húmedos se le adicionan especies arbóreas más escasas, como son el Temú, la Patagua, el Canelo, el Radal y el Lingue. Este tipo de bosques son los más escasos y probablemente inexistentes en el área de estudio.

#### 4.2.7.3 Definición vegetación para el PDR

De conformidad a lo señalado en la propuesta metodológica para elaborar el PdR, se repararán sólo áreas que correspondan a bosque y/o vegetación nativa.

De acuerdo con lo indicado en el PdR, basado en lo señalado por Fernández y col. (2010), para las comunas de Marchigüe y Paredones se ha definido que tanto el Matorral Espinoso del Secano

Costero como el Bosque Esclerófilo Maulino, se encuentran en riesgo crítico y, por ende, al presentar mayor fragilidad, los esfuerzos se deben enfocar en recuperar tales formaciones. En específico, el PDR debería enfocarse principalmente en la restauración de Matorral en Marchigüe y Bosque en Paredones.

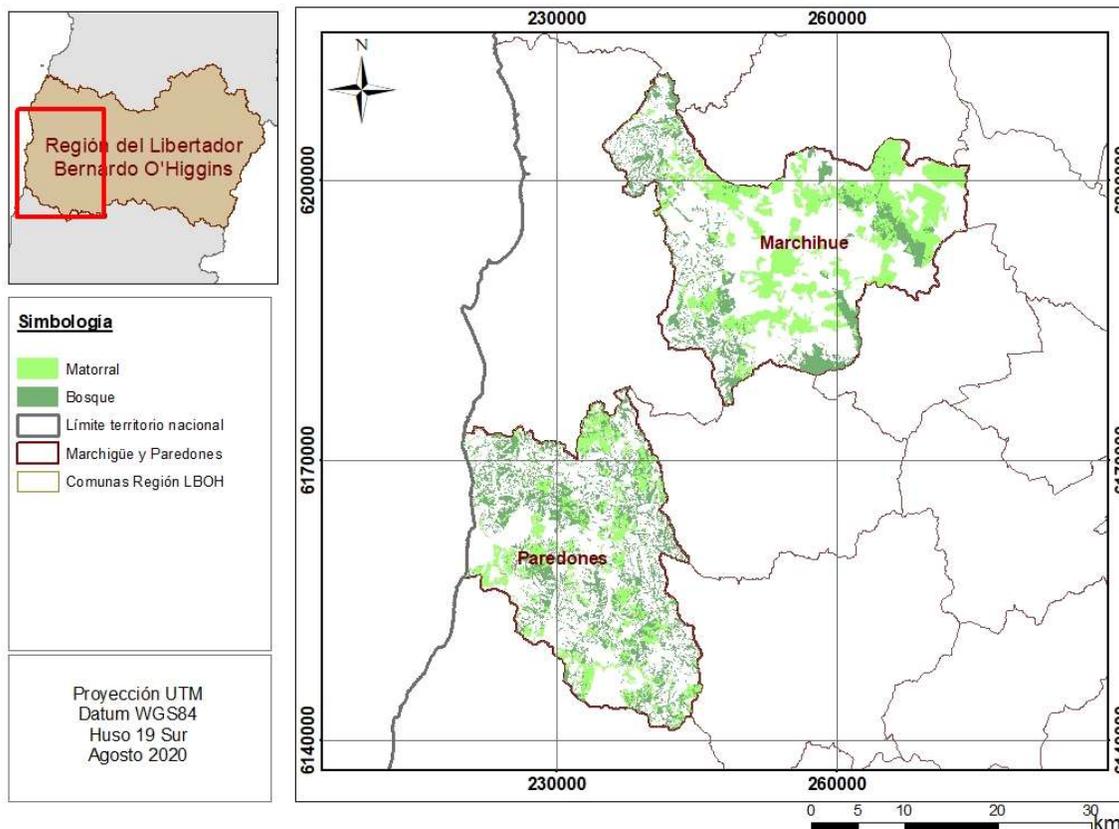
A continuación, se realiza un análisis de las superficies del matorral y bosque esclerófilo en las comunas de Marchigüe y Paredones de acuerdo con los usos de suelo de la base de datos del IDE, mostrando en la Figura 20 la distribución de éstas a nivel comunal, y en la Tabla 5 las superficies totales. La superficie de bosque en Marchigüe es del 14% del total comunal, y en Paredones en torno al 23%. Por otro lado, la superficie de matorral en Marchigüe es del 24%, mientras que en Paredones es del 15%.

**Tabla 5: Superficies de bosque y matorral en comunas de Marchigüe y Paredones.**

Comuna	Área de bosque (ha)	Área de matorral (ha)
Marchigüe	8.963	16.022
Paredones	13.387	8.614

Fuente: Elaboración propia en base a IDE.

**Figura 20: Distribución de bosque y matorral en comunas de Marchigüe y Paredones.**



Fuente: Elaboración propia en base a IDE.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 44	

Cabe hacer mención que los ecosistemas de la región del matorral y bosque esclerófilo han sido severamente degradados por perturbaciones de origen antrópico, ya que concentran una gran parte de las tierras de cultivo y zonas urbanas del territorio nacional (INE, 2006 en Fernández, 2010).

#### 4.2.8 Fauna

El Proyecto se localiza en la ecorregión mediterránea central, la que se destaca por su riqueza y elevada proporción de especies endémicas. Para el caso de Chile central, en parte de dicha ecorregión, se ha sugerido que la riqueza de la flora alcanza a unas 2500 especies, con un grado de endemismo regional cercano al 23% (Cowling y col. 1996; Arroyo y Cavieres 1997), así como especies de fauna de elevada relevancia para la conservación (Armesto y col., 1996). Esta zona es, también, la más poblada de Chile, por lo que carga con una larga historia de intervención y reemplazo de sus ecosistemas naturales (Cunill 1970; Aschmann y Bahre 1977; Fuentes y Hajek 1979). Esta combinación de un alto grado de endemismo y riqueza, con una intensa y extensa intervención antrópica, ha llevado a que a la región se le considere como un *hotspot* para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial (Arroyo y col. 1999; Myers y col. 2000).

En la zona de los cordones montañosos de la Cordillera de la Costa y Planicie Litoral se destaca la presencia de especies nativas endémicas, especialmente las de baja movilidad del grupo de los herpetozoos para fauna terrestre y peces y crustáceos en la fauna acuática, los que se encuentran protegidos conforme los diferentes procesos de clasificación de especies vigentes en territorio nacional.

En la Figura 21 se muestra que la comuna de Paredones y la parte sur y poniente de Marchigüe presentan especies potenciales de fauna terrestre en peligro crítico de extinción, lo que sugiere que los pocos ecosistemas nativos en esta zona albergan especies nativas únicas y de gran relevancia para la conservación a nivel regional y nacional.



ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 46	

(*Curaeus curaeus*), Diuca (*Diuca diuca*), Chirihue (*Sicalis luteola*), Fiofio (*Elaenia albiceps*), Jilguero (*Sporagra barbata*), Tijeral (*Leptasthenura aegithaloides*), Tenca (*Mimus thenca*), Mirlo (*Molothrus bonariensis*), Picaflor gigante (*Patagona gigas*), Picaflor chico (*Sephanoides sephanoides*), Rara (*Phytotoma rara*), Turca (*Pterotochos megapodius*), Canastero (*Pseudasthenes humicola*), Golondrina dorso negro (*Pygochelidon cyanoleuca*), Golondrina chilena (*Tachycineta meyeri*), Queltehue (*Vanellus chilensis*) y Zorzal (*Turdus falcklandii*); además de rapaces, como el Tucúquere (*Bubo magellanicus*), Tiuque (*Milvago chimango*), Jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*), Jote de cabeza negra (*Coragyps atratus*), Cernícalo (*Falco sparverius*), Aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*), Chunchu (*Glaucidium chuncho*) y Peuco (*Parabuteo unicinctus*). Adicionalmente, son frecuentes individuos de la especie introducida de Codorniz (*Callipepla californica*).

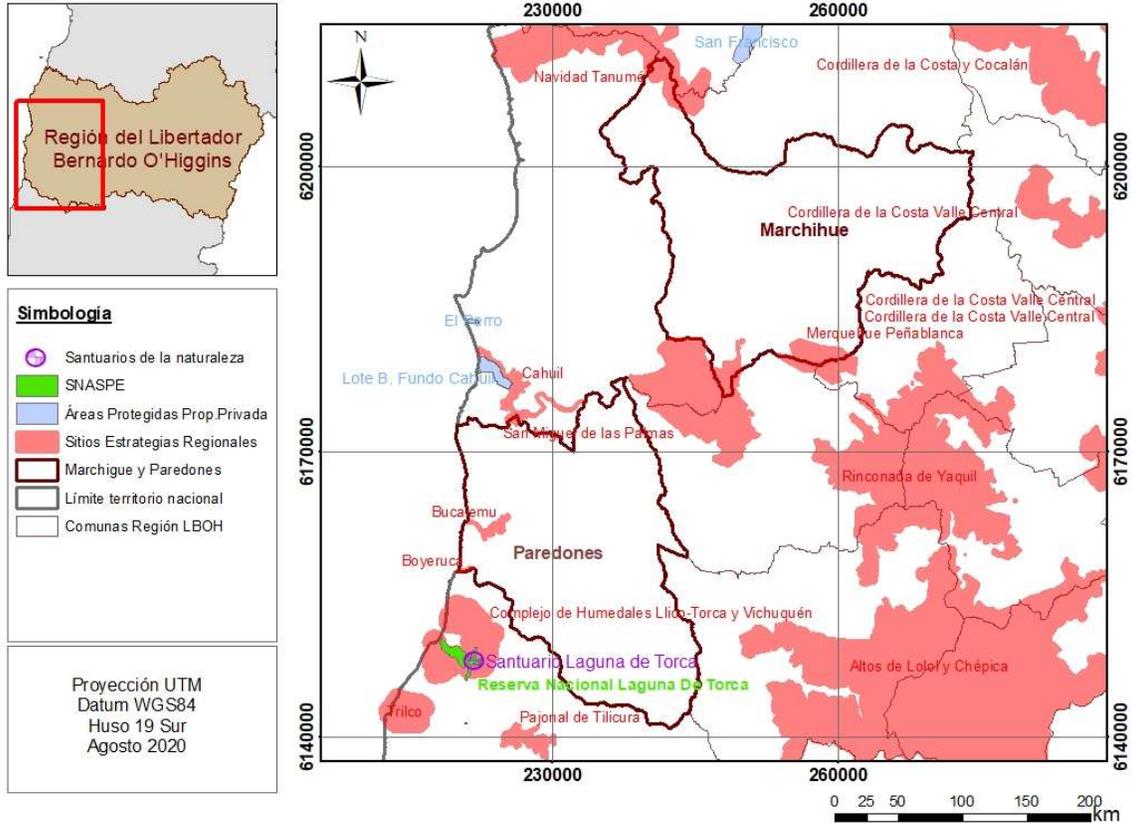
En el grupo de los mamíferos es posible encontrar mamíferos de menor tamaño (micro mamíferos), de mayor tamaño (macro mamíferos) y murciélagos (quirópteros). Dentro de los micro mamíferos, se encuentran especies nativas no amenazadas como el Ratón chinchilla (*Abrocoma bennetti*), el Ratón oliváceo (*Abrothrix olivaceus*), el Ratón lanudo (*Abrothrix longipilis*), el Degu (*Octodon degus*), el Ratón colilarga (*Oligoryzomys longicaudatus*), el Ratón de Darwin (*Phyllotis darwini*), el Cururo (*Spalacopus cyanus*) y la Llaca (*Thylamys elegans*). Entre los macro mamíferos es habitual encontrar Zorro chilla (*Pseudalopex griseus*) y culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), mientras que los murciélagos conforman un grupo más diverso, reconociéndose la presencia potencial del murciélago común (*Tadarida brasiliensis*), el de oreja de ratón (*Myotis chiloensis*), el colorado (*Lasiurus varius*), el ceniciento (*Lasiurus cinereus*), el orejudo mayor (*Histiotus macrotus*) y el orejudo menor (*Histiotus montanus*).

Por otro lado, en los cauces superficiales de las comunas bajo estudio, tanto naturales como artificiales, se pueden encontrar especies de biota acuática protegida en el territorio nacional. En el grupo de los peces, sería posible encontrar la presencia potencial de 10 especies de fauna íctica. De éstas, 5 son nativas (3 endémicas) y 5 son introducidas a territorio nacional. Entre las especies nativas amenazadas de peces, se destaca la presencia de Pejerrey (*Basilichthys australis*, Vulnerable según el DS 19/2012 MMA), Pocha (*Cheirodon pisciculus*, Vulnerable según el DS 38/2015 MMA), Bagre (*Trichomycterus areolatus*, Vulnerable según el DS 19/2012 MMA) y Carmelita (*Percilia gillissi*, En Peligro según el DS 33/2011 MMA). Por último, los crustáceos acuáticos nativos potenciales también son escasos en diversidad, aunque endémicos en su mayoría, destacándose la presencia potencial de una especie protegida, correspondiente a la Pancora (*Aegla laevis*, En Peligro según el DS 52/2014 MMA).

#### 4.2.9 Áreas protegidas

En las comunas de estudio no se encuentra ninguna área declarada oficial para la protección de la biodiversidad y/o formaciones vegetacionales. Sin embargo, es posible encontrar varios Sitios Prioritarios definidos en la Estrategia Regional de Biodiversidad (ver Figura 22).

**Figura 22: Áreas protegidas asociadas a las comunas de Marchigüe y Paredones.**



Fuente: Elaboración propia en base a IDE.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 48	

### 4.3 Fundamentación de metodologías de terreno

#### 4.3.1 Superficies de estudio PdR

##### 4.3.1.1 Incendios forestales

- **Definición de incendios en el contexto del PdR**

En base al informe elaborado por CONAF en su análisis de la afectación y severidad de los incendios forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía (2017), un 93% de las 518.174 há afectadas por los incendios forestales ocurridos entre el 01 de enero y 10 de febrero de 2017, corresponde a formaciones vegetales. La región del Maule fue la más afectada con un 54% de la superficie total quemada, le siguen las regiones de Biobío y O'Higgins con 19,2 y 17,4%, respectivamente (CONAF, 2017). El subuso de suelo más afectado fue el de plantaciones forestales, representando un 54,7% de la superficie total. La región del Maule concentra la mayor superficie con 185.877,6 há, principalmente de plantaciones de pino, seguida por la región de Biobío (60.280,3 ha) y O'Higgins (34.429) (CONAF, 2017). Respecto del subuso de suelo bosque nativo, se afectaron un total de 89.347 ha, equivalente al 17,24% del total quemado. El tipo forestal más afectado por los incendios es el Esclerófilo con 72.064,1 ha, donde un 48,4% se encuentra en la región de O'Higgins. En menor proporción se encuentra el tipo Forestal Roble – Hualo que representa un total de 11.832 ha afectadas, concentrándose el 97% del total en la región del Maule. Finalmente, la totalidad de la superficie de bosque nativo afectada alcanza el 1% del total nacional (CONAF, 2017) (información obtenida de propuesta metodológica PdR).

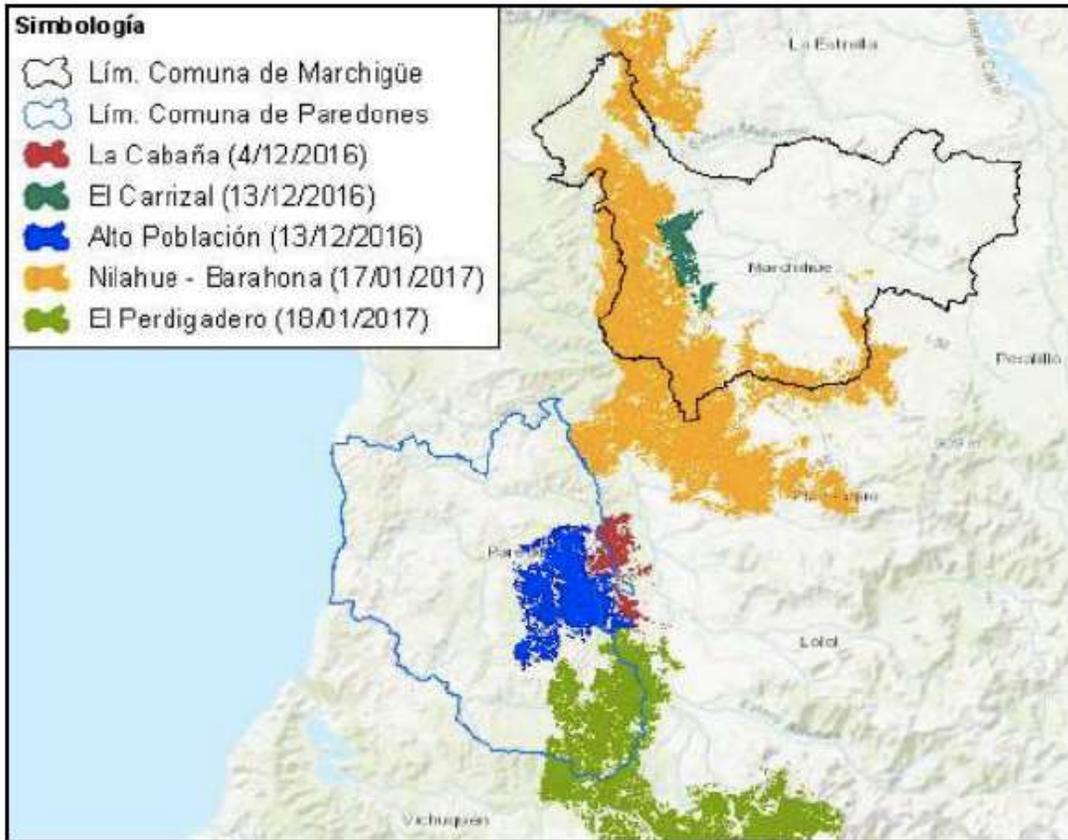
De conformidad a lo señalado en la propuesta metodológica para elaborar el PdR, los incendios donde se enfocarán los esfuerzos de restauración o reparación son:

- 1) Comuna de Marchigüe
  - i. Nilahue – Barahona
  - ii. El Carrizal
  
- 2) Comuna de Paredones
  - iii. La Cabaña
  - iv. Alto Población
  - v. El Perdigadero

En específico, en dicha propuesta se señala que durante los años 2016-2017 las comunas de Paredones y Marchigüe se vieron afectadas por incendios devastadores. En la comuna de Paredones, estos incendios ocurrieron en las localidades de “La Cabaña” (parte) a partir del 4 de diciembre de 2016, “Alto Población”, que se inició el 13 de diciembre de 2016 y “El Perdigadero” (parte), el cual se inició el 18 de enero de 2017. La comuna de Marchigüe por su parte fue afectada por los incendios en las localidades de “Nilahue-Barahona” (parte), que se inició el 17 de enero de 2017 y “El Carrizal”, a partir del 13 de diciembre de 2016.

En conformidad con lo anteriormente expuesto, la Figura 23 muestra la localización de la superficie afectada por incendios en las comunas de interés.

**Figura 23: Incendios relacionados con las Comunas de Paredones y Marchigüe.**



Fuente: Propuesta metodológica para elaboración del PDR.

Cabe mencionar que, de acuerdo con lo indicado en el PdR, los incendios forestales ocurridos durante la temporada 2016 y 2017 constituyen la mayor causa de la degradación de la vegetación natural registrada al interior de los sitios que formarán parte del proceso de restauración.

- **Superficies afectadas por incendios 2016 - 2017**

Mediante los antecedentes dispuestos por el PdR y solicitud de información oficial y actualizada a CONAF vía Ley de Transparencia (2020), se mapearon y calcularon las superficies afectadas por los incendios del verano 2016 – 2017, las que se detallan en Tabla 6 y Figura 24.

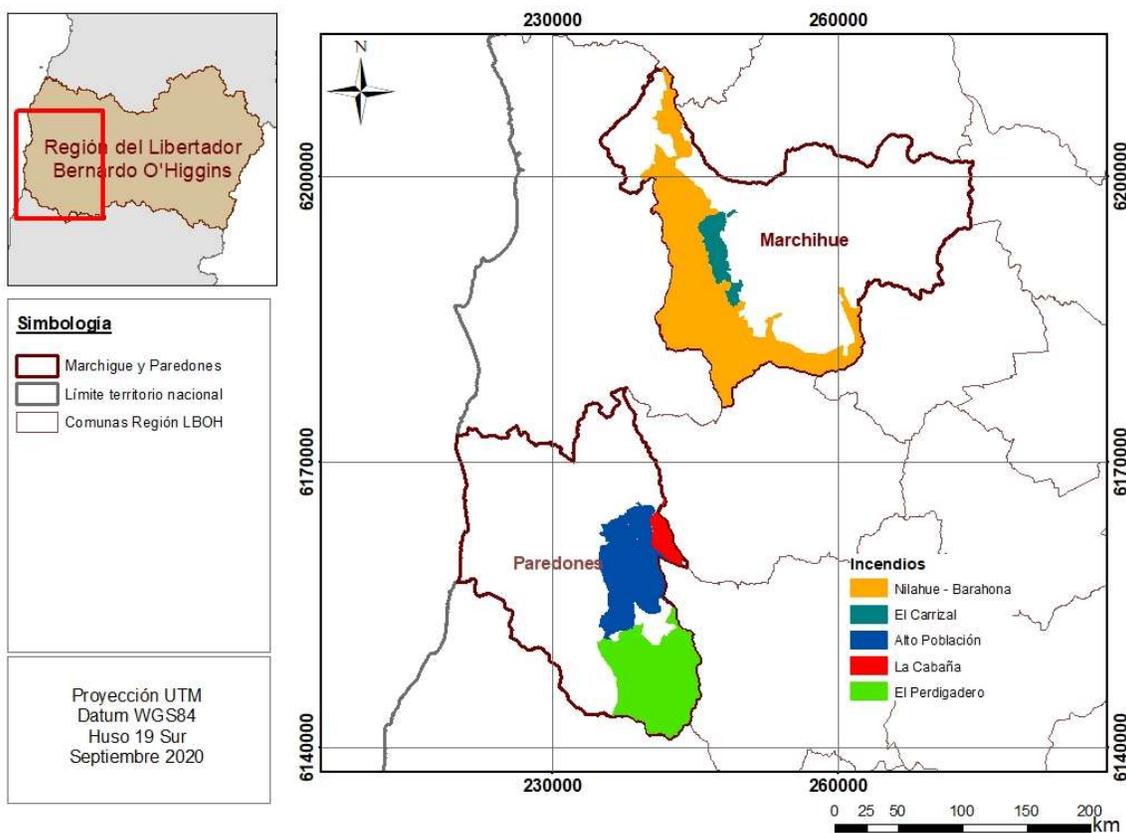
Se observa que la totalidad del área comprometida en los incendios fue de 36.603 ha, siendo el incendio de mayor extensión el denominado Nilahue – Barahona en la comuna de Marchigüe, que abarcó el 50% del total del área quemada en ambas comunas. Luego, se destaca el incendio de El Perdigadero en Paredones, que representa el 24% del total del área quemada, seguido por Alto Población en la misma comuna, con un 18%. Los incendios de menor extensión en las comunas de interés, corresponden a El Carrizal en Marchigüe, que representa el 5% del total del área estudiada, y La Cabaña en Paredones, que representa el 3%.

**Tabla 6: Cálculo de superficies siniestradas por incendios por comuna.**

Nombre incendio	Comuna	Área (ha)	%
Nilahue-Barahona	Marchigüe	18.298	50%
El Carrizal		1.857	5%
Alto Población	Paredones	6.724	18%
La Cabaña		966	3%
El Perdigadero		8.758	24%
<b>Total</b>		<b>36.603</b>	<b>-</b>

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

**Figura 24: Superficies siniestradas por incendios por comuna.**



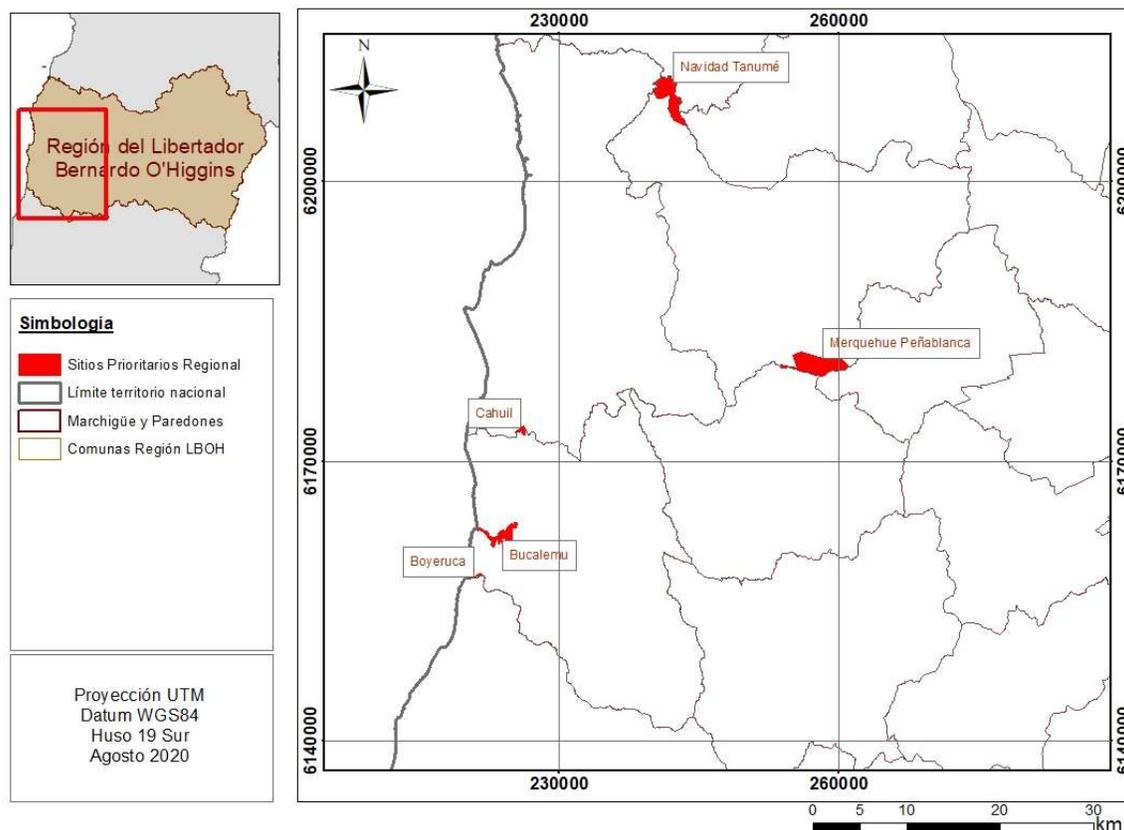
Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por CONAF (2020) por ley de transparencia.

#### 4.3.1.2 Sitios Prioritarios

La propuesta metodológica para elaboración del PdR, aprobada por el T.A., señala que deben incorporarse los Sitios Prioritarios definidos en la Estrategia Regional de Biodiversidad, tanto para ser considerados en la etapa de reparación, como en la etapa de selección de ecosistemas de referencia, esto último, en la medida que no se encuentren afectados.

A continuación, se muestran los Sitios Prioritarios que se localizan en las comunas de Marchigüe y Paredones de manera específica.

**Figura 25: Sitios Prioritarios según Estrategia Regional de Biodiversidad.**



Fuente: Elaboración propia en base a IDE.

A continuación, se recopila información secundaria sobre los Sitios antes indicados:

- **Navidad – Tanumé:** Corresponde a un Sitio Prioritario para la Estrategia Regional de Biodiversidad, el cual posee una superficie total de 20.171 ha. En la comuna de Marchigüe posee una extensión de unas 750 ha. Este sitio fue afectado por los incendios del verano del 2017 y presenta bosques esclerófilos, en particular posee formaciones de: Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre (*Lithrea caustica*) y Corcolón (*Azara integrifolia*), Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre (*Lithrea caustica*) y Peumo (*Cryptocarya alba*), Bosque esclerófilo mediterráneo interior de Litre (*Lithrea caustica*) y Boldo (*Peumus boldus*), Bosque espinoso mediterráneo costero de Espino (*Acacia caven*) y Maitén (*Maytenus boaria*).

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 52	

Este sitio se encuentra altamente intervenido por la actividad forestal, sin embargo, su carácter montañoso ha permitido que en las quebradas de alta pendiente se conserven fragmentos esclerófilos. Esta variedad de ambientes conlleva cambios en el microclima que a su vez se relaciona con la existencia de bosques hidrófilos en el sector de Tanumé, no obstante, las formaciones dominantes son el Bosque Esclerófilo Maulino y el Matorral Espinoso del Secano Costero. Tres sectores de interés se encuentran dentro del sitio. En el norte, cercano a Pupuya existen pequeños parches esclerófilos asociados a las laderas de exposición sur en una matriz de matorrales espinosos y monocultivos forestales y zonas agrícolas, en tanto en el centro hay grandes parches de densos renovales y matorrales arborescentes esclerófilos, mientras que en el sur, la biodiversidad se concentra en las quebradas abruptas, siendo quebrada Honda (Tanumé) especialmente significativa, conformando un sistema que en sus partes planas está constituida por monocultivos de pinos, dentro del cual existen también quebradas muy bien conservadas que pueden llegar a ser conectadas entre sí a través de corredores biológicos (ej. en el Centro Experimental Forestal Tanumé) (Serey y col., 2007).

Navidad-Tanumé Junto con constituir un centro de riqueza de plantas y anfibios contiene un número relevante de especies amenazadas: un ave, dos anfibios, un mamífero y 39 plantas, 10 de ellas En Peligro, de las cuales cinco son exclusivas (Serey y col., 2007).

- **Merquehue – Peñablanca:** Corresponde a un Sitio Prioritario para la Estrategia Regional de Biodiversidad, el cual posee una superficie total de 1.918 ha. En la comuna de Marchigüe posee una extensión de unas 950 ha. Este sitio fue afectado por los incendios del verano del 2017 y presenta bosques esclerófilos, en particular de la siguiente formación: Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre (*Lithrea caustica*) y Corcolén (*Azara integrifolia*). Este pequeño sitio es un gran fragmento de renoval denso y matorral arborescente esclerófilo. Fue seleccionado en la Estrategia Regional debido a su contribución a la protección del Bosque Esclerófilo Costero, escaso a nivel nacional. Es vecino sólo a los sitios de importancia secundaria "Cordón de San Miguel de las Palmas" y "Rinconada de Yáquil" (Serey y col., 2007).
- **Bucalemu:** Este terreno húmedo ha sido considerado como prioritario dado que presenta 12 especies de plantas amenazadas, de las cuales tres están En Peligro, una de ellas exclusiva, y nueve Vulnerables, de las cuales cuatro fueron detectadas sólo en esta área (Serey y col., 2007).
- **Boyeruca:** El Sitio Prioritario para la Estrategia de Biodiversidad de la región de O'Higgins denominado Boyeruca, posee una superficie de 16,21 ha y presenta bosque esclerófilo mediterráneo interior de Litre (*Lithrea caustica*) y Corcolén (*Azara integrifolia*). Este Sitio corresponde a terrenos húmedos caracterizados como prioritarios debido a la posible presencia de siete especies de aves amenazadas, constituyendo un centro de riqueza, ya que presenta características de hábitats ideales para este grupo biológico (Serey y col., 2007).

#### 4.3.1.3 Sitios de Reparación Temprana

Además de enfocar la reparación a la vegetación nativa, el PdR indica que se deben incluir “sitios de reparación temprana” (“SRT”) para la conservación, donde se deben implementar acciones en las primeras fases del PdR, una vez obtenida la aprobación del Plan por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente y contando con los permisos pertinentes.

De acuerdo con lo indicado en el PdR, los SRT deben incluir SP a nivel regional, los cuales se encuentran incluidos en la Tabla 7.

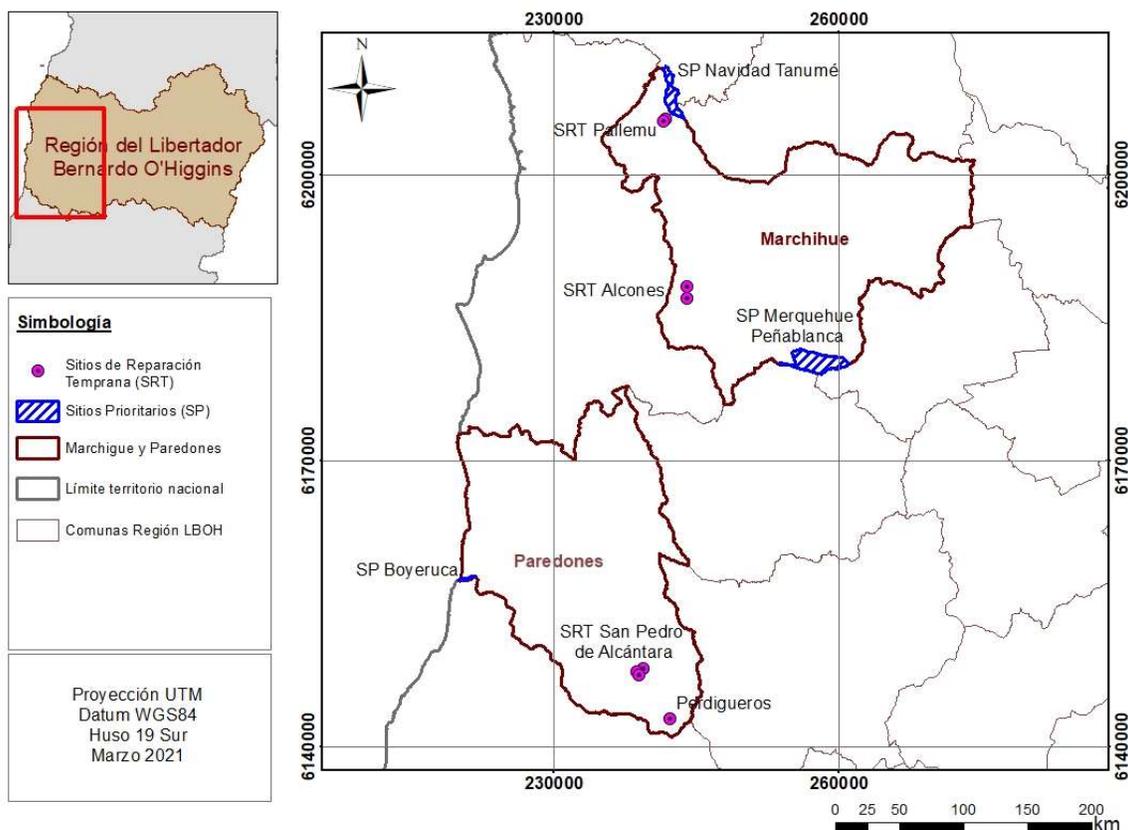
Se identifican tres de este tipo de sitios en Marchigüe y dos en Paredones. Además, el PdR indica que en Paredones se debe complementar con, al menos, un sitio adicional a los que se mencionan en la Tabla 7.

**Tabla 7: Sitios de Reparación Temprana (SRT) indicadas en el PdR y sus superficies.**

Sitios Marchigüe		Sup. (ha)
Alcones: Quebrada San Miguel de Palmar	Bosque nativo	11,3
	Matorral	68,0
Pailemu	Bosque nativo	4,0
	Matorral	20,7
Sitio prioritario	Navidad Tanumé	436,0
	Merquehue Peñablanca	954,0
<b>Total Marchigüe</b>		<b>1.494,0</b>
Sitios Paredones		Sup. (ha)
San Pedro de Alcántara	Bosque nativo de Petra	12,5
	Bosque esclerófilo de quebrada	7,0
	Matorral	16,0
Sitio prioritario	Boyeruca	16,0
Sitio adicional	A definir	A definir
<b>Total Paredones</b>		<b>51,5</b>

Fuente: Elaboración propia en base a PDR.

**Figura 26: Localización de Sitios de Reparación Temprana (SRT) indicados en el PdR.**



Fuente: Elaboración propia en base a propuesta de PdR.

A continuación, se presenta una descripción resumida de estos sitios, levantados en el marco de la propuesta metodológica de PdR (año 2019), con el fin de verificar en terreno el estado que presentaban las cubiertas vegetales nativas que fueron afectadas por los incendios.

- **SRT Marchigüe**

**Alcones: Quebrada San Miguel de Palmar**

**Bosque nativo**

En su configuración nativa presenta dominancia de Quillay (*Quillaja saponaria*), Boldo (*Peumus boldus*), Litre (*Lithrea caustica*) Maitén (*Maytenus boaria*), Peumo (*Cryptocarya alba*), Pelú (*Sophora macrocarpa*) y Espino (*Acacia caven*), con cobertura semidensa y altura entre 5 y 10 m, ubicada en fondo de quebrada.

En terreno, se observó erosión severa del suelo, dominancia de Litre como especie colonizadora, acompañada de ejemplares de Quila e individuos quemados de Boldo y Pino.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 55	

### Matorral

Corresponde a una formación que se presenta en la parte baja de la ladera, donde sus especies principales son Litre (*Lithrea caustica*), Peumo (*Cryptocarya alba*), Bollén (*Kageneckia oblonga*) y Espino (*Acacia caven*). Entre las especies arbustivas domina la Chilca (*Baccharis linearis*). Se configura como una formación de matorral arborescente, con una cobertura abierta que limita con plantaciones de Eucaliptus (*Eucalyptus globulus*), con alturas entre 2 a 5 m.

En terreno, se observó que la formación se caracteriza por la presencia de Pino y Eucaliptus, donde las formaciones nativas están confinadas a quebradas y a terrenos planos o de baja ladera, formaciones altamente intervenidas con presencia de especies exóticas invasoras, las cuales son colonizadoras en la situación post incendio y son las de mayor regeneración y crecimiento, junto a especies nativas como Litre, Romerillo y Culén. Se observa regeneración de Acacias, Romerillo, Eucaliptus y Pino (desde semillas). Además, en todo el recorrido por la cuenca del estero San Miguel no se encontró Presencia de Palma chilena, que permitiera determinar zonas con este tipo forestal. Sólo se observó una Palma en la antigua casa patronal de "Palmas Las Casas".

### **Pailemu**

#### Bosque nativo

Corresponde a una unidad de quebrada, con presencia de Quillay (*Quillaja saponaria*), Molle (*Schinus latifolius*), Boldo (*Peumus boldus*), Maqui (*Aristolelia chilensis*), Litre (*Lithrea caustica*), Peumo (*Cryptocarya alba*) y especies de crecimiento tipo lianas como *Cissus striada*, *Lardizabala biternata* y *Muehlenbeckia hastulata*. La altura del estrato arbóreo se encuentre entre 10 y 15 m y cobertura de copa entre 75 y 100%. En Pailemu, constituyen bosques relictos que perduran junto a zonas de cultivos y plantaciones forestales.

En la prospección a terreno se observa el bosque nativo se encuentra en área quemada de plantaciones de *Pinus radiata* asociado a quebradas donde cumplen una función de protección y conservación de la flora costera. Se observan partes aéreas quemadas, donde post incendio prevalecen ejemplares de Zarzamora (*Rubus ulmifolius*) y Maqui (*Aristolelia chilensis*), así como regeneración natural de Quillay (*Quillaja saponaria*), Boldo (*Peumus boldus*) y Culén (*Psoralea glandulosa*).

### Matorral

Corresponden a formaciones arbustivas en zonas de baja ladera de serranías plantadas con pino. Las especies principales son Chilca (*Baccharis linearis*), Boldo (*Peumus boldus*), Espino (*Acacia caven*), Tevo (*Retanilla trinervis*) y Quila (*Chusquea quila*), en una matriz de pastos anuales.

En terreno, se observa un matorral regenerado post-incendio, específicamente de Quila (*Chusquea quila*) y especies arbóreas, como Boldo (*Peumus boldus*) y Espino (*Acacia caven*). En general, en la zona predomina un paisaje de plantaciones de Pino y Eucaliptus, cultivos de secano y praderas anuales, donde se insertan asociados a quebradas los bosques nativos y matorral esclerófilo que fueron quemados, cuya regeneración se caracteriza por especies nativas pioneras como Boldo (*Peumus boldus*), Culén (*Psoralea glandulosa*) y Maqui (*Aristolelia chilensis*), con agresividad de especies exóticas invasoras como Zarzamora (*Rubus ulmifolius*) y especies nativas con alto poder invasor como la Quila (*Chusquea quila*). A diferencia de las demás zonas, existe una presencia importante de Quillay (*Quillaja saponaria*), tanto de individuos que fueron quemados, como regeneración de monte bajo, constituyendo tanto el bosque como el matorral.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 56	

### Navidad Tanumé

Corresponde a un Sitio Prioritario para la Estrategia Regional de Biodiversidad, el cual posee una superficie total de 20.171 ha. En la comuna de Marchigüe posee una extensión de unas 750 ha. Este sitio fue afectado por los incendios del verano del 2017 y presenta bosques esclerófilos, en particular de las siguientes formaciones:

- Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre (*Lithrea caustica*) y Corcolén (*Azara integrifolia*).
- Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre (*Lithrea caustica*) y Peumo (*Cryptocarya alba*).
- Bosque esclerófilo mediterráneo interior de Litre (*Lithrea caustica*) y Boldo (*Peumus boldus*).
- Bosque espinoso mediterráneo costero de Espino (*Acacia caven*) y Maitén (*Maytenus boaria*).

Este sitio se encuentra altamente intervenido por la actividad forestal, sin embargo, su carácter montañoso ha permitido que en las quebradas de alta pendiente se conserven fragmentos esclerófilos. Esta variedad de ambientes conlleva cambios en el microclima que a su vez se relaciona con la existencia de bosques hidrófilos en el sector de Tanumé, no obstante, las formaciones dominantes son el Bosque Esclerófilo Maulino y el Matorral Espinoso del Secano Costero. Tres sectores de interés se encuentran dentro del sitio. En el norte, cercano a Pupuya existen pequeños parches esclerófilos asociados a las laderas de exposición sur en una matriz de matorrales espinosos y monocultivos forestales y zonas agrícolas, en tanto en el centro hay grandes parches de densos renovales y matorrales arborescentes esclerófilos, mientras que en el sur, la biodiversidad se concentra en las quebradas abruptas, siendo quebrada Honda (Tanumé) especialmente significativa, conformando un sistema que en sus partes planas está constituida por monocultivos de pinos, dentro del cual existen también quebradas muy bien conservadas que pueden llegar a ser conectadas entre sí a través de corredores biológicos (ej. en el Centro Experimental Forestal Tanumé) (Serey y col., 2007).

### Merquehue Peñablanca

Corresponde a un Sitio Prioritario para la Estrategia Regional de Biodiversidad, el cual posee una superficie total de 1.918 ha. En la comuna de Marchigüe posee una extensión de unas 950 ha. Este sitio fue afectado por los incendios del verano del 2017 y presenta bosques esclerófilos, en particular de la siguiente formación:

- Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre (*Lithrea caustica*) y Corcolén (*Azara integrifolia*).

Este pequeño sitio es un gran fragmento de renoval denso y matorral arborescente esclerófilo. Fue seleccionado en la Estrategia Regional debido a su contribución a la protección del Bosque Esclerófilo Costero, escaso a nivel nacional. Es vecino sólo a los sitios de importancia secundaria "Cordón de San Miguel de las Palmas" y "Rinconada de Yáquil".

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 57	

- **SRT Paredones**

### **San Pedro de Alcántara**

#### Bosque nativo de Petra

Formación vegetacional originaria dominada por Petra (*Myrceugenia exsucca*), cuyos individuos alcanzan 10 a 15 m de altura y 50 y 60 cm de diámetro, con follaje siempre verde y hojas coriáceas. Corresponden a remanentes, donde dominan Petra, Canelo (*Drimys winteri*), Temú (*Blepharocalyx cruckshanksii*), Voqui (*Cissus striata*), Coile (*Lardizabala biternata*) y Quilo (*Muhlenbeckia thamnifolia*).

Este bosque es higrófilo y de fondo de quebrada (denominada “Las Papas”), de suelos húmedos, de suelos de mal drenaje y bajo valor agrícola. Posee una extensión aproximada de 2,6 km, con un ancho promedio de 100 m. Los ejemplares de Petra después de ser cortados son capaces de regenerarse a partir de tocones y formar raíces adventicias suculentas, que nacen desde ramas sumergidas en el período de anegamiento.

En terreno ejecutado se observaron algunos individuos de Petra en pie, con una cobertura de sotobosque con regeneración de Boldo, Culén y Zarzamora.

#### Bosque esclerófilo de quebrada

Corresponde en forma original a la vegetación esclerófila ripariana, compuesta por una cobertura arbórea y arbustiva nativa de especies como Quillay (*Quillaja saponaria*), Boldo (*Peumus boldus*), Litre (*Lithrea caustica*), Maitén (*Maytenus boaria*), Peumo (*Cryptocarya alba*), Pelú (*Sophora macrocarpa*), Chilca blanca (*Baccharis salicifolia*), Culén (*Psoralea glandulosa*) y Tevo (*Retanilla trinervis*). Acompañadas de especies invasoras de Aromo (*Acacia dealbata*) y Acacia negra (*Acacia melanoxylon*). Asimismo, se presentan especies nativas como el Espino (*Acacia caven*) y otros arbustos espinosos que se han desarrollado debido a los largos periodo de sequía y ausencia de caudales en las quebradas, entorno a las cuales se forman, llegando a tener alturas promedio de 10 a 15 m, con cobertura de copa entre 50 y 75%.

En terreno ejecutado se observó aún el cambio de color en el suelo e individuos quemados en pie de Acacias, así como la regeneración de la misma especie (2 a 3 m de altura), y Quila, Pelú, Culén y Litre.

#### Matorral esclerófilo

Esta formación se ubica en las zonas de baja laderas, y en su configuración original corresponde a una formación esclerófila arbustiva compuesta por especies como Litre (*Lithrea caustica*), Tevo (*Trevoa trinervis*), Boldo (*Peumus boldus*), Bollén (*Kageneckia oblonga*), Chilca (*Baccharis linearis*) y Quila (Chusquea quila). Son formaciones abiertas que limitan con plantaciones de Eucaliptus y Pinos, y cuya propagación de individuos provenientes de las plantaciones las asimila con el tiempo. Son formaciones con cobertura entre 25 y 50% y altura entre 2 a 5 m.

Conforme a la información levantada en terreno en el PdR, se observa una recuperación del matorral, especialmente de las especies más pirófilas, como el Litre, la Puya, Crucero y Quila. La zona se caracteriza por un paisaje con predominancia de plantaciones de Pino (*Pinus radiata*) y Eucaliptus (*Eucalyptus globulus*), en cuya matriz, y confinado a quebradas, se encuentran bosques y matorrales nativos, los cuales, al igual que las plantaciones, fueron en su mayor parte consumidas por los incendios. Estos bosques se encuentran en proceso de regeneración vegetativa, en el cual las

especies invasoras, como Zarzamora (*Rubus ulmifolius*), son dominantes en las laderas de serranía. Se evidencian procesos de erosión severa, como impacto directo en el suelo y colmatación por sedimentos en las quebradas.

### Boyeruca

El Sitio Prioritario para la Estrategia de Biodiversidad de la región de O'Higgins denominado Boyeruca, posee una superficie de 16,21 ha y presenta bosque esclerófilo mediterráneo interior de Litre (*Lithrea caustica*) y Corcolén (*Azara integrifolia*).

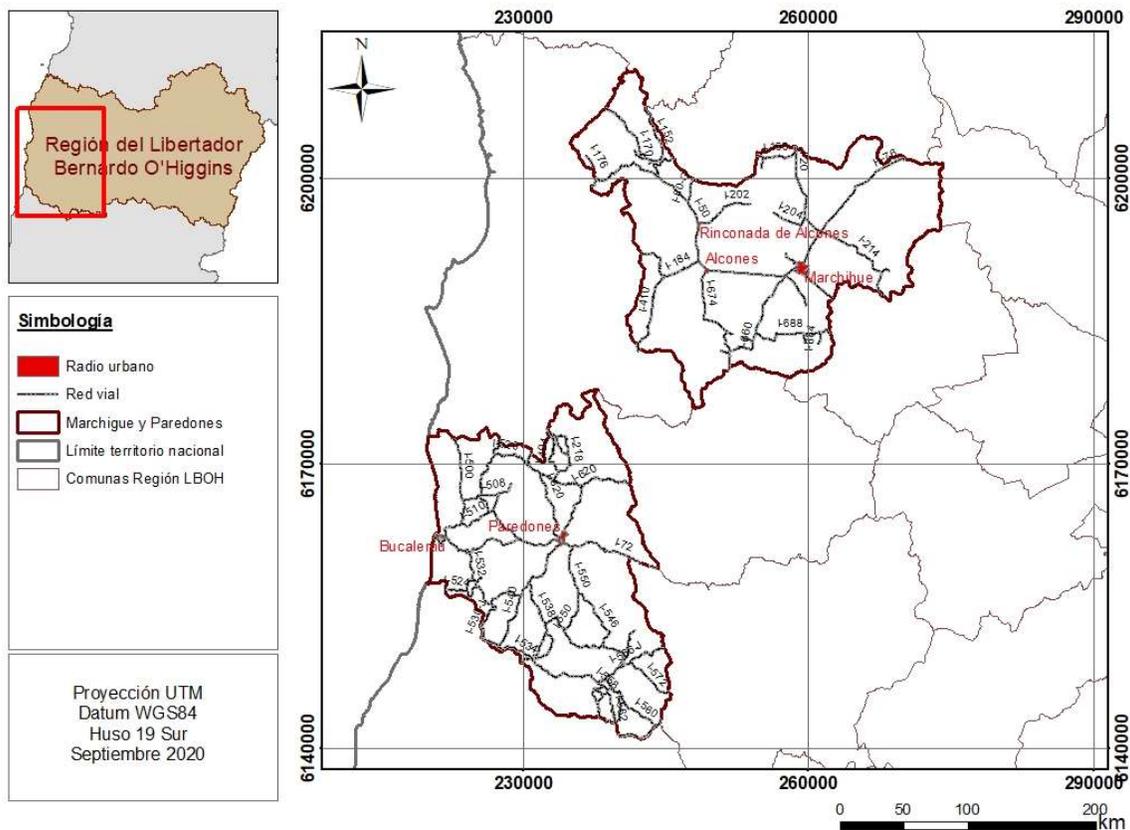
Este Sitio corresponde a terrenos húmedos caracterizados como prioritarios debido a la posible presencia de siete especies de aves amenazadas, constituyendo un centro de riqueza, ya que presenta características de hábitats ideales para este grupo biológico (Serey y col., 2007).

#### 4.3.1.4 Cuencas visuales y accesibilidad

De acuerdo con lo indicado en la propuesta metodológica del PdR, y dado que se busca integrar a la comunidad local en el proceso de restauración, la selección de sitios debe procurar que éstos sean suficientemente accesibles y visibles para generar el impacto social deseado.

Primeramente, se identificaron las rutas de acceso enroladas a las áreas de interés y áreas urbanas (localidades), las que se encuentran en la Figura 27.

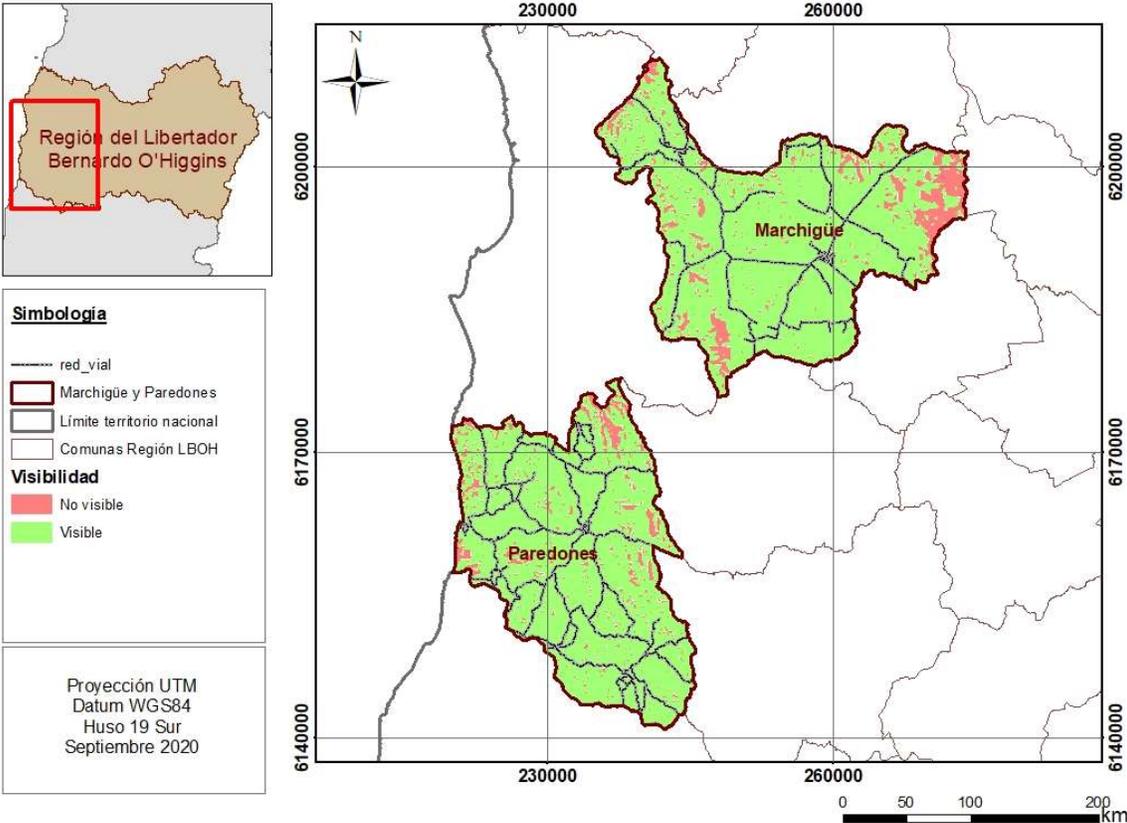
**Figura 27: Rutas de acceso y localidades comunas de Marchigüe y Paredones.**



Fuente: Elaboración propia en base a CEDEUS (2020), Red Vial Nacional de Chile (MOP).

Para evaluar sitios de mayor accesibilidad e impacto social, en la siguiente Figura 28 se modelaron las cuencas visuales de las principales rutas en las comunas bajo estudio. Mediante este análisis se observa que la mayoría del territorio de la comuna de Marchigüe (89%) y Paredones (93%) son visibles desde las rutas enroladas bajo estudio. Esto se debería a la relativamente baja pendiente que existe y existencia de caminos enrolados que conectan estas comunas.

**Figura 28: Visibilidad del territorio bajo estudio mediante modelación de cuencas visuales.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2 Plan de muestreo

Una vez definida el área de estudio, se elaboró una grilla de muestreo representativa considerando además los caminos de accesos y factibilidad de desarrollar acciones de restauración en función de visitas preliminares del equipo de trabajo.

Mediante un muestreo aleatorio se elaboró el Plan de trabajo para muestreo primavera – verano 2020/2021 (Mes 1, noviembre 2020; Mes 2, diciembre 2020; Mes 3, enero 2021). Se seleccionó esta época al ser representativa de los máximos de diversidad biológica en la zona central, donde los organismos tienden a exhibir mayor actividad debido a procesos de reproducción y dispersión.

Se revisó información bibliográfica científica y técnica para determinar las variables clave a levantar en terreno, suficiente para elaborar las medidas específicas del Plan.

En base a los puntos desarrollados anteriormente y visitas inspectivas realizadas en la primera etapa del diagnóstico, se elaboraron fichas de terreno ajustadas para levantamiento de información.

#### 4.3.3 Programación muestreo

Como se comentó anteriormente, se presupuestó la realización de las campañas en época de primavera - verano, de máxima diversidad en ecosistemas mediterráneos de Chile Central, considerando para ello el siguiente plan de muestreo:

**Tabla 8: Programación de muestreo 2020-2021.**

Puntos muestreo	Noviembre				Diciembre				Enero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Muestreo Paredones												
Muestreo Marchigüe												

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que, por razones climáticas asociadas a fuertes lluvias a fines de enero, la última campaña se desplazó para la primera quincena de febrero. Pese a dicho cambio, las campañas fueron ejecutadas dentro del período programado.

#### 4.3.4 Localización del muestreo

Se definieron 72 puntos de muestreo a través de una grilla aleatoria, ajustada en relación con los accesos a los diferentes puntos. En la Tabla 9 y Figura 29 se muestra la localización georreferenciada de estos puntos propuestos.

Dada la aleatoriedad del muestreo, no se definieron puntos control *a priori*, con el fin de identificar en terreno sectores prístinos para dichos fines. Una vez ejecutado el terreno se determinaron la posibilidad de establecer puntos control para los fines del presente estudio.

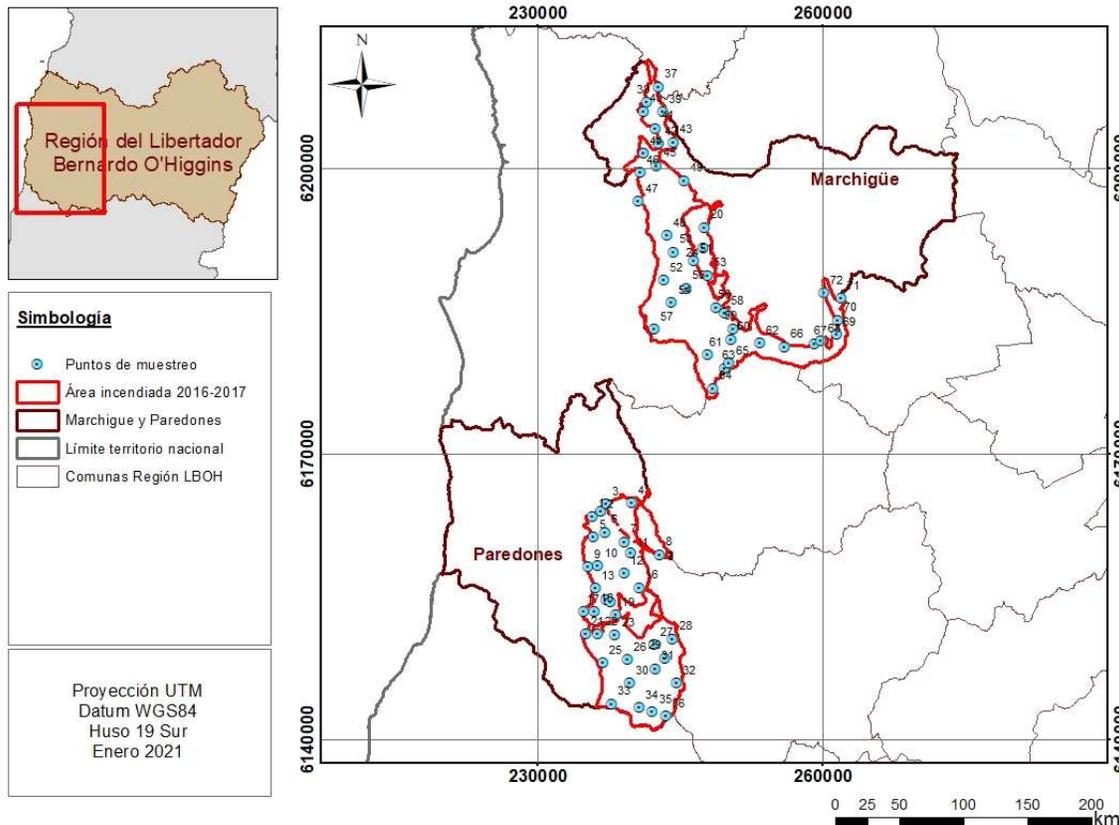
**Tabla 9: Puntos de muestreo.**

ID	Comuna	Coord. UTM WGS 84 H19		ID	Comuna	Coord. UTM WGS 84 H19	
		E	S			E	S
1	Paredones	235.964	6.163.386	37	Marchigüe	242.909	6.208.633
2	Paredones	236.823	6.163.886	38	Marchigüe	241.642	6.206.957
3	Paredones	237.358	6.164.721	39	Marchigüe	243.273	6.205.946
4	Paredones	240.087	6.164.803	40	Marchigüe	241.276	6.206.014
5	Paredones	236.032	6.161.196	41	Marchigüe	242.518	6.204.234
6	Paredones	237.227	6.161.721	42	Marchigüe	242.906	6.202.590
7	Paredones	239.315	6.160.706	43	Marchigüe	244.468	6.202.792
8	Paredones	242.942	6.159.381	44	Marchigüe	241.353	6.201.583
9	Paredones	235.509	6.158.069	45	Marchigüe	242.692	6.200.321
10	Paredones	236.524	6.158.207	46	Marchigüe	240.923	6.199.580
11	Paredones	239.964	6.159.574	47	Marchigüe	240.785	6.196.570
12	Paredones	239.312	6.157.409	48	Marchigüe	243.804	6.192.952
13	Paredones	236.263	6.155.820	49	Marchigüe	245.535	6.198.718
14	Paredones	237.334	6.154.654	50	Marchigüe	244.409	6.191.196
15	Paredones	237.826	6.154.429	51	Marchigüe	246.600	6.190.262
16	Paredones	240.877	6.155.917	52	Marchigüe	243.434	6.188.279
17	Paredones	235.021	6.153.382	53	Marchigüe	247.988	6.188.757
18	Paredones	236.110	6.153.402	54	Marchigüe	244.275	6.185.905
19	Paredones	238.359	6.153.057	55	Marchigüe	245.740	6.187.397
20	Marchigüe	247.683	6.193.821	56	Marchigüe	248.911	6.185.389
21	Paredones	235.248	6.151.016	57	Marchigüe	242.459	6.183.069
22	Paredones	236.524	6.150.992	58	Marchigüe	249.803	6.184.754
23	Paredones	238.329	6.150.876	59	Marchigüe	250.738	6.183.125
24	Marchigüe	247.620	6.191.602	60	Marchigüe	250.500	6.182.039
25	Paredones	237.070	6.147.958	61	Marchigüe	248.013	6.180.374
26	Paredones	239.660	6.148.350	62	Marchigüe	253.500	6.181.636
27	Paredones	242.452	6.149.892	63	Marchigüe	249.860	6.179.025
28	Paredones	243.601	6.148.488	64	Marchigüe	248.623	6.176.880
29	Paredones	244.387	6.150.515	65	Marchigüe	250.325	6.179.517
30	Paredones	239.864	6.145.857	66	Marchigüe	256.143	6.181.222
31	Paredones	242.560	6.147.386	67	Marchigüe	259.251	6.181.570
32	Paredones	244.790	6.145.844	68	Marchigüe	259.978	6.181.866
33	Paredones	237.916	6.143.665	69	Marchigüe	261.593	6.182.510
34	Paredones	240.837	6.143.247	70	Marchigüe	261.749	6.184.066
35	Paredones	242.257	6.142.848	71	Marchigüe	262.090	6.186.334
36	Paredones	243.681	6.142.405	72	Marchigüe	260.288	6.186.890

Fuente: Elaboración propia.

Cabe hacer notar que dos puntos ubicados en la comuna de Paredones han sido reubicados en la comuna de Marchigüe (puntos 20 y 24), debido a la mayor extensión y diversidad de sitios en ésta en comparación a la comuna de Paredones. Finalmente, cabe mencionar que el punto 61 de la comuna de Marchigüe no contaba con acceso ni posible acercamiento para realización de vuelo dron, por lo cual no fue posible realizar el trabajo en dicho punto.

**Figura 29: Localización Puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.5 Representatividad del muestreo

Se diseñó una grilla de muestreo al azar que cubriera la totalidad del área de estudio, distribuida sobre los ecosistemas de interés, es decir, bosque y matorral nativo. En cada punto se aplicó la metodología que describe en el punto 4.3.6 del presente informe, la cual varía según cada componente del medio.

Las formaciones fueron caracterizadas en cada punto y extrapoladas sus configuraciones de acuerdo con los resultados de procesamientos de vuelos de dron.

En la comuna de Marchigüe se volaron en promedio 200 ha por punto de muestreo, sumando un aproximado de 7.200 hectáreas, lo que representa el 35% del área total afectada por incendios forestales 2016-2017.

En la comuna de Paredones se volaron en promedio 225 ha por punto de muestreo, sumando un aproximado de 8.100 hectáreas, lo que representa el 49% del área total afectada por incendios forestales 2016-2017.

#### 4.3.6 Levantamiento de información en terreno

##### 4.3.6.1 Generalidades

Se identificó el sitio de muestreo de manera general, levantando la siguiente información:

- Localización georreferenciada
- Registro fotográfico
- Accesos
- Tiempo meteorológico
- Uso del entorno (agrícola, ganadero, forestal, natural, urbano).
- Forma del terreno (plano, cóncavo, convexo, ondulado)
- Exposición
- Pendiente

##### 4.3.6.2 Vuelos dron

En los puntos de muestreo se realizaron vuelos en dron dirigidas sobre la vegetación nativa y zonas de acceso restringido, principalmente fondos de quebradas. La información levantada mediante estos vuelos permite generar extrapolaciones de muestreos puntuales sobre la vegetación a un territorio más extenso.

##### 4.3.6.3 Uso del suelo (territorio)

Se identificaron de las principales actividades antrópicas que se desarrollan a nivel de territorio. Para el sitio de estudio, se destaca la actividad forestal, agrícola y ganadera. Secundariamente, la presencia de poblados de mediana y baja magnitud.

Se determinaron además la cercanía a cuerpos de agua (estancado o de escurrimiento superficial), su origen (natural o antrópico), ancho del sistema y su velocidad estimada.

##### 4.3.6.4 Suelo y erosión

Se obtuvieron características cuanti y cualitativas del suelo, las que se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 10: Suelo y erosión.**

Parámetro	Metodología
Profundidad	Rangos de profundidad del suelo en cm
Tipo de suelo	Ñadis, trumao, arenal, metamórfico, granítico u otro.
Textura	Terroso, rocoso, arenoso, orgánico, acuoso u otro.
Nivel de compactación	Alta: suelos duros. Media: condición intermedia de compactación. Baja: suelos de resistencia mecánica.
Nivel de permeabilidad	Alta: evidencia de drenaje sub-superficial. Media: condición alterada de la impermeabilidad del terreno en grado intermedio. Baja: evidencias de escurrimientos superficiales.

Parámetro	Metodología
Erosión	Alta: se observan procesos erosivos a gran escala, como deslizamientos y cárcavas. Media: procesos erosivos locales, suelos desnudos, escurrimientos superficiales, pérdida de capa vegetal, etc. Baja: no se evidencian procesos de erosión.
Elementos del suelo	Identificación de elementos tales como cenizas, hojarasca, materia orgánica, basura entre otros.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.6.5 Condición biológica

- **Vegetación y flora**

La metodología de estudio de la vegetación se basó en la evaluación de su estado actual considerando coberturas, estructura de la vegetación (herbáceas, leñosas o suculentas) y dominancias, mediante descripción de variables semi-cuantitativas y cualitativas.

En cada punto de muestreo se recorrió a pie una extensión de al menos 500 m lineales para el levantamiento de los atributos antes mencionados.

Se consideraron los siguientes rangos como porcentaje de suelo cubierto por la proyección vertical de cada tipo biológico en relación con la superficie total de la unidad cartográfica:

- Muy escasa: 1-5 %
- Escasa: 5-10 %
- Muy clara: 10-25 %
- Clara: 25-50 %
- Poco densa: 50-75 %
- Densa: 75-90 %
- Muy densa: 90-100 %

Las especies vegetales fueron clasificadas en cuatro tipos biológicos:

- Herbáceas (H).
- Leñosas Bajas (LB), arbustos cuyo tamaño no excede los 2 m de altura.
- Leñoso Alto (LA), árboles cuyo tamaño excede los dos metros de altura.
- Suculentas cactáceas y bromeliáceas (S).

La descripción de la vegetación incluyó la definición de especies dominantes, que corresponden a plantas que presentan el mayor porcentaje de cobertura en cada sector.

El procedimiento de muestreo consideró los siguientes pasos:

Complementariamente al diagnóstico de la vegetación, se realizaron vuelos en dron para poder determinar la localización de las unidades vegetacionales nativa, en particular, poder definir los patrones de localización del matorral y el bosque nativo en el área de estudio. La información levantada en cada punto fue extrapolada mediante los resultados del vuelo en dron y fotointerpretación mediante imágenes satelitales.

Se estudió la composición de la flora mediante Transectos de Paso, que consiste en un método que permite evaluar la calidad y cantidad de especies presentes en el área de estudio a través de la demarcación de transectos. Para cada transecto definido se recorre un total de 100 pasos, dentro

de este recorrido, cada dos pasos se registran las especies que coinciden con la muesca del zapato (con el cual se ha iniciado el transecto) o también con un anillo censador (anillo de 2 cm de diámetro, soldado a una varilla perpendicularmente). El número de individuos por especies se determina promediando la suma de individuos registrados por transecto (Wilber, 2005).

A través de la ejecución de los transectos, se determinó la presencia o ausencia de flora no vascular, hongos, protozoos, vigorosidad de los ejemplares y posibles agentes patógenos sobre éstas, como hongos, insectos o cualquier plaga que pueda estar afectando la sobrevivencia de los ejemplares vegetales.

- **Fauna**

Se realizarán microruteos en las áreas donde existan hábitats potenciales de individuos de fauna, y se ejecutarán transectas para identificación directa de ejemplares e indirectas (presencia de cuevas, huellas, nidos, fecas, etc.). La metodología permitirá determinar presencia/ausencia de fauna conforme a los diferentes grupos biológicos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), por tipo de ecosistema.

#### 4.3.6.6 Patrones de recuperación natural

En cada sector que se muestreó se identificaron los patrones de recuperación o regeneración natural presente en la vegetación de acuerdo con las definiciones que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 11: Patrones de recuperación natural**

Parámetro	Metodología
Tasa de regeneración	Baja: no se observan rebrotes en los ejemplares afectados. Las herbáceas no se encuentran desarrolladas. Media: Se observan rebrotes en aproximadamente la mitad de los ejemplares. Las herbáceas poseen una cobertura media. Alta: Se observan rebrotes de manera generalizada. Las herbáceas se desarrollan en zonas de exposición.
Estado del estrato arbóreo dominante	Identificar si el estrato arbóreo presenta follaje quemado.
Germinación de especies	Se registran plántulas y cobertura.
Patrones de reclutamiento	Indicar patrón de reclutamiento de plántulas (debajo de dosel, bajo piedras, material leñosos, etc.)
Regeneración vegetativa	Indicar especies que presentan regeneración.
Floración de especies	Indicar especies que presentan floración.
Especies invasoras	Determinación de especies exóticas invasoras. Cobertura y dominancia.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se evaluó el efecto del fuego sobre la vegetación (Brown & Smith 2000) considerando diferentes niveles de severidad del efecto del fuego- En la siguiente figura se muestra la tabla de evaluación de Brown & Smith (2000), actualizada a la condición de bosque y matorral esclerófilo y xerófito del área de estudio.

**Tabla 12: Análisis de severidad de incendios forestales.**

<b>Parámetro</b>	<b>Metodología</b>
Severidad del efecto del fuego	Fuegos de sotobosque: los incendios generalmente no matan a la vegetación dominante ni tampoco cambian sustancialmente su estructura. Afecta la vegetación de baja altura: especies de matorral y herbáceas.
	Fuegos de reemplazo: los incendios destruyen las estructuras aéreas de la vegetación dominante, cambiando la estructura vegetacional sustancialmente. Se observa quema del estrato arbóreo, principalmente especies dominantes del bosque esclerófilo.
	Fuegos de severidad heterogénea: la severidad del fuego causa mortalidad selectiva en la vegetación dominante, dependiendo de la susceptibilidad de las diversas especies vegetales al fuego, variando entre incendios de reemplazo y sotobosque.
	Sin regímenes de fuego: nula o poca ocurrencia de incendios.

Fuente: Elaboración propia (Brown & Smith 2000).

#### 4.3.6.7 Ficha de terreno

<b>FICHAS DE TERRENO PUNTO DE MUESTREO:</b>
---

<b>Responsable:</b>		<b>Fecha:</b>					
<b>Ubicación (Coordenadas UTM, Datum WGS 84, Huso 19):</b>			<b>Hora</b>	<b>Inicio:</b>			
<b>E:</b>	<b>S:</b>		<b>Fin:</b>				
<b>Altitud:</b>			<b>Foto:</b>				
<b>Acceso:</b>							
<b>Tiempo meteorológico:</b>							
<b>Despejado</b> __	<b>Nublado Parcial</b> __	<b>Nublado</b> __	<b>Nebolina</b> __	<b>Otro:</b>			
<b>Uso del entorno:</b>							
<b>Agrícola</b> __	<b>Ganadero</b> __	<b>Forestal</b> __	<b>Natural</b> __	<b>Urbano (denso)</b> __	<b>Urbano (disperso)</b> __	<b>Otro:</b>	
<b>Forma del terreno:</b>							
<b>Plano</b> __	<b>Cóncavo</b> __	<b>Convexo</b> __	<b>Ondulado</b> __	<b>Otro:</b>			
<b>Exposición:</b>		<b>Pendiente:</b>	0% __	<25% __	25-45% __	45-60% __	>60% __
<b>C.Agua:</b> SI NO	<b>Lótico</b> __	<b>Léntico</b> __	<b>Antrópico</b> __	<b>Natural</b> __	<b>Ancho (m):</b>	<b>Vel. (m/s):</b>	

<b>Prof. Suelo (cm):</b>	0-10 __	10-25 __	25-50 __	50-75 __	75-100 __	>100 __	
<b>Tipo de Suelo:</b>	Ñadis __	Trumao __	Arenal __	Metamórfico __	Granítico __	<b>Otro:</b>	
<b>Textura:</b>	Terroso __	Rocoso __	Arenoso __	Orgánico __	Acuoso __	<b>Otro:</b>	
<b>Compactación:</b>	Alta __	Media __	Baja __	<b>Permeabilidad:</b>	Alta __	Media __	Baja __
<b>Erosión:</b>	Alta __	Media __	Baja __	<b>Cárcavas:</b>	Presente __	Ausente __	
<b>Elementos:</b>	Cenizas __	Hojarasca __	Mat. Org. __	Basuras __	<b>Otro:</b>		

<b>Tasa regeneración:</b>	Alta __	Media __	Baja __	<b>Quema estrato arbóreo:</b>	Si __	No __
<b>Germinación (plántulas): SI NO</b>	0-25% __	25-50% __	50-75% __	> 75% __	<b>Patrón:</b>	
<b>Regeneración: SI NO</b>						
<b>Especies en regeneración:</b>						
<b>Floración: SI NO</b>	0-25% __	25-50% __	50-75% __	> 75% __	<b>Otro:</b>	
<b>Especies en floración:</b>						
<b>Invasoras: SI NO</b>	0-25% __	25-50% __	50-75% __	> 75% __	<b>Otro:</b>	
<b>Especies invasoras:</b>						

<b>Severidad fuego:</b>	Sotobosque __	Reemplazo __	Selectiva __	Sin regímenes __	<b>Otro:</b>
-------------------------	---------------	--------------	--------------	------------------	--------------

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 68	

Como se comentó en la introducción del presente documento, este estudio técnico describe la metodología que sustenta la ejecución de campañas de terreno para levantamiento y análisis *in situ* de los ecosistemas afectados, cuyos resultados se encuentran en extenso en Anexo 2 del PdR “Informe Diagnóstico”.

## 5 CONCLUSIONES

- Mediante los antecedentes bibliográficos recopilados y analizados en el presente documento técnico, se establecen las bases para la ejecución de campañas de terreno para levantamiento y análisis *in situ* de dichos ecosistemas.
- Junto con ello, se avala el marco teórico del PdR bajo la conceptualización de la búsqueda de una restauración ecológica, así como la base bibliográfica territorial/ambiental sobre los ecosistemas afectados.
- Como visión relevante, es posible indicar que la restauración ecológica se enfoca en reestablecer propiedades ecosistémicas afectadas debido a agentes que han incidido en la pérdida de servicios ecosistémicos. Se busca catalizar acciones para “ayudar” a los ecosistemas a restaurarse, iniciando acciones pasivas (como exclusión de herbívoros, control de incendios, educación ambiental, etc.) y activas (como revegetación, plantaciones nativas, etc.).
- Los estudios científicos sobre restauración ecológica a nivel internacional, tanto su planificación y monitoreo, corresponden a una ciencia relativamente nueva, con muy escaso desarrollo a nivel nacional. En este sentido, no se evidencian estudios completos de monitoreos que permitan generar medidas eficaces y eficientes para la restauración contemplando la variabilidad de ecosistemas en Chile.
- Sin embargo, existen experiencias de implementación de medidas de restauración en ecosistemas de bosque y matorral nativo mediterráneo esclerófilo en Chile Central, así como evaluaciones y estudios de patrones de sucesión, reclutamiento y sobrevivencia, que permiten aunar herramientas prácticas que pueden ser implementadas en la zona bajo estudio.
- En general, los estudios concluyen que la regeneración sexual (por semilla) en Chile Central se encuentra altamente limitada, y que los ecosistemas no estarían manteniendo sus poblaciones.
- En cambio, la regeneración vegetativa (asexual) se daría de manera más natural, especialmente en zonas de mayor cobertura vegetal nativa, presentando la flora de Chile Central una capacidad de resiliencia producto de su adaptación a periodos de sequía.
- 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) limitan fuertemente la restauración ecológica, en específico en las comunas bajo estudio (Marchigüe y Paredones).
- A nivel de las variables ambientales forzantes de los ecosistemas de Paredones, se puede concluir que 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 costeras de muy corto desarrollo.
- Por otro lado, la comuna de Marchigüe presenta heterogeneidad ecosistémica-territorial, presentando en su parte poniente características similares a la comuna de Paredones (presencia

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 69	

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 en las zonas de menor pendiente.

- Los antecedentes territoriales recopilados dan cuenta de un uso intensivo del territorio, principalmente forestal en las zonas más montañosas (Paredones y zona poniente de Marchigüe) y agrícola en las zonas más planas. De manera dispersa se encuentran extensiones de territorio utilizados para el pastoreo de ganado. Por lo tanto, los eventos de incendios corresponden a una más de las variables forzantes que han deteriorado históricamente los ecosistemas bajo estudio.
- Las metodologías de terreno se basan en experiencias nacionales para diagnóstico de la afectación por incendios forestales y determinación de los patrones ecosistémicos de la vegetación nativa en la zona Central. Los resultados obtenidos en terreno de este diagnóstico se encuentran en extenso en Anexo 2 del PdR "Informe Diagnóstico".

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 70	

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- 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., León-Lobos, P., y M. Khalin. 1996. Los bosques templados del sur de Chile y Argentina: una isla biogeográfica. En Ecología de los Bosques Nativos de Chile, editado por J. Armesto, C. Villagrán y M. Kalin, pp. 23-28. Editorial Universitaria, Santiago.
- Armesto, J. & S. Piquett, 1985. A mechanistic approach to the study of succession in the Chilean matorral. Revista Chilena Historia Natural. 58; 9-17.
- Arroyo, M.T.K., Rozzi, R., Simonetti, J., Marquet, P., Salaberry, M. 1999. Central Chile. In: Mittermeier, R.A., Myers, N., Mittermeier, C.G. (eds.). Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecosystems, pp. 161-171. CEMEX, México, Distrito Federal.
- Arroyo, M.T.K., Cevieres, L. 1997. The Mediterranean-type climate flora of central Chile - What do we know and how can we assure its protection? Noticiero de Biología (Chile) 5: 48-56.
- Aschmann, H., Bahre, C.J. 1977. Man's impact on the wild landscape. En: Mooney, H.A. (Ed.) Convergent evolution in Chile and California Mediterranean climate ecosystem, pp. 73-84. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, USA.
- BCN. Biblioteca del Congreso Nacional. 2020. Actividades productivas comunas de Marchigüe y Paredones. En: <https://www.bcn.cl/portal/>.
- 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.
- Beck, H.E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Nature Scientific Data.
- Brown, J. & J. Smith. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 pp.
- Bustamante R. 1991. Clonal reproduction and succession: the case of *Baccharis linearis* in the Chilean matorral. Medio Ambiente 11:43-47.
- Ciccarese L, Mattsson A, Pettenella D. 2012. Ecosystem services from forest restoration: thinking ahead. New Forests 43:543-560.
- CICES, 2018. Classification of Ecosystem Services. V5.1. Spreadsheet. En: <https://cices.eu/resources/>.
- Clarkson, B. D. 1990. 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.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 71	

- 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, 2013. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.
- 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.
- Cowling, R.M., Rundel, P.W., Lamont, B.B., Arroyo, M.T.K., Arianoutsou, M. 1996. Plant diversity in mediterranean climate regions. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 362- 366.
- 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).
- Cunill, P. 1970. Factores en la destrucción del paisaje chileno: recolección, caza y tala coloniales. Universidad de Chile, Santiago, Chile. *Informaciones Geográficas*, número especial: 235-264.
- DGA. Dirección General de Aguas. 2015. Investigación de los Recursos Hídricos en el Acuífero de Marchigüe, Región del Libertados Bernardo O'Higgins. Informe Final. Realizado por Con Potencial Consultores SpA. 173 pp.
- 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.
- Dorner, J. y S. Brown, 2000. A guide to restoring a native plant community. University of Washington, 59 pp.
- Fahring, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34; 487-515.
- 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.
- 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.
- 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.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 72	

- 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.
- Hobbs, R.J. & J.A. Harris. 2001. Restoration Ecology: Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology* 9 (2): 239 – 246.
- INE. Instituto Nacional de Estadística. 2020. Actividades productivas región de O'Higgins. En: [www.https://www.ine.cl/](https://www.ine.cl/).
- 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*
- Köppen, W. y R. Geiger. 1936. *Das geographische System der Klimate*. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin. 44 pp.
- Luebert, F. y P. Plischoff. 2004. Clasificación de pisos de vegetación y análisis de representatividad ecológica de áreas propuestas para la protección en la ecorregión. Programa ecorregión Valdiviana. Documento N° 10. WWF Chile. 178 pp.
- Luebert, F. y P. Plischoff. 2014. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, 316 pp. Shapes actualizados en [www.ide.cl](http://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.
- 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.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 73	

- Moreira D. 2007. Reforestación con flora nativa en la zona mediterránea de Chile. Informe Revisión Proyectos de Reforestación y Restauración. 47 p.
- Muñoz MR, Fuentes E.R. 1989. Does fire induce shrub germination in the Chilean matorral? *Oikos*, 56, 177–181.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., DA Fonseca, G.A.B., Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- 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.
- ODEPA. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2018. Cuenta pública 2018. En: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/cuenta-publica-de-odepa-2018>.
- Primack, R & F. Massardo. 2001. Restauración ecológica. Pp. 559-582 en R., Primack editores. Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México.
- 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 Standars for the Practice of Ecological Restoration. Second Edition. Novembre 2019. 101 pp.
- Serey., I., Ricci, M. y C. Smith-Ramirez. 2007. Libro Rojo de la Región de O'Higgins. Corporación Naiconal Forestal
- 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].
- 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.

ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL PLAN DE REPARACIÓN INCENDIOS FORESTALES MARCHIGÜE Y PAREDONES	Ver.: B	Fecha: 21-12-21
	Página 74	

Wilber G. (2005). Manual del técnico alpaquero. Soluciones prácticas-ITDG. 105 pp.

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. Cienciambiental Consultores. 91 pp.