Anexo 09.

Actualización Caracterización Ecosistemas Terrestres

ÍNDICE

A. PRESENTACIÓN 1
B. OBJETIVOS 4
B.1. General 4
B.2. Específicos 4
C. DEFINICION DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA 4
C.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (AE) 4
C.2 AREA DE INFLUENCIA (AI) 7
D. METODOLOGÍA 10
D.1. *Caracterización de los ecosistemas por su naturalidad o singularidad* 11
D.2. Análisis de interacciones ecológicas relevantes para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas 12
D.3. Análisis de servicios ecosistémicos 15
E. RESULTADOS 21
E.1. Caracterización de los ecosistemas de interés por su naturalidad o singularidad 21
E.2. Análisis de interacciones ecológicas relevantes para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas 33
E.3. Análisis de servicios ecosistémicos 54
F. CONCLUSIONES 66
G. BIBLIOGRAFÍA 68

TABLAS

Tabla 1. Métricas del paisaje utilizadas para el análisis de las interacciones ecológicas relevantes para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas. El acrónimo conserva el nombre original del software Fragstats 4.2.*: según la Guía metodológica para la descripción de ecosistemas (SEA 2024). 13
Tabla 2. Lista de servicios ecosistémicos basada en CICES. 16
Tabla 3. Matriz de evaluación de servicios ecosistémicos construida por Martínez-Martínez *et al.* (2022) para las regiones de Ñuble y Biobío. 20
Tabla 4. Identificación de ecosistemas a nivel de los pisos vegetacionales (PV) "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*" a partir del Monitoreo de cambios de uso de la tierra del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)". Se analiza primero en la extensión completa de ambos PV y luego en un área más acotada, el área de estudio a nivel de subcuencas. 23
Tabla 5. Identificación de ecosistemas en los pisos vegetacionales del área de estudio (AE) a partir del Monitoreo de cambios de uso de la tierra del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)". 24
Tabla 6. Identificación de ecosistemas a nivel de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*". Cada columna indica su equivalencia a partir del monitoreo de cambios de usos del suelo del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)" de las regiones de O'Higgins, Maule y Ñuble, luego

de las unidades homogéneas y formaciones vegetacionales presentes, según la Carta de la vegetación (CV), en el AE de Ecosistemas (como objeto de protección), y finalmente de los sitios relevantes para la fauna, según el Proyecto. 28
Tabla 7. Extensión de ecosistemas a partir de las unidades homogéneas y formaciones vegetacionales presentes en el AI de flora y vegetación, según la Carta de la vegetación (CV). 30
Tabla 8. Extensión de los ecosistemas, obtenidos de las unidades homogéneas y formaciones vegetacionales presentes en el AE y en la extensión en las dos subcuencas de ambos pisos vegetacionales donde se emplaza el proyecto. 31
Tabla 9. Métricas del paisaje sobre los fragmentos de bosques nativos y mixtos, matorrales espinosos y esclerófilos, y de ecosistemas acuáticos continentales en **los pisos vegetacionales** (PV) "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" (Bosque esclerófilo) y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*" (Bosque espinoso). 34
Tabla 10. Métricas del paisaje sobre los fragmentos de bosques nativos y mixtos y de ecosistemas acuáticos continentales en las **dos subcuencas seleccionadas** de los pisos vegetacionales (PV) "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" (Bosque esclerófilo) y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*" (Bosque espinoso). 35
Tabla 11. Servicios ecosistémicos de provisión o aprovisionamiento (bienes) relacionados con el Proyecto. 54
Tabla 12. Servicios ecosistémicos de regulación relacionados con el Proyecto. 56
Tabla 13. Servicios ecosistémicos culturales relacionados con el Proyecto. 58
Tabla 14. Relación entre ecosistemas o unidades proveedoras de servicios ecosistémicos, unidades homogéneas, formaciones vegetacionales y las categorías utilizadas en Martínez-Martínez *et al.* 2022. 60
Tabla 15. Extensión de los ecosistemas o unidades proveedoras de servicios ecosistémicos en relación con el AE, el área afectada según la carta de vegetación (CV) y el área total de corta de vegetación. 61
Tabla 16. Provisión potencial de cada servicio ecosistémico en cada ecosistema de las áreas afectas a corta de vegetación. 62
Tabla 17. Provisión potencial de servicios ecosistémicos en el AE, en las áreas afectadas y la pérdida de provisión. 65
Tabla 18. Provisión potencial total de servicios ecosistémicos en el área de estudio (AE) y en las áreas afectadas (CV) considerando todos los servicios ecosistémicos y aquellos que tienen relación con el Proyecto. 66

FIGURAS

Figura 1. Área de emplazamiento proyecto Parque Eólico El Sauzal. 3

Figura 2. A) Extensión de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*" en que se emplaza el proyecto y que define el área de estudio preliminar y general, y en particular, B) el área de estudio propiamente tal del objeto de protección "ecosistema", definido por un área acotada de la parte sur de ambos pisos vegetacionales inserta en dos subcuencas. 6

Figura 3. Área de influencia del Proyecto fase de construcción, objeto de protección ecosistemas. 9

Figura 3. A) Ecosistemas a la extensión de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*" en tres regiones administrativas. B) Ecosistemas a la extensión del AE. La extensión y distribución de los ecosistemas proviene del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)" de la región del Ñuble. 22

Figura 4. Ecosistemas que representan objetos de protección, de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*": bosques nativos y mixtos, matorrales y ecosistemas acuáticos continentales. En "A" se presenta la extensión total de los pisos vegetacionales y en "B" un acercamiento al AE. 29

Figura 5. Cartografía de los ecosistemas acuáticos continentales dentro del AE. 37

Figura 6. Tramo AG 1-13: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 39

Figura 7. Tramo AG 14-24: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 40

Figura 8. Tramo AG 25-35: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 41

Figura 9. Tramo AG 36-40 y Torres 1-7: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 42

Figura 10. Tramo AG 41-45 y torres 9-19: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 43

Figura 11. Tramo torres 20-31: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 44

Figura 12. Tramo torres 32-44: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 45

Figura 13. Tramo torres 44-53: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 45

Figura 14. Tramo torres 52-61: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 46

Figura 15. Tramo torres 62-74: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 47

Figura 16. Tramo torres 74-85: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 47

Figura 17. Tramo torres 86-97: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas. 48

Figura 18. (A) Visita en terreno que destaca la presencia de plántulas y semillas, (B) se evidencia la presencia de especies invasoras y exóticas (ej. zarzamoras). 52

A. PRESENTACIÓN

En este documento se presenta la caracterización del objeto de protección "ecosistema", de acuerdo su consideración en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), del proyecto Parque Eólico El Sauzal, de aquí en adelante "el Proyecto", enfocada en dos niveles, primero una caracterización general de la extensión de los ecosistemas, y luego una profundización en aquellos que tienen un mayor grado de naturalidad y presencia de especies amenazadas (bosque nativo y matorrales), en comparación con otros ecosistemas del área de estudio (ej. plantaciones forestales, praderas y zonas agropecuarias). Estos ecosistemas son analizados en virtud de: su extensión espacial al interior de los dos pisos vegetacionales donde se localiza el Proyecto, y los atributos que permiten evaluar su permanencia, su capacidad de regeneración, y su desarrollo. Respecto a lo primero, se analiza la cantidad y distribución espacial de sus fragmentos, mientras que, respecto al segundo, se evalúan las interacciones ecológicas a nivel espacial y comunitario y se realiza una evaluación de los servicios ecosistémicos potencialmente afectados por el proyecto.

Esta caracterización está elaborada considerando a los siguientes documentos del SEA: Criterio de Evaluación en el SEIA: Objetos de protección (2022), la Guía de Áreas de Influencia en Ecosistemas Terrestres (SEA 2024), Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres (SEA 2024) y la Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA (SEA 2024).

El análisis se basa en la información disponible en otros capítulos del EIA, a saber: Línea de Base de Flora y Vegetación (Capítulo 3.2.2), Cartografía de la Vegetación, Línea de Base de Fauna Terrestre (Capítulo 3.2.4), Estudio específico Evaluación Ruido en Fauna Nativa (Anexo 12), Línea de Base de Ecosistemas acuáticos continentales (Capítulo 3.3 Biota acuática y calidad del agua) y Capítulo 3.9 sobre Medio Humano.

El Proyecto consiste en la construcción y operación de un parque eólico (PE) de 45 aerogeneradores de una potencia nominal de 360 MW, y una línea de transmisión eléctrica aérea (LT) de 220 kV y 27,91 km de longitud, cuyas obras se emplazarán entre las comunas de Cauquenes y Quirihue, pertenecientes a las provincias de Cauquenes e Itata, y regiones de Maule y Ñuble, respectivamente. Para la evacuación de su energía al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el Proyecto contempla la conexión a la subestación en desarrollo Nueva Cauquenes propiedad de Mataquito Transmisora de Energía S.A. Además, existe un conjunto de obras menores en caminos, que para efectos de este análisis no fueron considerados, dada su reducida extensión espacial y discontinuidad, a diferencia de las otras obras que sí podrían ser relevantes para la extensión total de los ecosistemas y su permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo. En la **Figura 1** se muestra la ubicación comunal y regional del Proyecto.

Como parte del proceso de evaluación ambiental y del desarrollo de la ingeniería, el Proyecto Parque Eólico El Sauzal ha incorporado una serie de ajustes técnicos y logísticos. Estas modificaciones responden a la necesidad de optimizar el diseño, mejorar la eficiencia constructiva y reducir potenciales impactos ambientales.

Entre las principales actualizaciones se incluyen:

- Reducción de la altura del buje de los aerogeneradores, pasando de 200 a 175 metros.
- Cambio en la materialidad de las torres de los aerogeneradores, las cuales serán construidas completamente en acero, eliminando el diseño híbrido (hormigón y acero).
- Eliminación de la obra temporal denominada Zona de Acopio de Dovelas (ZAD), debido a la modificación en el tipo de torre.
- Ajustes en la ubicación de las plataformas de los aerogeneradores AG-31, AG-34 y AG-35.
- Incorporación de un nuevo acceso para vehículos livianos a través de la Ruta 126 (Los Conquistadores).
- Modificación de los caminos de acceso a la Línea de Transmisión (LT).

Adicionalmente, el documento se actualizó según las observaciones realizadas en el informe Consolidado de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones o ampliaciones al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto, por lo que, para facilitar la comprensión de las actualizaciones realizadas, estas se presentan destacadas en color azul dentro del documento

Para facilitar la comprensión de las actualizaciones realizadas, estas se presentan destacadas en color azul dentro del documento.

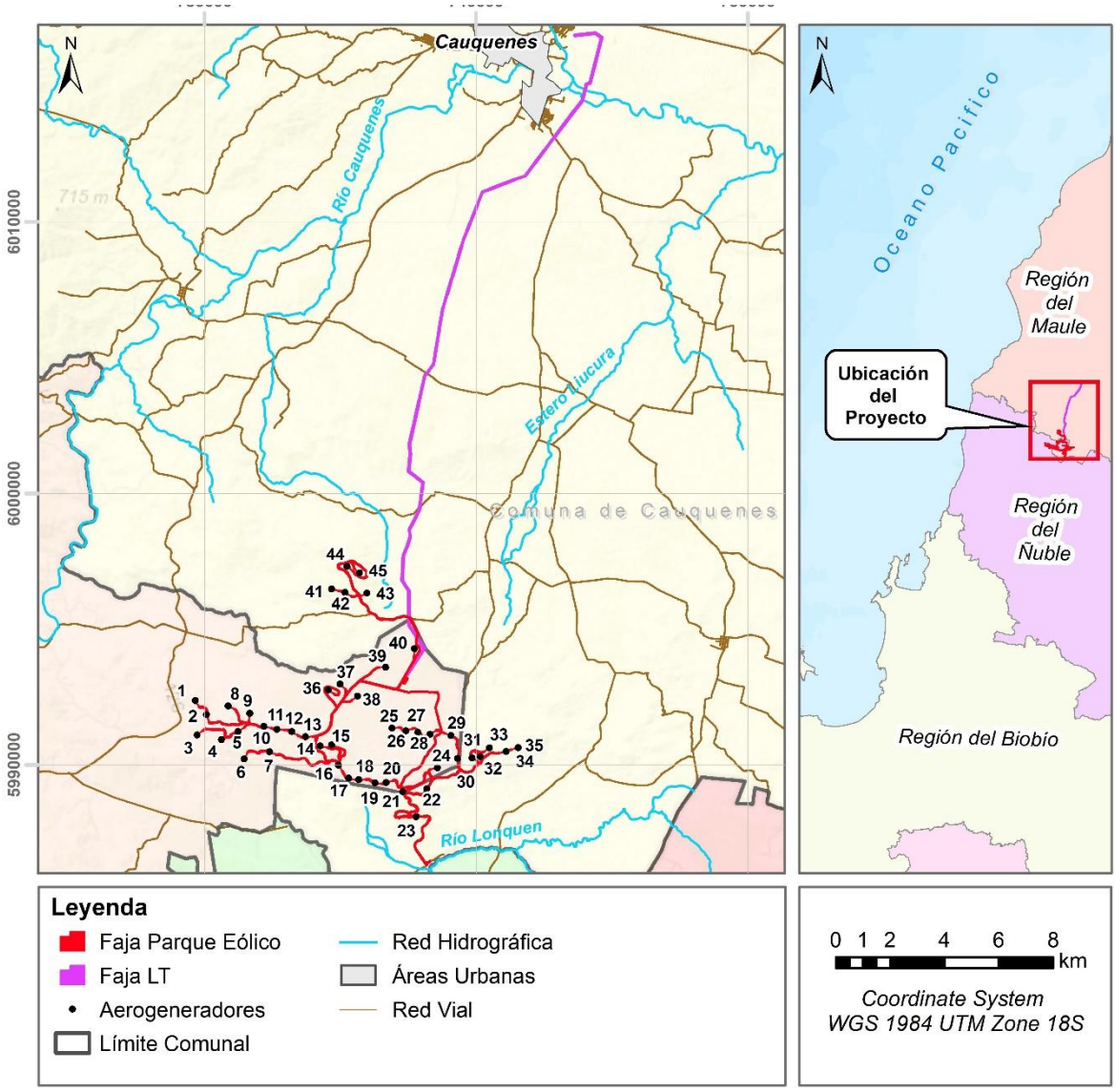

Figura 1. Área de emplazamiento proyecto Parque Eólico El Sauzal.

B. OBJETIVOS

B.1. General

Caracterizar el objeto de protección "ecosistema" del proyecto Parque Eólico El Sauzal, considerando su extensión espacial al interior de los dos pisos vegetacionales donde se localiza el Proyecto, y los atributos que permiten evaluar su permanencia, su capacidad de regeneración, y su desarrollo.

B.2. Específicos

- Caracterizar los ecosistemas que pueden ser objetos de protección (OP)[1] en términos de su naturalidad o singularidad.
- Analizar las interacciones ecológicas relevantes de los ecosistemas para evaluar su permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo como condición basal.
- Identificar los servicios ecosistémicos potencialmente afectados a partir de la revisión del expediente del Proyecto y literatura científica, y la magnitud de la afectación potencial.

C. DEFINICION DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA

C.1 Definición del área de estudio (AE)

Siguiendo la Guía Áreas de Influencia en Ecosistemas Terrestres (SEA 2024) se definió un AE que integra las 1) "partes, obras y acciones del proyecto", 2) "la localización, distribución y características de los componentes ambientales expuestos a impactos" (en este caso de ecosistemas) y 3) aspectos asociados a "la predicción de los impactos", reconociendo la complejidad de hacerlo en ecosistemas terrestres por la existencia de consecuencias directas e indirectas que se desencadenan.

Frente a esto, se utilizan dos criterios centrales que permiten abordar la integridad y complejidad de los ecosistemas: por una parte, los pisos vegetacionales, y por otro, las cuencas hidrográficas. Ambos permiten agrupar continuidades socio-ecológicas, integrando aspectos de conectividad e interacciones ecológicas fuertes determinadas por la existencia de vegetación similar y por lo tanto indicadora de flujos de largo plazo de especies y propágulos, y también de vínculos socio-ecológicos, determinados por la provisión y acceso a servicios ecosistémicos en ecosistemas cercanos y constitutivos de una misma cuenca hidrográfica. Dentro de estos pisos vegetacionales y cuencas se pueden albergar una alta diversidad de ecosistemas que puedan representar objetos de protección por su extensión, las interacciones ecológicas y sus servicios ecosistémicos asociados. De esta manera se engloban todas las AE de los componentes relacionados a ecosistemas terrestres.

[1] *OP en el contexto del SEIA.*

Por esto se definieron dos extensiones: 1) la extensión de los dos pisos vegetacionales (PV) donde se emplaza el Proyecto, correspondientes a "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* (actualmente *Vachellia caven*) y *Lithrea caustica*" y "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* y *Peumus boldus"* (Luebert & Pliscoff, 2017), y 2) un área más acotada definida por la parte sur de ambos pisos vegetacionales inserta en dos subcuencas (Río Maule e Itata), donde es posible evaluar los posibles efectos sobre el OP "ecosistema" (**Figura 2**). Este segundo análisis permite evidenciar los OP en una extensión espacial de mayor precisión (350 mil hectáreas), en contraste a la gran extensión de los PV completos (2,18 millones de hectáreas). De esta manera, mientras la primera extensión completa alude a una situación de contexto, la segunda área, más acotada, representa el área de estudio (AE) de esta caracterización. El objetivo de definir esta área acotada es poder representar de mejor forma posibles efectos.

A su vez, para caracterizar las relaciones del Proyecto con los ecosistemas que componen cada piso vegetacional, se utiliza el área de influencia de Flora y vegetación (extraída de la Línea de base para este componente (**Capítulo 3.2.2**), así como la Cartografía de la Vegetación (CV), y se considerarán los sitios relevantes para la fauna, identificados en la Línea de Base de Fauna Terrestre (Capítulo 3.2.4 del EIA actualizado en el **Anexo 07** de la **Adenda**) y caracterizados en el Estudio específico Evaluación Ruido en Fauna Nativa (Anexo 12 el EIA actualizado en el **Anexo 45** de la **Adenda**) y de Ecosistemas acuáticos continentales (Capítulo 3.3 Biota acuática y calidad del agua del EIA actualizado en el **Anexo 1** de la **Adenda**). Asimismo, para identificar los servicios ecosistémicos en el AE, se consultó el Capítulo 3.9 sobre Medio Humano del EIA actualizado en el **Anexo 16** de la **Adenda**.

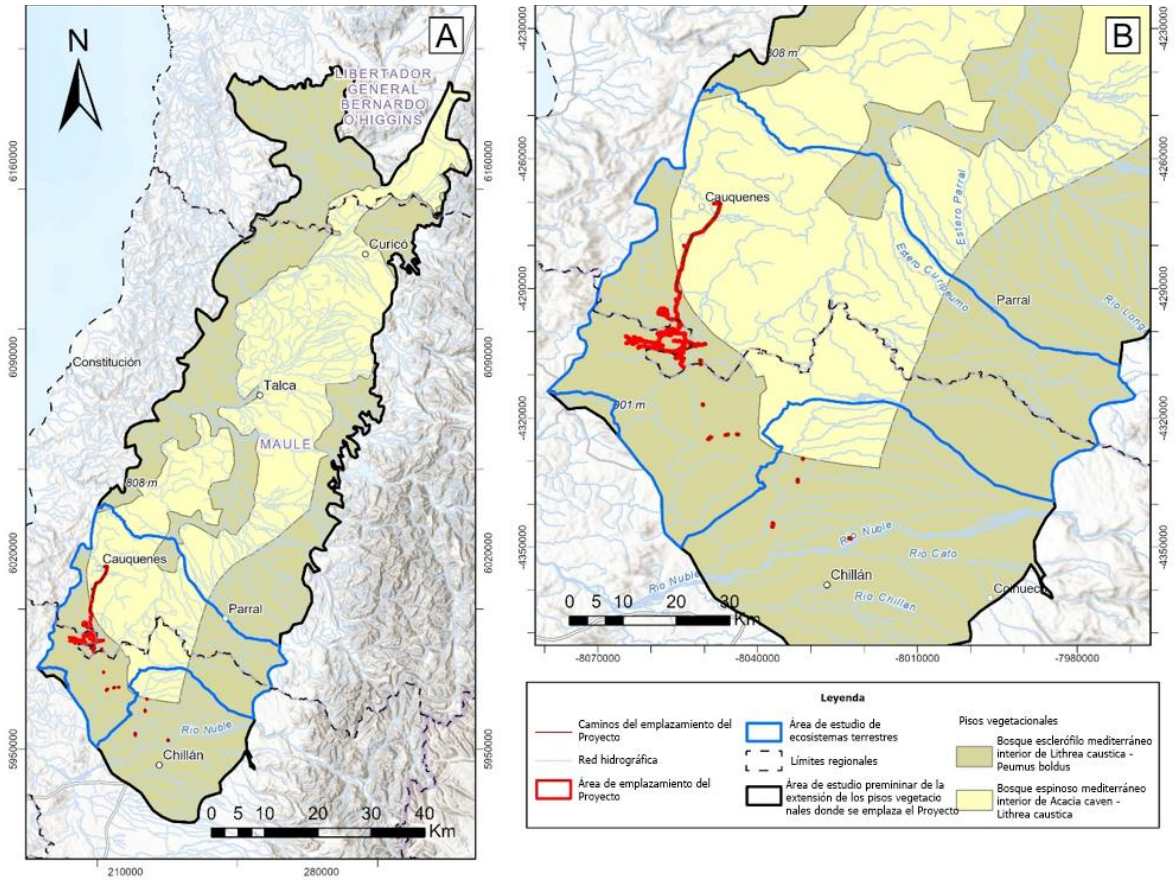

Figura 2. A) Extensión de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* - *Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Lithrea caustica*" en que se emplaza el proyecto y que define el área de estudio preliminar y general, y en particular, B) el área de estudio propiamente tal del objeto de protección "ecosistema", definido por un área acotada de la parte sur de ambos pisos vegetacionales inserta en dos subcuencas.

Ambos pisos vegetacionales han sido clasificados en virtud de su estado de amenaza, siguiendo los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), aplicados por dos trabajos: Pliscoff (2015), disponible en portal SIMBIO (https://simbio.mma.gob.cl), y Alaniz *et al*. (2016).

- Piso vegetacional de Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* (syn. *Vachellia caven*) y *Lithrea caustica:* "En peligro" según Pliscoff (2015) y el portal SIMBIO (MMA), y determinado como "sin datos suficientes" para la clasificación de Alaniz *et al*. (2016).

- Piso vegetacional Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* y *Peumus boldus:* "En peligro" según Pliscoff (2015) y Vulnerable según Alaniz *et al*. (2016).

La plataforma SIMBIO también reconoce la relevancia de los ecosistemas, asignándole a ambos una Alta relevancia para la conservación de la biodiversidad.

Finalmente, en relación con la "Propuesta de Infraestructura Ecológica para la Región del Maule" (MMA, 2018), el Proyecto se emplaza en áreas de conectividad y de amortiguación. Esto último se describe con mayor detalle en la sección E.1.1.

C.2 Area de Influencia (AI)

El área de influencia del OP ecosistemas terrestres corresponde a la superficie de emplazamiento de las partes, obras y acciones del Proyecto junto a un buffer de 100 metros, dentro del cual podrían percibirse los efectos sobre los atributos ecosistémicos, interacciones ecológicas y provisión de servicios ecosistémicos, asociados a la corta y remoción de la cobertura vegetal. Esta extensión alcanza 2.616,35 ha y es coincidente con el área de influencia del OP flora y vegetación, por corresponder a la escala en que se identifican los ecosistemas afectados, se caracterizan las unidades proveedoras de servicios ecosistémicos y se evalúan las interacciones ecológicas del área.

Sobre esta área se identificaron dos impactos durante la fase de construcción: EcoT01 (Pérdida de interacciones ecológicas) y EcoT02 (Pérdida de servicios ecosistémicos), ambos calificados como No Significativos en **el Anexo 17. Actualización Predicción y Evaluación de Impactos Ambientales** de la **Adenda**. Para las fases de operación y cierre no se identifican actividades susceptibles de generar impacto sobre las interacciones ni los servicios ecosistémicos, por lo que se define una única área de influencia para la fase de construcción.

En relación con los potenciales cambios futuros, los pisos vegetacionales donde se emplaza el Proyecto (BEMAL[2] y BEMLP[3]) se encuentran en estado En Peligro Crítico y En Peligro, respectivamente, con alta fragmentación y proyecciones de reducción futura de su superficie conforme a ARClim (escenario RCP 8.5, horizonte 2035–2065). Esta condición corresponde a una tendencia de contexto no atribuible a las obras y acciones del Proyecto, por lo que no constituye un factor generador de impacto ni modifica el área de influencia definida.

[2] *BEMAL: Bosque Espinoso Mediterráneo interior de Vachellia caven – Lithraea caustica*
[3] *BEMLP: Bosque esclerófilo mediterráneo interior de Lithraea caustica – Peumus boldus*

B. Justificación

El área de influencia del OP ecosistemas se determinó considerando la "Guía áreas de influencia en el SEIA" (SEA, 2026), la "Guía áreas de influencia en ecosistemas terrestres" (SEA, 2024), la "Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres" (SEA, 2024) y el "Criterio de Evaluación en el SEIA: Objetos de Protección" (SEA, 2022).

El OP ecosistemas en una extensión mayor, la sección sur de ambos pisos vegetacionales contenida en dos subcuencas, con 348.486 ha, denominada área de estudio. Esta extensión permite establecer la condición basal de los ecosistemas y evaluar sus atributos de paisaje, conectividad y fragmentación a escala ecosistémica, conforme a la Guía áreas de influencia en ecosistemas terrestres (SEA, 2024). El área de estudio no corresponde al área de influencia: es el marco de referencia de la condición sin proyecto, y no la extensión en que se predicen los impactos del Proyecto.

El área de influencia propiamente tal corresponde al espacio geográfico en que se predice la presencia de los impactos sobre el OP. El factor generador de impacto es la extracción de la cobertura vegetal, que puede alterar las interacciones ecológicas (reproducción y propagación de plantas, establecimiento de plantas, movimientos de fauna y relaciones tróficas) y la provisión de servicios ecosistémicos. La distancia hasta el interior del ecosistema en que se expresan estos efectos sobre procesos ecológicos, como la regeneración y la conectividad, no supera los 100 metros, tanto en ecosistemas forestales templados, tropicales y boreales (Harper et al., 2005[4]) como, específicamente, en ecosistemas mediterráneos de la zona central de Chile frente a perturbaciones antropogénicas (Schulz et al., 2011[5]). Esta profundidad de borde es consistente con la utilizada en el análisis de métricas del paisaje del **Anexo 9** de la **Adenda**. Fuera de este límite, los atributos del ecosistema permanecen idénticos a la condición sin proyecto. Sobre esta base, se determinó como área de influencia la faja afecta a corta junto a un buffer de 100 metros, con una superficie de 2.616,35 ha.

[4] Harper, Ka., Macdonald, S.E., Burton, P.J., Chen. J., Brosofske, K.D., Saunders, S.C., et al., Edge. (2005). Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes. Conserv Biol Ser (3):768-782.

[5] Schulz, J. J., Cayuela, L., Rey-Benayas, J. M., & Schröder, B. (2011). Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975–2008). Applied Vegetation Science 14(4): 571-582.

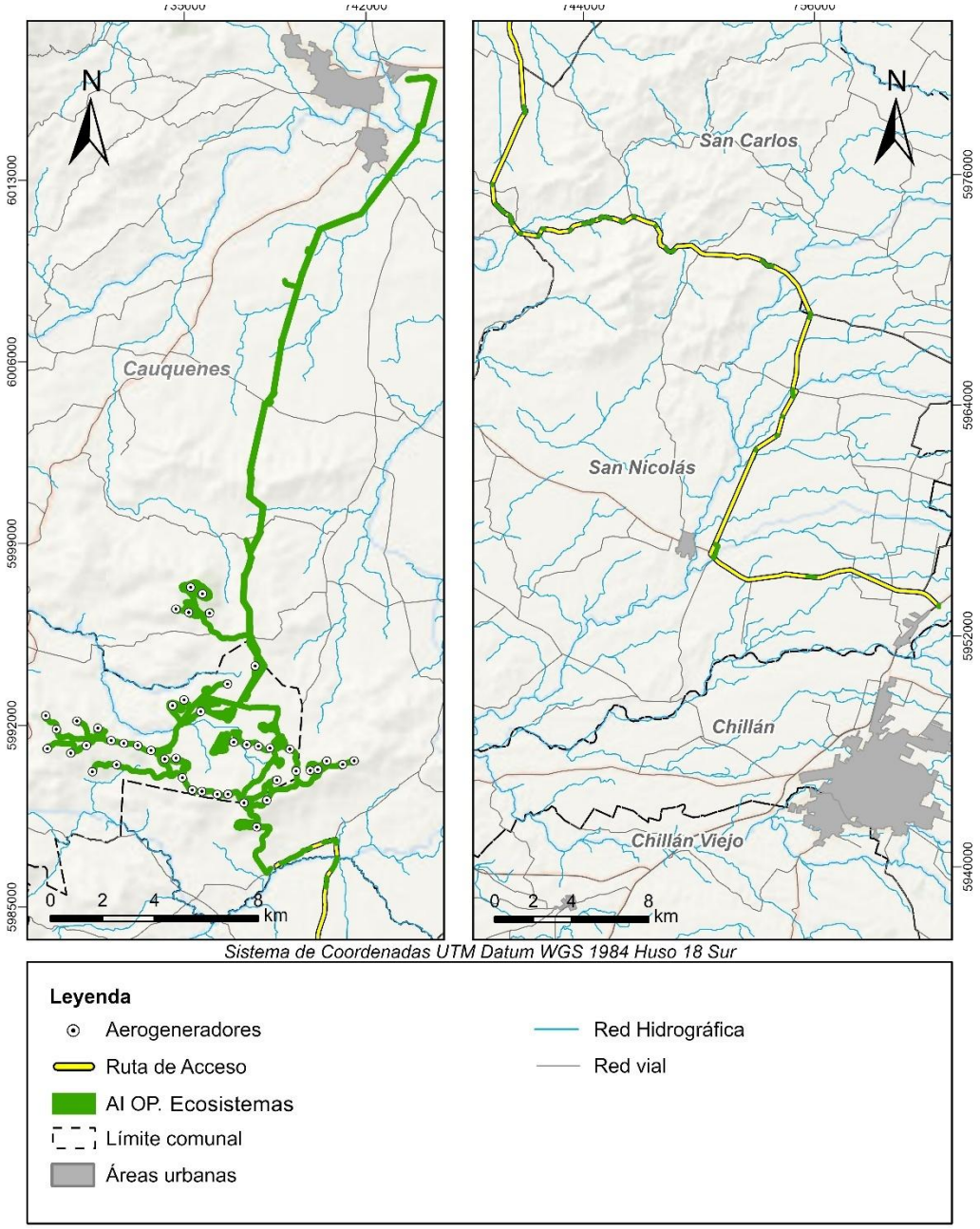

Figura 3. Área de influencia del Proyecto fase de construcción, objeto de protección ecosistemas.

D. METODOLOGÍA

La metodología contempla el uso de la Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres (SEA 2024). Respecto a "ecosistema" (o ecosistemas) como objeto de protección diferente a suelos, flora y vegetación, y fauna, la guía especifica métodos diversos para realizar caracterizaciones que faciliten la posterior evaluación de impactos. Estos métodos pueden agruparse en dos grandes tipos:

1) aquellos referidos a la extensión de los ecosistemas (variables estructurales), y
2) aquellos referidos a procesos o variables funcionales de los ecosistemas.

Los primeros son útiles para evaluar impactos como: modificación o pérdida de hábitat de flora, pérdida de superficie del ecosistema, modificación o pérdida de hábitat de fauna, fragmentación del ecosistema y cambio en la estructura del ecosistema. En tanto, los segundos, sirven para evaluar impactos como: perdida de interacciones ecológicas, perdida de servicios ecosistémicos y pérdida de resiliencia del ecosistema. A continuación, se describe el método para caracterizar variables estructurales de los ecosistemas, y luego el análisis de interacciones ecológicas (variables funcionales).

La metodología integra una revisión de los capítulos del Estudio de Impacto ambiental para identificar caracterizar los ecosistemas en términos de su naturalidad o singularidad. Se utilizó la cartografía de la vegetación para precisar la ubicación de fragmentos de ecosistemas de alta naturalidad, y el "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)" para realizar un análisis de la extensión de los ecosistemas en el AE y AI de Ecosistemas, que tiene una extensión mayor al AI de Flora y Vegetación en la que se elaboró la cartografía de la vegetación. Con los datos del CAVUT se caracterizaron los fragmentos utilizando métricas del paisaje. Finalmente, para efectos de ponderar de la magnitud de la afectación de servicios ecosistémicos se evaluaron dos condiciones: actual y restando el área de afectación descrita por el proyecto, que es informada en la cartografía de vegetación. Con esto se espera representar potenciales consecuencias de la degradación de los ecosistemas (y sus suelos) a largo plazo.

Se diseñó una visita de terreno que permitiera obtener información general, a través de evidencias observables fácilmente, sobre el estado de los ecosistemas —en términos de degradación o conservación— la presencia de atributos ecológicos indicativos de su capacidad de reproducción o regeneración y, también, registrar elementos que permitieran caracterizar los servicios ecosistémicos provistos en el AI. Los puntos de observación en terreno fueron seleccionados en función de criterios de accesibilidad y representatividad ecosistémica. En este sentido, se priorizaron aquellos sitios donde fue posible identificar interacciones relevantes entre el área del Proyecto y ecosistemas de interés, tales como Matorrales, Bosque nativo y Ecosistemas acuáticos continentales. La visita se desarrolló el día 29 de diciembre de 2023 y se visitaron 17 puntos de observación, definidos según los criterios ya mencionados, y localizados en una ruta que permitió

recorrer la mayor parte de las obras y los sitios donde las obras del proyecto coinciden con fragmentos de ecosistemas naturales. De esta manera, el criterio central fue visitar ecosistemas en distintos estados de conservación/degradación y fragmentos que podrían interactuar con las obras del proyecto.

D.1. *Caracterización de los ecosistemas por su naturalidad o singularidad*

Se realizó una revisión de la documentación disponible dentro del proceso de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, con especial énfasis en aquello que define a los ecosistemas asociados al Proyecto, esto es, los pisos vegetacionales en que se localiza el Proyecto, ya que estos representan unidades homogéneas de comunidades, permitiendo evaluar la extensión de los ecosistemas. Esta extensión fue determinante para el análisis de la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos en el área de influencia. Asimismo, fue utilizada para los análisis de fragmentación y conectividad.

En la visita de terreno se buscó detectar la presencia de elementos que dieran cuenta del estado de los ecosistemas en términos de factores evidentes de presión o degradación, y de rebrote o propágulos. Esta información fue contrastada y enriquecida con los contenidos de los otros capítulos específicos de componentes bióticos.

Los pisos vegetacionales fueron analizados en términos de: ecosistemas que lo componen, la extensión de cada uno de ellos y su composición dominante. Con esto se generó información sobre la permanencia actual de los ecosistemas que tienen un mayor grado de naturalidad y/o singularidad en la extensión del piso vegetacional, a partir de datos cartográficos (2021) del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)[6]" de las regiones donde se extienden los pisos vegetacionales. Asimismo, se usa la Cartografía de la Vegetación para obtener detalle en la cercanía de las obras del proyecto, usando el área de influencia de la Línea de Base de Flora y Vegetación (**Capítulo 3.2.2**). La información cartográfica fue procesada para analizarla en la extensión del AI, realizando geoprocesos como corte (clip), intersección y disolución. Se utilizó QGIS, ArcGIS y Fragstats para procesar los datos temáticos en formato vectorial y raster.

Respecto a las diferencias de CARVUT y la CV, CARVUT está elaborado a nivel regional, y permite analizar áreas muy extensas, en este caso el AE de ecosistemas, mientras que la CV está elaborada para una extensión menor, consistente en el área de afectación directa por las obras del proyecto y un buffer alrededor, siendo el AI de flora y vegetación. La resolución espacial de CARVUT es menor

[6] *El monitoreo de los cambios de uso de la tierra del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)" se encuentra disponible en https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/22/planificacion-catastral/ y su se utilizó la actualización del año 2021*

a la resolución de la CV, por lo que tiene menos detalle y precisión en la identificación y delimitación de ecosistemas que la CV. Además, la CV considera un exhaustivo trabajo de campo que permite identificar fragmentos de ecosistemas de interés, composición de especies y estructura de la vegetación.

Posteriormente, esta información fue contrastada con las formaciones vegetales y características de naturalidad (especies nativas) y singularidad (especies amenazadas, endémicas y en límite de distribución). Esta información fue extraída de la Línea de Base de Flora y Vegetación (Capítulo 3.2.2 del EIA y **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda**) y su Cartografía de la Vegetación, la Línea de Base de Fauna Terrestre (Capítulo 3.2.4 del EIA y **Anexo 07. Actualización Línea Base de Fauna Terrestre** de la **Adenda**), el Estudio específico Evaluación Ruido en Fauna Nativa (Anexo 12 del EIA y **Anexo 45. Actualización Efectos del ruido sobre la Fauna Nativa** de la **Adenda**) y Línea de Base de Ecosistemas acuáticos continentales (**Capítulo 3.3.** Línea base de Biota acuática y calidad del agua del **EIA; Anexo 11. Actualización Línea Base Biota Acuática y Calidad de agua** de la **Adenda**), considerando la identificación de los sitios relevantes para la fauna. El propósito de este contraste es concentrar el análisis sólo en los ecosistemas que estén presentes en el AE y que tengan mayor grado de naturalidad y/o singularidad.

Finalmente, dado que las dos regiones donde se emplaza el proyecto cuentan con Planes de Infraestructura Ecológica, se analizaron los documentos respectivos (Echeverría *et al.,* 2018 y Núñez *et al.,* 2016) para indagar si el proyecto se superpone con áreas identificadas como núcleos para protección y/o áreas de alto valor ecológico.

D.2. Análisis de interacciones ecológicas relevantes para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas

La permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas es altamente dependiente de que existan flujos de especies y sus propágulos entre fragmentos de ecosistemas naturales, es decir de la conectividad ecológica. Esto es, a su vez, altamente dependiente de los tamaños de los fragmentos dado que, de acuerdo con la Teoría de biogeografía de Islas (MacArthur & Wilson, 2001), a mayor tamaño de los fragmentos, es mayor la probabilidad de que estos conformen hábitats donde se puedan albergar más individuos y más especies (mayor riqueza). Lo anterior da lugar a una mayor probabilidad de colonización (cuando estos están cercanos a otros fragmentos), y a una mayor cantidad y diversidad de interacciones ecológicas que aseguran la permanencia, regeneración y desarrollo de los ecosistemas.

Se realizó un análisis de la localización espacial, conectividad y las métricas del paisaje señalada en la **Tabla 1** utilizando Fragstats 4.2. que permite evaluar interacciones ecológicas relevantes para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas. En particular, se analizó cuantitativamente (paramétricamente) de qué manera el tamaño y la distancia entre los fragmentos

facilitan o restringen las posibilidades de reproducción y propagación de plantas, establecimiento de plantas, movimiento de fauna y relaciones tróficas. Para esto se analizó la presencia de fragmentos de ecosistemas de interés en el AE y en su entorno, es decir usando métricas a nivel de clase.

Tabla 1. Métricas del paisaje utilizadas para el análisis de las interacciones ecológicas relevantes para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas. El acrónimo conserva el nombre original del software Fragstats 4.2.*: según la Guía metodológica para la descripción de ecosistemas (SEA 2024).

Métricas de paisaje	Tipo de métrica*	Acrónimo	Interpretación
Área total [ha]	Métricas de densidad, tamaño y número de parche	CA	A mayor CA, mayor presencia del ecosistema analizado.
Número de fragmentos	Métricas de densidad, tamaño y número de parche	NP	Un mayor NP podría significar mayor fragmentación, sin embargo, su determinación requiere de la combinación con otras métricas.
Tamaño del fragmento más grande [%] (del PV)	Métricas de densidad, tamaño y número de parche	LPI	Indica el porcentaje o dominancia del fragmento más grande.
Densidad de fragmento [n/ha] (en PV)	Métricas de densidad, tamaño y número de parche	PD	Es un indicador de fragmentación, a mayor PD, mayor probabilidad de fragmentación.
Área promedio [ha] (D.S.)	Métricas de densidad, tamaño y número de parche	AREA_MN	A mayor AREA_MN significa que los fragmentos son más grandes, y que por tanto pueden albergar mayor biodiversidad. Si son pequeños es indicador de fragmentación.
Forma promedio	Métricas de forma	SHAPE_MN	Este valor adimensional aumenta si las formas son más complejas, es decir, menos semejantes a un círculo o cuadrado. Una mayor complejidad puede tener consecuencias negativas si los fragmentos son pequeños, porque expone a los fragmentos al efecto borde.
Área total núcleo con 100 m de borde [ha] (D.S.)	Métricas de ecotono y hábitat interior	TCA	Permite evidenciar la exposición al efecto borde.
Área promedio núcleo con 100 m borde [ha] (D.S.)	Métricas de ecotono y hábitat interior	CORE_MN	Permite evidenciar la exposición al efecto borde y realizar una comparación con AREA_MN, si la diferencia es muy grande y se asocia a un valor mayor de SHAPE_MN, entonces los fragmentos están sujetos

Métricas de paisaje	Tipo de métrica*	Acrónimo	Interpretación
			a los efectos negativos del efecto borde.
Distancia promedio entre fragmentos [m] (D.S.)	Métricas de conectividad	ENN_MN	Es un indicador de conectividad, a menor distancia ENN_MN, mayor conectividad.
Agregación [adimensional, 0-100]	Métricas de configuración espacial	AG	Es un indicador de conectividad, a mayor AG mayor conectividad, pero también puede representar que todos los fragmentos están contenidos en una parte del paisaje, por lo que se complementa con una revisión de la distribución espacial.

Las métricas utilizadas describen la estructura del paisaje a partir de la resolución de la información ingresada como base (30x30 m), frecuente para análisis en extensiones como las de este proyecto, dado que mejores resoluciones (p. ej. <10) sólo incluyen fragmentos (o parches) muy pequeños que no tienen mayor incidencia en el resultado agrupado. El tamaño de píxel también responde a criterios de factibilidad en el cálculo de métricas espaciales y coherencia con la escala de análisis. En particular, un tamaño de píxel de 30 metros permite representar adecuadamente, a una escala de 1:50.000, las interacciones entre los ecosistemas de interés, emulando la resolución espacial de las imágenes Landsat 9. Asimismo, En el caso de las métricas que requieren de un borde, se usó 100 m, considerando que el efecto borde (luz, temperatura, humedad, ruido) logra penetrar distancia de este tipo, y a su vez agrupar al menos 3 pixeles (30 m cada uno) y, así, reducir bordes con formas complejas, logrando representar los núcleos de cada fragmento. Esta profundidad de borde se fundamenta en estudios previos realizados por Geri *et al.* (2010) para paisajes de clima mediterráneo.

Este análisis se complementó mediante la revisión de las Línea de Base de Flora y Vegetación (Capítulo 3.2.2 y **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda**), de Fauna Terrestre (**Capítulo 3.2.4** y **Anexo 07. Actualización Línea Base de Fauna Terrestre** de la **Adenda**), y de Ecosistemas acuáticos continentales (Capítulo 3.3 y **Anexo 11. Actualización Línea Base Biota Acuática y Calidad de agua** de la **Adenda**), y el Estudio específico Evaluación Ruido en Fauna Nativa (**Anexo 12** y **Anexo 45. Actualización Efectos del ruido sobre la Fauna Nativa** de la **Adenda**). Adicionalmente se incorporó literatura científica y las características de los fragmentos de ecosistemas de bosques y matorrales nativos, además de ecosistemas acuáticos continentales presentes en el entorno del área de emplazamiento del proyecto. Este análisis también consideró atributos y localización de sitios relevantes para la nidificación, reproducción y alimentación de fauna nativa. Se tuvo especial consideración con los procesos ecológicos asociados a especies arbóreas del bosque esclerófilo y del bosque espinoso, usando la literatura existente, ya que, este

estrato es clave en la estructura y composición de los ecosistemas. Lo anterior es determinante para tener en consideración si los ecosistemas están en un buen estado de conservación, o bien están degradados, es decir, que son sensibles o bien ya están estresados. Asimismo, entrega información sobre la trayectoria de recuperación o degradación, que es indicativo de si los ecosistemas (y su vegetación y suelo) pueden recuperarse de perturbaciones o bien si están en una trayectoria de difícil recuperación, pudiendo el proyecto tener consecuencias de largo plazo.

Adicionalmente, en la visita a terreno se observó la presencia de atributos ecológicos indicativos de su capacidad de reproducción. Para esto, se observó y se registró en una planilla, la presencia de evidencias de regeneración (plántulas y producción de semillas) y la distancia o conectividad física entre fragmentos. Para ello se visitaron 17 puntos[7] en terreno y se dejó un registro fotográfico y de localización. Para analizar la condición de los ecosistemas, se verificó y registró la presencia o ausencia de plantas introducidas e invasoras en los parches nativos, dado su capacidad para alterar las condiciones naturales de los hábitats de las especies nativas. La distancia entre fragmentos se observó para evaluar la posibilidad de interacción entre ellos (ej. dispersión de propágulos o movimientos de fauna). Finalmente se registraron los parches boscosos de interés para determinar la presencia o ausencia de plántulas y la producción de semillas, tanto en el borde como en el interior de cada parche visitado, y así evidenciar el proceso normal de la regeneración.

D.3. Análisis de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son "la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano" (TEEB, 2014)[8]. Estos servicios son provistos por las estructuras y procesos de la naturaleza, las cuales son caracterizadas como parte de la descripción de los ecosistemas terrestres y acuáticos, y, por lo tanto, requieren de una delimitación de ecosistemas y una identificación de los servicios ecosistémicos que estos puedan proveer (SEA 2024). Se utilizó la Clasificación Común Internacional de Servicios Ecosistémicos (Common International Classification of Ecosystem Services, CICES)[9] y luego se caracterizó su provisión potencial para cada ecosistema.

Para identificar la potencial provisión actual o futura de servicios ecosistémicos, la caracterización de Flora y Vegetación es determinante, porque a partir de la vegetación se definen las unidades proveedoras de servicios ecosistémicos, también denominadas unidades homogéneas, o directamente los ecosistemas que componen el paisaje.

---

[7] *Corresponde a los mismos puntos definidos según criterios indicados en acápite D. METODOLOGÍA.*

[8] *Definición TTEB (2014) adoptada por MMA: https://mma.gob.cl/servicios-ecosistemicos/*

[9] *http://cices.eu/*

D.3.1. Clasificación de servicios ecosistémicos

Existen diversas clasificaciones de servicios ecosistémicos. En este análisis se utiliza la Clasificación CICES, que según la "Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres" (SEA 2024), es una de las más utilizadas actualmente. Esta clasificación presenta la información en una estructura jerárquica de niveles anidados. De esta forma, a medida que se desciende progresivamente por la estructura, cada nivel es más detallado y específico. Como se muestra en la **Tabla 2**, el nivel más general es el de "Sección", que corresponde a las 3 secciones descritas anteriormente (servicios ecosistémicos de provisión, de regulación y culturales). En un nivel inmediatamente inferior, se muestran las "Divisiones", y dentro de ellas, los "Grupos", los cuales, por último, muestran las "Clases". A partir de lo anterior, se consideró hasta el nivel "grupo" para hacer la evaluación, teniendo en consideración las "clases" integradas para efectos de enriquecer la comprensión del grupo.

Tabla 2. Lista de servicios ecosistémicos basada en CICES.

Sección	División	Grupo	Clase
Provisión (bióticos)	Biomasa	Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) con fines nutricionales, materiales o para producir energía	Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) con fines nutricionales.
			Fibras y otros materiales de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)
			Plantas cultivadas (incluidos hongos, algas) como fuente de energía
		Plantas acuáticas cultivadas para nutrición, materiales o energía	Plantas cultivadas por acuicultura in situ con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de la acuicultura in situ para el uso directo o procesamiento
			Plantas cultivadas por acuicultura in situ cultivadas como fuente de energía
		Animales criados para nutrición, materiales o energía	Animales criados con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de animales criados para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)
			Animales criados para proporcionar energía (incluidos los mecánicos)
		Animales acuáticos criados para nutrición, materiales o energía.	Animales criados por la acuicultura in situ con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de animales cultivados mediante acuicultura in situ para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)
			Animales criados por la acuicultura in situ como fuente de energía
		Plantas silvestres (terrestres y acuáticas) para nutrición, materiales o energía	Plantas silvestres (terrestres y acuáticas, incluidos hongos, algas) utilizadas para la nutrición
			Fibras y otros materiales de plantas silvestres para uso directo o procesamiento (excluyendo materiales genéticos)
			Plantas silvestres (terrestres y acuáticas, incluidos hongos, algas) utilizadas como fuente de energía

Sección	División	Grupo	Clase
		Animales salvajes (terrestres y acuáticos) para nutrición, materiales o energía	Animales salvajes (terrestres y acuáticos) utilizados con fines nutricionales
			Fibras y otros materiales de animales salvajes para uso directo o procesamiento (excluidos los materiales genéticos)
			Animales salvajes (terrestres y acuáticos) utilizados como fuente de energía
	Material genético de toda la biota (incluida la producción de semillas, esporas o gametos)	Material genético de plantas, algas u hongos	Semillas, esporas y otros materiales vegetales recolectados para mantener o establecer una población
			Plantas superiores e inferiores (organismos completos) utilizadas para generar nuevas cepas o variedades
			Genes individuales extraídos de plantas superiores e inferiores para el diseño y construcción de nuevas entidades biológicas
		Material genético de animales	Material animal recolectado con el propósito de mantener o establecer una población
			Animales salvajes (organismos completos) utilizados para la reproducción de nuevas cepas o variedades
		Material genético de organismos	Genes individuales extraídos de organismos para el diseño y la construcción de nuevas entidades biológicas
Regulación y Mantención (biótica)	Transformaciones de inputs bioquímicos o físicos a los ecosistemas	Mediación de desechos o sustancias tóxicas de origen antropogénicos por procesos vivos	Biorremediación por microorganismos, algas, plantas y animales
			Filtración / secuestro / almacenamiento / acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales
		Mediación de molestias de origen antropogénico	Reducción de olores
			Atenuación de ruido
			Atenuación visual
	Regulación de las condiciones físicas, químicas y biológicas	Regulación de flujos y eventos extremos	Control de las tasas de erosión
			Buffer y atenuación de movimientos en masa
			Regulación del ciclo hidrológico y los flujos de agua
			Protección del viento
			Protección del fuego
		Mantención del ciclo de vida, hábitat y pool genético	Polinización (o dispersión de gametos en el mar)
			Dispersión de semillas
			Mantenimiento de poblaciones juveniles y hábitats (incluida la protección del pool genético)
		Pestes y control de enfermedades	Control de pestes (incluidas especies invasoras)
			Control de enfermedades
		Regulación de la calidad de suelo	Meteorización y su efecto en la calidad del suelo
			Descomposición y fijación y su efecto en la calidad del suelo
		Condiciones del agua	Regulación de la condición química de las aguas dulces mediante el proceso de vidas
			Regulación de la condición química del agua de mar
			Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos

Sección	División	Grupo	Clase
		Condiciones y composición atmosférica	Regulación de la temperatura y la humedad, incluida la ventilación y la transpiración
Cultural (Biótico)	Interacciones directas, remotas, a menudo de inmersión, con sistemas vivos que requieren presencia en el entorno ambiental	Interacciones físicas y experienciales con el ambiente natural	Características de los sistemas vivos que permiten actividades a través de interacciones activas o inmersivas
			Características de los sistemas vivos que permiten actividades a través de interacciones pasivas u observacionales
		Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural	Características de los sistemas vivos que permiten la investigación científica
			Características de los sistemas vivos que permiten la educación y el entrenamiento
			Características de los sistemas vivos que son importantes en términos de cultura o herencia
			Características de los sistemas vivos que permiten experiencias estéticas
	Interacciones directas, remotas, a menudo de inmersión, con sistemas vivos que no requieren presencia en el entorno ambiental	Interacciones espirituales, simbólicas u otras	Elementos de los sistemas vivos que tienen un significado simbólico
			Elementos de los sistemas vivos que son sagrados o con significado religioso
			Elementos de los sistemas vivos usados para entretenimiento o representación
		Otras características bióticas que tienen valor de no uso	Características o formas de los sistemas vivos que tienen valor de existencia
			Características o formas de los sistemas vivos un valor de opción o legado

Los servicios o beneficios son aprovechados por la población, para lo cual, es determinante conocer las relaciones del desarrollo del Proyecto con las actividades humanas ejecutadas en el territorio. Esto se encuentra contenido en el Capítulo 3.9 Línea de Base de Medio Humano del EIA actualizado en el **Anexo 16** de la **Adenda**.

D.3.2. Identificación de servicios ecosistémicos relevantes y capacidad de provisión de los ecosistemas del AE

A partir de esta información, y las caracterizaciones de flora y vegetación, se realizó la identificación y valoración de los servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas del AE, con especial consideración en aquellos relacionados con el proyecto, para luego estimar una magnitud de su potencial afectación. Para esto, se utilizó información científica disponible sobre:

1- Los servicios ecosistémicos más relevantes en Chile Central (Smith-Ramírez *et al*., 2023), y/o que pueden verse afectados en áreas similares y/o por parques eólicos (ej. Hamed & Alshare, 2022, Cordoves-Sanchez &Vallejos-Romero, 2019).

2- La capacidad de provisión de servicios ecosistémicos en las regiones de Ñuble y Biobío (Martínez-Martínez *et al*., 2022), representada en una matriz que integra los ecosistemas presentes en el AE y los servicios ecosistémicos identificados como relevantes.

En específico, el trabajo de Smith-Ramírez *et al*. (2023), titulado "Ecosystem services of Chilean sclerophyllous forests and shrublands on the verge of collapse: A review" (Servicios ecosistémicos de bosques y matorrales esclerófilos chilenos al borde del colapso: una revisión), sintetiza el conocimiento actual sobre los principales servicios ecosistémicos que brindan los bosques y matorrales esclerófilos de Chile con el fin de facilitar la valoración de estos ecosistemas para su conservación, restauración e investigación.

Esta información permite identificar posibles afectaciones relevantes en la provisión de servicios ecosistémicos, teniendo en consideración lo documentado en el **Capítulo 3.9 Línea de base de Medio Humano** del **EIA**, y distinguiendo el nivel de relación en tres categorías: baja, media y alta.

A su vez, el trabajo de Martínez-Martínez *et al.* (2022) contiene una matriz de servicios ecosistémicos diseñada para evaluar las regiones de Ñuble y Biobío validada por expertos (**Tabla 3**). Esta matriz fue adaptada para los servicios ecosistémicos relevantes identificados y para los ecosistemas presentes. Para fines de adaptación de más de un valor para completar una celda, se usó como criterio la moda y, en segundo lugar, el promedio. Con esto se obtiene la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos, total y de cada servicio ecosistémico de los ecosistemas presentes en el AI.

Tabla 3. Matriz de evaluación de servicios ecosistémicos construida por Martínez-Martínez *et al.* (2022) para las regiones de Ñuble y Biobío.

ES / LULC	Provisioning													Regulation and maintenance												Cultural				
	Crops	Fodder	Timber	Firewood	Energy (biomass)	Aquiculture (aquatic plants and animals)	Capture fisheries	Wild food and resources	Biochemical, medicinal and ornamental	Genetic material	Freshwater	Freshwater as energy source	Mineral resources	Global climate regulation and air quality	Local climate regulation, air quality	Erosion regulation	Water regulation	Water purification	Regulation of soil quality	Pollination	Regulation of baseline flows and extreme	Mediation of wastes/ toxic substances	Maintaining nursery populations and habitats	Pest and disease control	Recreation and ecotourism	Scientific, educational and formation interest	Patrimony and cultural heritage	Aesthetic value	Symbolic, sacred o religious meaning
Cropland	5	4	0	0	2	0	0	2	3	2	1	0	0	2	3	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2	3	3	3	1
Grassland	3	5	0	0	0	0	0	3	3	3	2	0	0	3	3	3	3	1	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2
Shrublands	2	2	2	2	2	0	0	3	4	4	2	0	2	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	3
Native forest	3	3	3	4	5	0	0	5	5	5	5	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
Wetlands	2	2	0	0	0	5	3	4	4	5	5	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bare areas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	2	2	2
Forest plantations	0	0	5	5	5	0	0	3	1	2	0	0	1	2	3	3	2	2	1	1	2	1	1	1	1	5	0	1	0
Water bodies	3	0	0	0	0	5	5	5	4	5	5	5	3	4	5	2	4	5	3	1	4	5	5	3	5	5	5	5	5
Urban-industrial areas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	3	4	3	1
Snow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	5	5	2	5	4	2	0	3	2	3	1	5	5	5	5	5

Color Scale

0 No relevant supply
1 Very low supply
2 Low supply
3 Medium supply
4 High supply
5 Very high supply

Finalmente, se describe la posible intervención en la provisión de estos servicios ecosistémicos, calculando la capacidad total de provisión de servicios ecosistémicos, en el AI, en el área de afectación para la cual se hizo la carta de vegetación, y se estima cuánto podría cambiar la provisión si se elimina toda la vegetación del área donde están las obras permanentes y temporales. Este tipo de metodología es frecuentemente utilizada para evaluar el impacto de cambios en los usos y coberturas del suelo (p.ej. Kaiser *et al*. 2013, Mancilla-Ruiz *et al*. 2021).

De esta manera, se identifican tanto los servicios ecosistémicos que tienen una relación potencial media o alta con el Proyecto y, aquellos que tienen una mayor provisión potencial (media, alta o muy alta) en el área de estudio (AE) del OP ecosistemas (subcuencas seleccionadas de los pisos vegetacionales) y en el área afectada directamente por actividades que implicarán remoción de vegetación (CV), por obras como plataformas, caminos, etc.

E. RESULTADOS

E.1. Caracterización de los ecosistemas de interés por su naturalidad o singularidad

E.1.1. Pisos vegetacionales en que se emplaza el Proyecto y extensión de los ecosistemas que lo componen

El Proyecto se emplaza en el extremo sur de dos pisos vegetacionales (PV "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica – Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven – Lithrea caustica*" (Luebert & Pliscoff, 2017). Ambos pisos vegetacionales se localizan en la zona centro-sur interior, cubriendo parcialmente las regiones de O'Higgins, Maule y Ñuble, y sumando un área total de 1.719.417,33 ha. De acuerdo con el análisis del CARVUT (**Tabla 4**), ambos pisos son dominados por ecosistemas agrícolas (zonas agropecuarias) (50% y 52%, respectivamente) seguido por plantaciones forestales (22% y 17%, respectivamente), con valores entre 13 y 14% le siguen Bosques nativos y mixtos y, por último, un 12% de Matorrales para cada piso. Ambos pisos tienen fragmentos de bosque nativo hacia la zona interior de la Cordillera de la Costa. Particularmente, en las cercanías del área de emplazamiento del Proyecto, situado en la sección oriental de la Cordillera de la Costa, existe el característico mosaico de plantaciones forestales con fragmentos de praderas y matorrales, bosques nativos y terrenos agrícolas de la zona central, siendo representativo de la condición de ambos pisos vegetacionales en las tres regiones administrativas de su extensión. En general, los fragmentos tienen tamaños diversos y formas complejas (**Figura 4**).

Los cuerpos de agua, en cambio, son escasos, y se representan principalmente por estanques o pequeñas lagunas, y las redes hidrográficas de los grandes ríos de las regiones, como por ejemplo el río Maule, ubicado al norte del área del Proyecto, o el río Itata, al sur del Proyecto, sin existir cursos de agua de magnitud en las cercanías del Proyecto, con la excepción del río Cauquenes que atraviesa la línea de transmisión en forma perpendicular. Los ecosistemas acuáticos continentales, cubren un 1% en cada uno de los PV (**Tabla 4**). En las cercanías del proyecto no forman redes de conectividad.

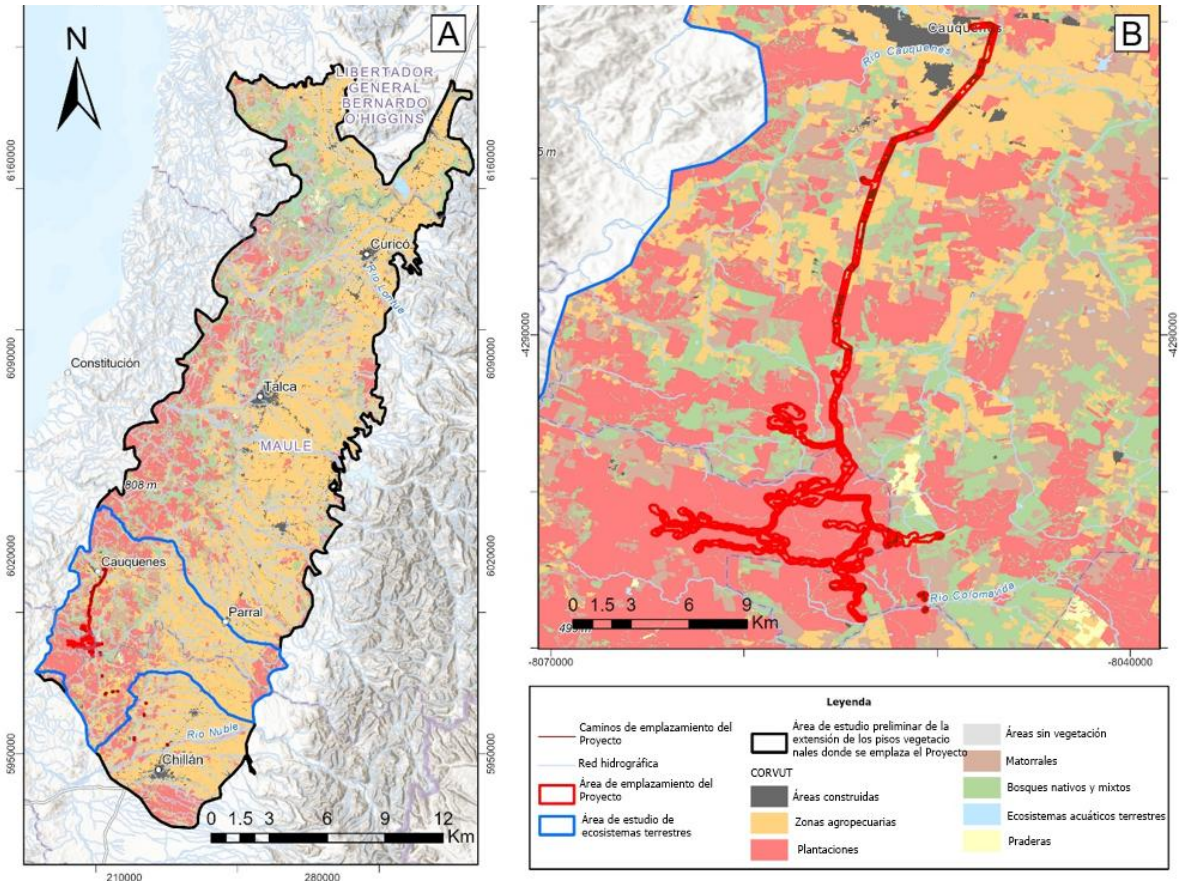

Figura 4. A) Ecosistemas a la extensión de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* - *Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Lithrea caustica*" en tres regiones administrativas. B) Ecosistemas a la extensión del AE. La extensión y distribución de los ecosistemas proviene del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)" de la región del Ñuble.

Tabla 4. Identificación de ecosistemas a nivel de los pisos vegetacionales (PV) "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*" a partir del Monitoreo de cambios de uso de la tierra del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)". Se analiza primero en la extensión completa de ambos PV y luego en un área más acotada, el área de estudio a nivel de subcuencas.

Ecosistemas	**Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus***		**Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica***		**Ambos pisos vegetacionales (PV)**	
	Área [ha]	Fracción de la extensión del PV [%]	Área [ha]	Fracción de la extensión del PV [%]	Área [ha]	Fracción en ambos PV [%]
Bosques nativos y mixtos	125.392,95	12,90	106.373,52	14,23	231.766,56	13,48
Ecosistemas acuáticos continentales	14.052,69	1,44	11.152,98	1,49	25.205,67	1,46
Matorrales	112.232,52	11,54	90.335,61	12,09	202.568,13	11,78
Praderas	7.161,12	0,74	2.227,14	0,30	9.388,26	0,55
Plantaciones	211.107,42	21,72	126.183,06	16,88	337.290,57	19,62
Zonas agropecuarias	481.794,48	49,56	389.858,04	52,17	871.652,52	50,69
Áreas construidas	20.140,56	2,07	21.100,59	2,82	41.241,15	2,40
Áreas sin vegetación	248,31	0,02	56,16	0,01	304,47	0,02
Total general	**972.130,05**	**100**	**747.287,1**	**100**	**1.719.417,3**	**100**

En relación con el estado de conservación, el piso vegetacional "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" se encuentra "En Peligro" por Pliscoff (2015), "Vulnerable" según el análisis de Alaniz *et al*. (2016) en base a criterios IUCN y "En Peligro Crítico" según el portal SIMBIO (MMA)[10], mientras que el piso vegetacional de "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* (syn. *Vachellia caven*) y *Lithrea caustica*" fue clasificado "En peligro" por Pliscoff (2015) y el portal SIMBIO (MMA), no pudiendo ser evaluado por Alaniz *et al*. (2016) debido a no existir datos suficientes para su clasificación. Esto está indicado con mayor

[10] *https://simbio.mma.gob.cl/Ecosistemas/Details/46*

detalle en la Línea Base de Flora y Vegetación (**Capítulo 3.2.2** actualizado en el **Anexo 06** de la **Adenda**).

Tras el análisis de toda la extensión de ambos pisos vegetacionales, se realizó un análisis de la sección de ambos pisos vegetacionales más directamente asociada al área de emplazamiento del Proyecto, la cual es definida como área de estudio, para evaluar de forma más dirigida los potenciales efectos del proyecto. Este análisis permitió evidenciar que el AE está dominada por ecosistemas agrícolas (zonas agropecuarias) (42,2%) seguido por plantaciones forestales (31,1%). Con valores entre 14,5 y 10,5% le siguen Matorrales, y Bosques nativos y mixtos, respectivamente. Ambos pisos presentaron fragmentos de bosque nativo hacia la zona interior de la Cordillera de la Costa (**Tabla 5**).

Tabla 5. Identificación de ecosistemas en los pisos vegetacionales del área de estudio (AE) a partir del Monitoreo de cambios de uso de la tierra del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)".

Ecosistemas	Subcuencas seleccionadas del PV Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*		Subcuencas seleccionadas del PV Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*		Subcuencas seleccionadas de ambos pisos vegetacionales (PV)	
	Área [ha]	Fracción [%]	Área [ha]	Fracción [%]	Área [ha]	Fracción [%]
Bosques nativos y mixtos	15.882,3	8,45	20.860,83	12,99	36.743,13	10,54
Ecosistemas acuáticos continentales	1.365,39	0,73	1.133,46	0,70	2.498,85	0,72
Matorrales	21.475,08	11,43	29.025,72	18,07	50.500,8	14,49
Praderas	993,24	0,59	114,21	0,07	1,107,45	0,60
Plantaciones	66.212,73	35,24	42.042,96	26,18	108.255,69	31,06
Zonas agropecuarias	80.677,98	42,94	66.326,13	41,30	147.004,11	42,18
Áreas construidas	1.224,72	0,65	1.075,86	0,67	2.300,58	0,66
Áreas sin vegetación	53,01	0,03	22,41	0,01	75,42	0,02
Total general	**187.884,45**	**100**	**160.601,58**	**100**	**348.486,03**	**100**

Un aspecto adicional que mencionar es que el proyecto se emplaza en dos regiones que cuentan con Planes de Infraestructura Ecológica. En el caso de la comuna de Quirihue, dentro de la Infraestructura Ecológica de la Región del Biobío (Núñez *et al.,* 2016), y en el caso de la comuna de Cauquenes, dentro de la Infraestructura Ecológica de la Región del Maule (Echeverría *et al.,* 2018). En ninguno de los planes existen áreas núcleos para protección y/o áreas de alto valor ecológico,

salvo pequeños fragmentos en el área sur de Quirihue. En el caso de la Infraestructura Ecológica del Maule, el proyecto coincide también con fragmentos de áreas identificadas como de conectividad y de amortiguación. En tanto, en la Infraestructura Ecológica del Biobío, coincide con pequeños fragmentos de valor ecológico (no de alto valor), y de restauración. Cabe mencionar, que dichos instrumentos fueron diseñados a una escala regional, por lo cual el cambio de escala, para desarrollar proyectos a escala local requiere de ajustes, en los cuales pueden tanto desaparecer áreas de interés, como también incorporarse nuevas áreas (Mancilla *et al*., 2022). Por esta razón, es pertinente el análisis pormenorizado realizado con este propósito.

E.1.2. Identificación de ecosistemas con características de naturalidad y singularidad

A partir de la información contenida en la CV de la línea base de Flora y Vegetación (**Capítulo 3.2.2**.) y en los sitios relevantes identificados para fauna terrestre y acuática (**Capítulo 3.2.4** y **Capítulo 3.3**) se puede afirmar que los ecosistemas que pueden ser objetos de protección (OP), por estar dominadas por especies nativas o singulares, son: bosques nativos, matorrales y ecosistemas acuáticos continentales (**Figura 7**). A continuación, se presenta el argumento de ello: En el caso del bosque nativo, y según la CV dentro del AE existen fragmentos de: Bosques nativos esclerófilos con exóticas asilvestradas, Bosques nativos esclerófilos subtipo Espinal, Bosques nativos esclerófilos subtipo Hidrófilo de quebradas, Bosques nativos esclerófilos subtipo Rodales mixtos y Formaciones arbóreas dominadas por especies nativas[11]. Este conjunto de bosques nativos recibe otras denominaciones en CARVUT, que tiene una extensión considerablemente mayor: Bosque Mixto Nativo con Exóticas Asilvestradas, Bosque Mixto Nativo-Plantación, Bosque Nativo Adulto, Bosque Nativo Adulto-Renoval, Bosque Nativo Renoval, siendo este último el más abundante representando el 96% de los bosques nativos y mixtos en ambos pisos vegetacionales. De acuerdo con la Línea de Base de Flora y Vegetación (**Capítulo 3.2.2**), 9 de las 11 especies bajo categorías de conservación catastradas dentro de su área de influencia están en bosques nativos (los helechos A*diantum chilense* var*. chilense, Adiantum chilense* var*. scabrum, Adiantum excisum, Adiantum sulphureum, Blechnum hastatum* y *Cheilanthes hypoleuca*, la suculenta *Puya chilensis*, y las geófitas *Calydorea xiphioides* y *Alstromeria diluta* ssp*. diluta*), con excepción de dos árboles aislados: *Citronella mucronata,* que tiene solo 1 ejemplar y está en una plantación forestal, y 1 individuo de *Crinodendron patagua,* en un matorral. El área de influencia (AI) de flora y vegetación presenta la mayor riqueza de especies de plantas vasculares en bosques nativos o mixtos, con 267 especies registradas. Le sigue la formación de matorrales, donde se identificaron 197 especies, y en tercer lugar las plantaciones forestales, con 141 especies. Finalmente, en las praderas, se registró la menor riqueza de especies, con un total de 54 especies.

[11] *Si bien estas formaciones no corresponden a bosques nativo desde un punto de vista forestal, sí pueden ser elementos relevantes desde un punto de vista ecosistémico, por lo que son incluidos en el análisis.*

Respecto de los matorrales, según CV dentro del AI de flora y vegetación existen fragmentos de: Matorrales espinosos, Matorrales esclerófilos y Matorrales de especies exóticas asilvestradas. Estas formaciones se encuentran identificadas dentro de CARVUT como Matorral-Pradera, Matorral arborescente, Matorral con suculentas y Matorral, cuya extensión alcanza el 15% de superficie en el AI. De acuerdo con la Línea de Base de Flora y Vegetación (**Capítulo 3.2.2**), 4 de las 11 las especies bajo categoría de conservación catastradas dentro de su área de influencia están en matorrales (*Adiantum chilense* var*. chilense, Adiantum chilense* var*. scabrum, Adiantum sulphureum* y *Puya chilensis*).

La fauna amenazada, en tanto, también fue más frecuente en ecosistemas de bosques nativos y matorrales, aunque también registran presencia complementaria en otros ecosistemas (ej. plantaciones forestales). De acuerdo con Línea de Base de Fauna Terrestre (**Capítulo 3.2.4**) y el Estudio específico Evaluación Ruido en Fauna Nativa (**Anexo 12**), en el AI de Fauna hay un total de 112 especies de vertebrados registradas, incluyendo 11 especies endémicas y 29 clasificadas en alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). Dentro de estas, 2 anfibios, 1 reptil y 1 mamífero se encuentran en categoría "Vulnerable" (rana chilena (*Calyptocephalella gayi*), el sapo de rulo (*Rhinella arunco*), la lagartija de Schröeder (*Liolaemus schroederi*) y la güiña (*Leopardus guigna*)). En particular, la rana chilena habita ecosistemas acuáticos continentales, mientras el sapo de rulo fue observado en bosque nativo, aunque podría también ocupar otros ecosistemas, del mismo modo que la largartija de Schröeder, finalmente la güiña es de hábitos arborícolas por lo que también prefiere el bosque nativo. En general, el Bosque Nativo fue el ecosistema que presentó la mayor abundancia (en todas las estaciones) y también riqueza y diversidad de fauna, especialmente durante las estaciones de invierno y primavera, siendo crucial para la preservación de las especies, incluidas aquellas con poblaciones reducidas o bajas en número, como la güiña. Las áreas con cuerpos de agua permanentes o estacionales también demostraron ser hábitats importantes, especialmente para los anfibios, cuya presencia se encuentra estrechamente relacionada con estos ecosistemas.

Respecto a los ecosistemas acuáticos continentales, la CV sólo los representa como fragmentos de "Cuerpos de agua". El **Capítulo 3.3** Ecosistemas acuáticos continentales (Biota acuática y calidad de agua) no indica hábitats destacados por presencia de especies amenazadas de microalgas ni zooplancton. Por su parte, los macroinvertebrados bentónicos y crustáceos decápodos informan en general sobre condiciones ambientales de bajo valor ambiental, y sólo se registraron dos sitios con buena calidad de agua a partir de macroinvertebrados (estero Lonquén y Lirutao) y 5 sitios de relevancia a partir de crustáceos. Finalmente, en peces la diversidad es baja, aunque en buen estado de salud, destacando la presencia de especies nativas En peligro (*Percilia gillisi*, Carmelita) y Vulnerables (ej. *Cheirodon galusdae*, Pocha; *Brachygalaxias bullocki* y *Basilichthys microlepidotus*, Pejerrey chileno). Esta información contenida en las líneas de base de fauna acuática, en el estudio de sitios relevantes para fauna (Estudio específico Evaluación Ruido en Fauna Nativa; **Anexo 12**), y también de terrestre (antes indicada), permite identificar algunos ecosistemas acuáticos como

relevantes, principalmente cursos de agua, especialmente dada la presencia de fauna anfibia y de aves, algunas de ellas amenazadas. La **Tabla 6** presenta una agrupación de los ecosistemas en el PV identificados en base a los criterios recién mencionados, considerando sus equivalencias asociadas a la CV del AE de Ecosistemas (como objeto de protección), y a los sitios relevantes para la fauna.

Tabla 6. Identificación de ecosistemas a nivel de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica - Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven - Lithrea caustica*". Cada columna indica su equivalencia a partir del monitoreo de cambios de usos del suelo del "Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CARVUT)" de las regiones de O'Higgins, Maule y Ñuble, luego de las unidades homogéneas y formaciones vegetacionales presentes, según la Carta de la vegetación (CV), en el AE de Ecosistemas (como objeto de protección), y finalmente de los sitios relevantes para la fauna, según el Proyecto.

Ecosistemas caracterizados a partir de CARVUT	Unidades homogéneas del AE a partir de CV	Formaciones vegetacionales del AE a partir de CV	Sitios relevantes para la fauna
Bosques nativos y mixtos	Bosques nativos; Formaciones arbóreas que no constituyen bosques	Bosques nativos esclerófilos subtipo espinal + Bosques nativos esclerófilos con exóticas asilvestradas + Bosques nativos esclerófilos subtipo hidrófilo de quebradas + Bosques nativos esclerófilos subtipo rodales mixtos + Formaciones arbóreas dominadas por especies nativas	Quebradas con bosques (SR 2, 3 y 7) y zonas de bosque abierto con cururerras (SR 5 y 6)
Ecosistemas acuáticos continentales (cajas de ríos, lagos/lagunas/embalses/tranques, ríos, humedales, vegas, vegetación herbácea en orilla de ríos)	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Tranques (SR 1 y 4), y quebradas (SR 2, 3 y 7)
Áreas construidas (ciudades, pueblos, zonas industriales, minería industrial) y sin vegetación (afloramientos rocosos, playas y dunas)	Infraestructura y equipamiento	Caminos + Infraestructura	-
Matorrales-Pradera, Matorral arborescente, Matorral suculentas, Matorral)	Matorrales	Matorrales de especies exóticas asilvestradas + Matorrales esclerófilos + Matorrales espinosos	Zonas de matorrales con cururerras (SR 5 y 6)
Praderas (estepa andina, pradera anual)	Praderas; Praderas con Árboles y/o arbustos	Pradera de especies exóticas + Pradera con árboles y/o arbustos	-
Ecosistemas boscosos exóticos: Plantaciones	Plantaciones forestales, Bosque de especies exóticas asilvestradas; Formaciones arbóreas (FA) dominadas por especies exóticas)	Plantación adulta de *Eucalyptus* spp. + Plantación adulta de *Pinus radiata* + Plantaciones forestales jóvenes o cosechadas + Bosque de especies exóticas asilvestradas + Formaciones arbóreas (FA) dominadas por especies exóticas asilvestradas	-
Tierras agrícolas y praderas: zonas agropecuarias (pradera perenne, praderas, rotación cultivo-pradera, terrenos de uso agrícola)	Zonas agropecuarias	Cultivos anuales + Cultivos de *Vitis vinifera*	-

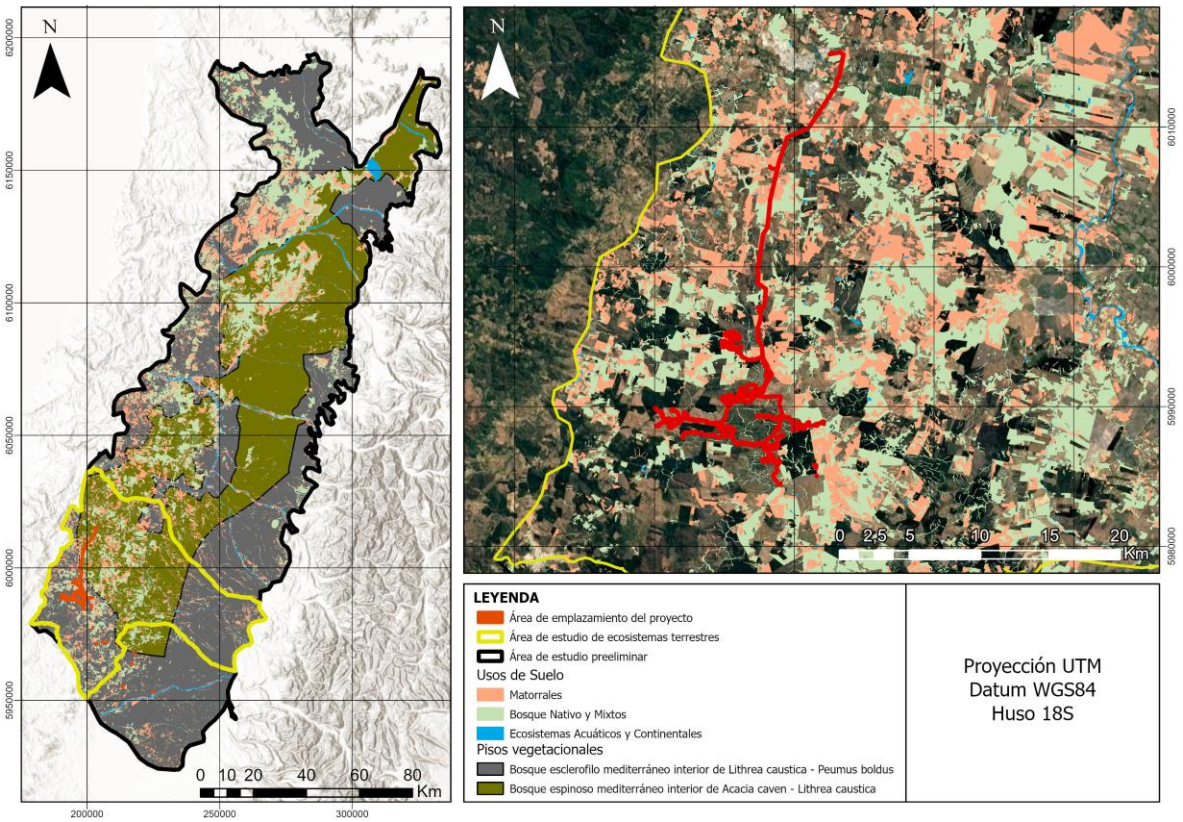

Figura 5. Ecosistemas que representan objetos de protección, de los pisos vegetacionales "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* - *Peumus boldus*" y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Lithrea caustica*": bosques nativos y mixtos, matorrales y ecosistemas acuáticos continentales. En "A" se presenta la extensión total de los pisos vegetacionales y en "B" un acercamiento al AE.

E.1.3. Extensión de los ecosistemas en el AI de flora y vegetación y su carta de vegetación

En el marco de la Ley de Bosques, el AI de flora y vegetación considera una superficie de 270,63 ha correspondientes a bosque nativo, con cuatro formaciones vegetacionales, siendo la formación de "Bosques nativos esclerófilos subtipo Espinal" la más relevante, por cubrir 230,70 ha (8,82% del AI, 85,24% de los bosques nativos según la Ley de Bosques). A estas formaciones, se pueden adicionar las formaciones arbóreas que no constituyen bosques dominadas por especies nativas (10,58 ha) dadas las características de las especies que la componen (**Tabla 7**).

Respecto a los "Bosques de exóticas asilvestradas", estos cubren 48,65 ha, y son dominados por las especies exóticas *Pinus radiata* (pino), *Eucalyptus globulus* (eucalipto) y *E. camaldulensis* (eucalipto). El "Matorral" está principalmente representado Matorrales espinosos (202,27 ha), seguido de

Matorrales esclerófilos (52,15 ha). Ambos están dominados por especies arbustivas y suculentas, aunque no cumplen los criterios para ser clasificados como formaciones xerofíticas.

Finalmente, la única manifestación de ecosistemas acuáticos continentales presente en la CV es "Cuerpos de agua", alcanzando 1,31 ha (0,05%).

Tabla 7. Extensión de ecosistemas a partir de las unidades homogéneas y formaciones vegetacionales presentes en el AI de flora y vegetación, según la Carta de la vegetación (CV).

Unidades homogéneas y formaciones vegetacionales que las componen	Área [ha]	Fracción del AI de flora y vegetación
Bosques nativos (270,63 ha, 10,34%) + FA nativas (10,58 ha, 0,40%)	**281,21**	**10,75%**
Bosques nativos esclerófilos con exóticas asilvestradas	12,75	0,49%
Bosques nativos esclerófilos subtipo Espinal	230,70	8,82%
Bosques nativos esclerófilos subtipo Hidrófilo de quebradas	1,73	0,07%
Bosques nativos esclerófilos subtipo Rodales mixtos	25,45	0,97%
Formaciones arbóreas dominadas por especies nativas	10,58	0,40%
Matorrales	**268,76**	**10,27%**
Matorrales de especies exóticas asilvestradas	11,34	0,43%
Matorrales esclerófilos	52,15	1,99%
Matorrales espinosos	205,27	7,85%
Cuerpos de agua	**1,31**	**0,05%**
Cuerpos de agua	1,31	0,05%
Praderas	**100,21**	**3,83%**
Pradera de especies exóticas	32,63	1,25%
Pradera con árboles y/o arbustos	67,57	2,58%
Zonas agropecuarias	**113,96**	**4,36%**
Cultivos anuales	90,57	3,46%
Cultivos de *Vitis vinifera*	23,38	0,89%
Plantaciones forestales (1695,68 ha, 64,81%), bosques de exóticas (48,65 ha, 1,86%) y FA exóticas (24,79 ha, 0,95%)	**1.758,54**	**67,21%**
Plantación adulta de *Eucalyptus* spp.	78,70	3,01%
Plantación adulta de *Pinus radiata*	263,94	10,09%
Plantaciones forestales jóvenes o cosechadas	1.353,04	51,71%
Bosque de especies exóticas asilvestradas	48,65	1,86%
Formaciones arbóreas (FA) que no constituyen bosque dominadas por especies exóticas asilvestradas	14,21	0,54%
Infraestructura y equipamiento	**92,36**	**3,53%**
Caminos	77,29	2,95%
Infraestructura	15,07	0,58%
Total general	**2.616,35**	**100,00%**

De esta manera los únicos fragmentos de alto interés por su naturalidad y singularidad de estos pisos vegetacionales en el AI, son: 1) los bosques nativos y las formaciones arbóreas dominadas por especies nativas, distribuidos en 281,21 ha, lo que representa un 0,08% de la extensión del AE y es

equivalente a un 0,77% de la extensión de bosques nativos y mixtos de las subcuencas seleccionadas de ambos PV, 2) Los matorrales muy mayoritariamente dominados por especies nativas (95,7%), distribuidos en 286,76 ha, lo que representa un 0,08% de la extensión del AE y es equivalente a un 0,48% de la extensión de bosques nativos y mixtos de las subcuencas seleccionadas de ambos PV, y 3) los cuerpos de agua que alcanzan 1,3 ha y equivalen a un 0,0004% de la extensión de las subcuencas seleccionadas de ambos PV. Lo anterior se presenta en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Extensión de los ecosistemas, obtenidos de las unidades homogéneas y formaciones vegetacionales presentes en el AE y en la extensión en las dos subcuencas de ambos pisos vegetacionales donde se emplaza el proyecto.

Ecosistemas en CARVUT	**Pisos vegetacionales en subcuencas en AE de ecosistemas**		**AI de la carta de vegetación**			**Fracción de la extensión de ambos pisos vegetacionales (PV) en las subcuencas seleccionadas y del ecosistema [%]**
	Área [ha]	Fracción de la extensión de los pisos vegetacionales	Denominación del ecosistema	Área [ha]	Fracción de la AI de la CV	
Bosque nativo (8,7%) y mixto (0,2%)	36.743,13	10,54%	Bosque nativo + Formaciones arbóreas (nativas)	281,21	10,75%	PV: 0,08% Ecosistema: 0,77%
Ecosistemas acuáticos continentales: cajas de ríos (<0,1%), lagos/lagunas/ embalses/tranques (0,1%), ríos (0,3%), humedales (0,1%), vegas (<0,1%), vegetación herbácea en orilla de ríos (0,1%)	2.498,8	0,7%	Cuerpos de agua	1,3	0,05%	PV: <0,01% Ecosistema: 0,05%
Matorrales-Pradera, Matorral arborescente, Matorral suculentas, Matorral	55.500,8	14,5%	Matorrales espinosos y esclerófilos, matorrales de exóticas asilvestradas	286,76	10,27%	PV: 0,08% Ecosistema: 0,48%
Praderas	1.107,45	0,6%	Praderas	100,21	3,83%	PV: 0,03% Ecosistema: 9,05%
Plantaciones	108.255,7	31,1%	Plantaciones forestales y Formaciones arbóreas (exóticas)	1.758,54	67,21%	PV: 0,50% Ecosistema: 1,62%

Ecosistemas en CARVUT	Pisos vegetacionales en subcuencas en AE de ecosistemas		AI de la carta de vegetación			Fracción de la extensión de ambos pisos vegetacionales (PV) en las subcuencas seleccionadas y del ecosistema [%]
	Área [ha]	Fracción de la extensión de los pisos vegetacionales	Denominación del ecosistema	Área [ha]	Fracción de la AI de la CV	
Zonas agropecuarias	147.004,1	42,2%	Zonas agropecuarias	113,96	4,36%	PV: 0,03% Ecosistema: 0,08%
Áreas construidas	2.300,6	0,6%	Infraestructura y equipamiento	92,36	3,53%	PV: 0,03% Ecosistema: 4,01%
Áreas sin vegetación	75,42	0,0%				PV: 0% Ecosistema: 0%
Total	**348.486,03**	**100,0%**		2.550,17	100%	PV: 0,75%

Fuente: Elaboración propia a partir de CARVUT y CV del Proyecto.

E.2. Análisis de interacciones ecológicas relevantes para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas

E.2.1. Caracterización de los fragmentos de ecosistemas terrestres naturales en los pisos vegetacionales y en el AE

Como indica la **Tabla 9** en relación a las métricas del paisaje, los bosques nativos y mixtos cubren entre 100 mil y 125 mil ha en cada PV (CA), con un alto número de fragmentos (NP) pero en baja densidad (PD), representando fragmentos pequeños (área promedio (AREA_MN)), con formas mayormente lineales y/o complejas (en vez de compactas; SHAPE_MN), lo que las hace propensas al efecto borde, y por tanto, a la exposición ante las amenazas o condiciones ambientales adversas (ej. mayor visibilidad –favorece depredación-, mayor ruido, mayores temperaturas, mayor sequedad del aire) que hay fuera de los fragmentos. Menos de la mitad del área de bosques nativos y mixtos tienen áreas lo suficientemente grandes como para tener más de 100 m desde el borde del fragmento hacia adentro, siendo las menos propensas a las amenazas, y, por tanto, las más relevantes como hábitat para la biodiversidad (TCA; **Tabla 9**). El área promedio disminuye aproximadamente a la mitad al considerar este borde (CORE_MN) lo cual no representa una disminución severa, probablemente porque los fragmentos no son tan pequeños como para representar meras acumulaciones de pocos árboles. Finalmente, la distancia entre fragmentos (ENN_MN) muestra cercanía entre ellos (en promedio 100-120 m), apreciándose además una agregación media-alta (88-90 en escala de 1-100 donde 100 significa totalmente agregado), esto significa que los parches más cercanos entregan continuidad al hábitat y por tanto es relevante que se conserven.

De acuerdo con la métrica CA, los matorrales presentan 112 y 90 mil ha en cada PV, con un número de fragmento (NP) superior a 5000 para cada PV. Los matorrales presentan una baja densidad y se encuentran presenten en pequeños fragmentos con formas complejas o lineales (SHAPE_MN), las que al igual que el bosque nativo, se encuentran propensas al efecto borde y por tanto se encuentran amenazadas a las condiciones ambientales adversas que pueda presentar el entorno. El índice AE revela que los parches se encuentran a nivel alto de agregación, de manera que hay contigüidad entre los parches.

Por otra parte, los ecosistemas acuáticos continentales (cuerpos de agua) tienen una superficie considerablemente menor, y un alto número de fragmentos pequeños, disminuyendo a un tercio su área núcleo y con índices de forma similares a bosques, por representar principalmente cuerpos de agua, más que cursos de agua, aun con forma compleja.

Tabla 9. Métricas del paisaje sobre los fragmentos de bosques nativos y mixtos, matorrales espinosos y esclerófilos, y de ecosistemas acuáticos continentales en **los pisos vegetacionales** (PV) "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* - *Peumus boldus*" (Bosque esclerófilo) y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Lithrea caustica*" (Bosque espinoso).

Métricas de paisaje	Acrónimo	Bosques nativos y mixtos en PV Bosque Esclerófilo	Bosques nativos y mixtos en PV Bosque espinoso	Matorrales espinosos y esclerófilos en PV Bosque Esclerófilo	Matorrales espinosos y esclerófilos en PV Bosque espinoso	Ecosistemas acuáticos continentales en PV Bosque Esclerófilo	Ecosistemas acuáticos continentales en PV Bosque espinoso
Área total [ha]	CA	125.393	106.374	112.232	90.336	14.053	11.153
Número de fragmentos [NP]	NP	10.372	8.035	11.309	6.500	1.114	816
Tamaño de fragmento más grande % (del PV)	LPI	1,6	1,4	1,2	0,5	0,4	0,41
Densidad de fragmento [n/ha] (en PV)	PD	1,1	1,1	1,2	0,9	0,1	0,1
Área promedio [ha] (+/- D.S.)	AREA_MN	12,1 (+/-232,2)	13,2 (+/- 211,8)	9,9 (+/- 141,5)	13,9 (+/- 94,1)	12,6 (+/- 141,2)	13,7 (+/- 150,8)
Forma promedio	SHAPE_MN	1,7 (+/- 1,0)	1,6 (+/- 0,9)	1,7 (+/- 0,9)	1,7 (+/- 0,9)	1,7 (+/- 1,4)	1,7 (+/- 1,3)
Área total núcleo con 100 m borde [ha]	TCA	54.356	50.034	36.063	31.492	3.160	4.487
Área promedio núcleo con 100 m borde [ha] (+/- D.S.)	CORE_MN	5,2 (+/- 160,64)	6,2 (+/- 135,09)	3,2 (+/- 99.4)	4,8 (+/- 50,4)	2,8 (+/- 42,05)	5,5 (+/- 98,38)
Distancia promedio entre fragmentos [m] (D.S.)	ENN_MN	117,6 (+/- 196,9)	105,4 (+/-189,9)	129,5 (+/- 189,5)	130,8 (+/- 202,6)	531,2 (+/ 1.110,4)	575,2 (+/-1.124,0)
Agregación (adimensional, 0-100)	AG	88,4	89,7	86,2	88,1	85,3	87,6

Al observar las métricas del paisaje a la extensión de las subcuencas donde se emplaza el Proyecto (**Tabla 10**), se pueden evidenciar algunas semejanzas y diferencias. El área cubierta por bosques nativos y mixtos cubre 36.743 ha, también con un alto número de fragmentos (NP) y baja densidad (PD), un menor a la situación en toda la extensión de ambos pisos, siendo fragmentos aún más pequeños (área promedio (AREA_MN) = 5,6 ha), con formas similares, mayormente lineales y/o complejas (en vez de compactas; SHAPE_MN), representando por ejemplo quebradas. El área de los fragmentos que son lo suficientemente grandes como para tener más de 100 m desde el borde del

fragmento hacia adentro, es menor que en el resto de ambos pisos vegetacionales, siendo aún más propensas a las amenazas (TCA y CORE_MN), siendo una reducción mayor que en ambos pisos vegetacionales. Finalmente, la distancia entre fragmentos (ENN_MN) muestra una cercanía entre ellos mayor que el promedio en ambos pisos vegetacionales, aunque con una agregación ligeramente menor, pero aun media-alta. Los matorrales cubren una superficie 50.500,8 ha, presentan un alto número de parches con una baja densidad de parches. Su parche más grande (LPI) alcanza 0,9 %, mientras que su área promedio (AREA_MN) alcanza 11,3 ha y una agregación (AI) de 87, siendo una cobertura más compacta. Los ecosistemas acuáticos continentales muestran patrones similares a la extensión de ambos pisos vegetacionales, pero con áreas promedio considerablemente menores y una menor agregación.

Tabla 10. Métricas del paisaje sobre los fragmentos de bosques nativos y mixtos y de ecosistemas acuáticos continentales en las **dos subcuencas seleccionadas** de los pisos vegetacionales (PV) "Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* - *Peumus boldus*" (Bosque esclerófilo) y "Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Lithrea caustica*" (Bosque espinoso).

Métricas de paisaje	Acrónimo	Bosques nativos y mixtos en subcuencas de ambos PV	Matorrales espinosos y esclerófilos en subcuencas de ambos PV	Ecosistemas acuáticos continentales en subcuencas de ambos PV
Área total [ha]	CA	36.743,1	50.500,8	2.498,5
Número de fragmentos [NP]	NP	6.553	4.462	742
Tamaño de fragmento más grande % (de las subcuencas)	LPI	0,42	0,9	0,1
Densidad de fragmento [n/ha] (en las subcuencas)	PD	1,9	1,3	0,2
Área promedio [ha] (+/- D.S.)	AREA_MN	5,6 (+/-41,8)	11,3 (+/- 83,6)	3,4 (+/-13,1)
Forma promedio	SHAPE_MN	1,5 (+/-0,8)	1,7 (+/- 0,9)	1,6 (+/-1,0)
Área total núcleo con 100m borde [ha]	TCA	9.834,2	15.992,6	130,9
Área promedio núcleo con 100m borde [ha] (+/- D.S.)	CORE_MN	1,5 (+/-21,7)	3,6 (+/- 49,7)	0,2 (+/-2,3)
Distancia promedio entre fragmentos [m] (D.S.)	ENN_MN	97,7 (+/-128,6)	112,1 (+/- 140,4)	390,9 (+/-802,5)
Agregación (adimensional, 0-100)	AG	83,0	87,3	72,8

En términos generales, el análisis del AE muestra que la permanencia de los ecosistemas no está amenazada por la presencia del proyecto, dado que una fracción muy menor de los fragmentos de bosque nativo y mixto existentes, tanto en la extensión completa de los pisos vegetacionales (PV: 0,1%) como de las subcuencas seleccionadas (SS, que determinan el AI: 0,65%) está directamente en el área de emplazamiento del Proyecto y en su entorno directo (definido por la CV, o AI de flora y vegetación).

Del mismo modo, en ambas extensiones (ambos PV completos y dos subcuencas seleccionadas) el área promedio de los fragmentos de bosque nativo supera las 5 ha, siendo de 12-13 ha en los PV completos y 5,6 en las subcuencas seleccionadas, y a partir de la métrica TCA se puede evidenciar que existen entre 50 mil y 54 mil ha de bosques nativos y mixtos como áreas con altas capacidades para funcionar como áreas núcleo en ambos PV y 9,8 mil ha en el AE conformada por las subcuencas, reduciendo el efecto borde en una distancia de 100 m. Gran parte de estos fragmentos corresponden a quebradas, cumpliendo un rol esencial en la conectividad ecológica, que incide en la permanencia, regeneración (a través de dispersión de propágulos) y desarrollo de los ecosistemas. Por otra parte, los fragmentos de mayor tamaño (ej. > 100 ha) cumplen el rol de núcleos o “grandes islas” de acuerdo con la teoría biogeográfica de islas, facilitando la permanencia, reproducción y propagación de especies hacia fragmentos más pequeños, contribuyendo al desarrollo de los ecosistemas.

Para ambos PV en matorrales se evidenció una superficie que alcanza entre 90 mil y 120 mil ha, con un número de fragmentos de entre 6.500 y 11.309, aunque con una baja densidad (0,5 a 1,2/ha). El área promedio (AREA_MN) muestra que superficies pequeñas que pueden estar expuestas al efecto borde, aunque su índice de agregación sigue siendo alto. Dentro del AE conformado por las subcuencas seleccionadas, la superficie alcanza 50 mil ha en 4.462 fragmentos y con una densidad levemente mayor que en los PV (1,3 fragmentos/ha), y una agregación similar.

Por otra parte, los ecosistemas acuáticos continentales (**Figura 6**) son escasos en el AE (<0,01% en ambos PV y 0,05% en las subcuencas seleccionadas) y su entorno (en base al análisis del CARVUT), y si bien algunos de ellos son parte de quebradas, tienen una escasa conectividad hídrica (ej. cuerpos de agua).

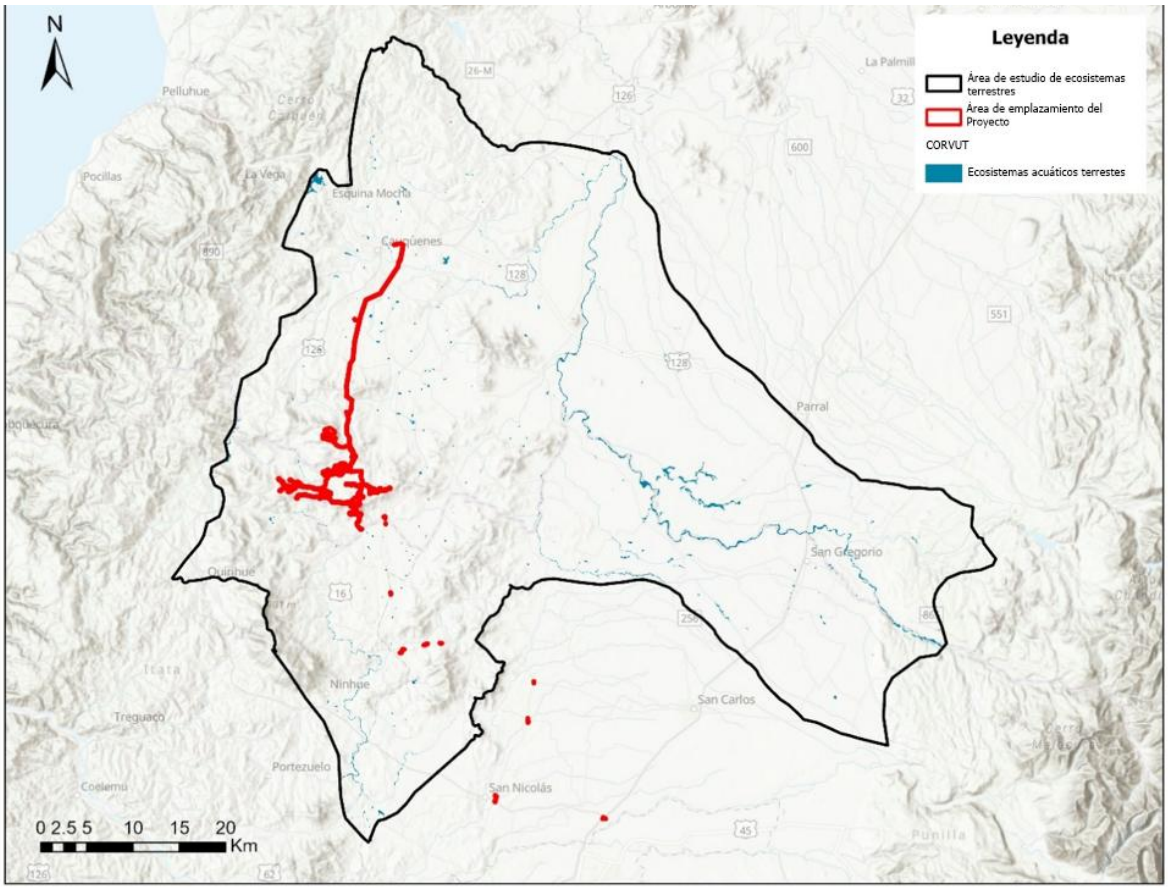

Figura 6. Cartografía de los ecosistemas acuáticos continentales dentro del AE.

E.2.2. Análisis de la localización espacial, conectividad y métricas del paisaje

Basado en la información de la CV y el CARVUT, este último para analizar los ecosistemas que están fuera del AI de Flora y Vegetación (con el cual se identificó la CV), se analizó la localización de las obras del proyecto en relación con los fragmentos de ecosistemas naturales, considerando especialmente a aquellos fragmentos mayores al promedio de fragmentos en el área (6,4 ha) y la conectividad entre fragmentos. A continuación, se describe la localización espacial y conectividad de los fragmentos de ecosistemas naturales (bosque nativo/mixto, matorrales y ecosistemas acuáticos) en relación con las obras del proyecto. En las **Figura 7** a la **Figura 18** se presentan las obras del proyecto: aerogeneradores (AG), marco de línea (ML; conexión entre la subestación y la LT), torres y línea de transmisión eléctrica (LT), y caminos vinculados al área de emplazamiento del proyecto. Además, se representan los ecosistemas que representan objetos de protección: bosques nativos, y mixtos (verde), matorrales (café) y ecosistemas acuáticos (azul), a través de 2 fuentes: el CARVUT (en tonos fuertes) y la cartografía de vegetación en tonos claros, delineado y relleno de puntos. Asimismo, se añade la hidrografía referencial (celeste), la cual complementa la información sobre cuerpos de agua de la CV y CARVUT para representar la conectividad entre cursos de agua y de pequeños cuerpos de agua que no puede distinguir la resolución de CARVUT o que está fuera del área de representación de la CV.

Tramo AG 1-13: La información provista por la CV detecta muy pequeñas franjas de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos), y de matorrales en cercanas a las obras del proyecto, particularmente en tramos entre AG 2 hacia 9, de AG 6, y en el borde del AG 12. Según CARVUT los únicos ecosistemas de interés cercanos a las obras del proyecto son una franja de matorrales entre los AG 2 y 8, y una franja de bosque nativo esclerófilo de < 5 ha cercano al AG 6. Asimismo, hay dos sitios relevantes de fauna: un tranque entre los AG 4 y 5 (SR1) y otro al norte los AG 12 y 13 (SR2) que forma parte de un curso de agua, paralelo a los AG 9 a 13, y que hacia el norte es detectable por CARVUT como ecosistema acuático (al norte del AG 10). El área está inmersa entre varias quebradas. Ninguno tiene una mayor relación con el proyecto en término de interacciones espaciales por cercanía.

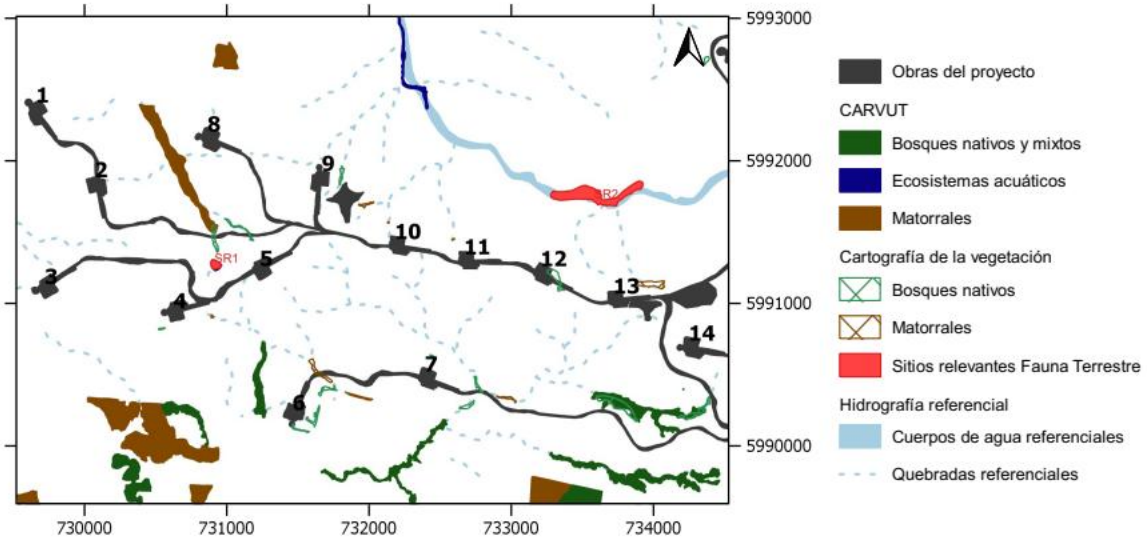

Figura 7. Tramo AG 1-13: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo AG 14-24: La información provista por la CV detecta muchas y muy pequeñas (<1 ha) franjas bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos) y de matorrales. Ejemplos de esto son un fragmento de bosque nativo junto a AG19 y fragmentos conectados de matorrales y bosques nativos al norte del AG21.

En el tramo entre el AG 7 y la ubicación de los AG 14 a 18 existen 3 quebradas alargadas y fragmentadas de bosque nativo esclerófilo, con tamaños de entre 5 y 6 ha que, pese a estar cercanas, no se ven afectadas por las obras del proyecto. Estas se conectan hacia el sur con un fragmento grande de bosque nativo y matorral. Existe un sitio relevante para fauna (SR3) cercano al AG 18 en una quebrada distante, aunque conectada con otras quebradas.

Entre los AG 19 a 24 no hay ecosistemas de interés cercanos a las obras del proyecto, sin embargo, en el camino ubicado al sur del AG 23 existe un gran fragmento de aproximadamente 60 ha descrito como de bosque nativo esclerófilo por CARVUT, el cual no coincide con las obras de emplazamiento del proyecto, salvo en un extremo. Existe una quebrada con bosque nativo remanente al sur del AG9-20, y un sitio relevante para fauna (SR4) entre los AG 24 y 30, que representa un tranque desconectado de la red hídrica.

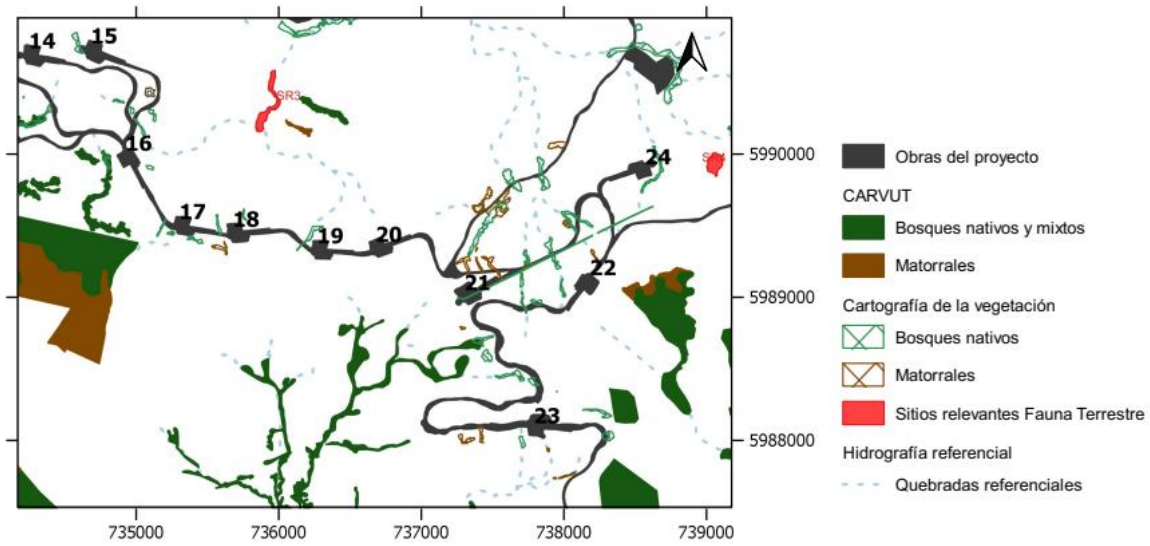

Figura 8. Tramo AG 14-24: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo AG 25-35: La información provista por la CV detecta franjas de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos), y matorrales entre los AG 32 y 35. También detecta estos ecosistemas junto a AG25, 30 y 31, que en estos últimos dos casos está acompañada también por matorrales, también cercano al SR4.

Entre los AG 25 a 28 no hay ecosistemas de interés detectados por la CV ni CARVUT, pero desde el AG 32 a 35 existe un extenso fragmento de bosque nativo esclerófilo, compacto, que alcanza aproximadamente 450 ha y que tiene parches de matorrales y quebradas. En su interior tiene un sitio relevante para la fauna (SR5).

En particular las obras de los AG 32, 34 y 35 coinciden con un ecosistema de bosque nativo que podría representar un núcleo, atravesándolo en forma transversal. Este gran fragmento es también afectado por obras entre AG 29 y 31.

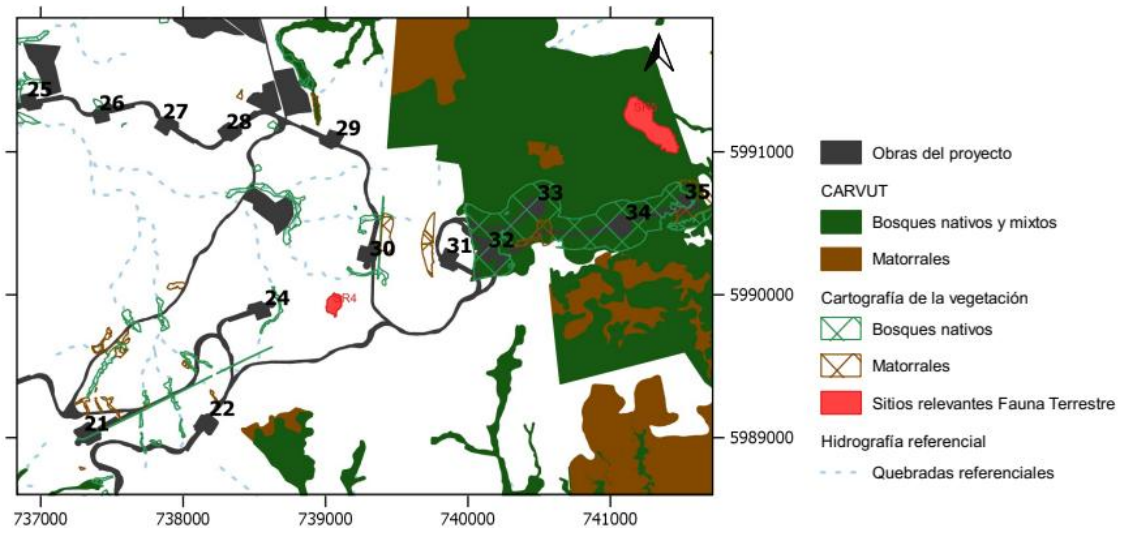

Figura 9. Tramo AG 25-35: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo AG 36-40, ML a torres 1-7: La información provista por la CV detecta, pequeñas (< 1 ha) franjas de bosques nativos y formaciones arbórea (nativos), de matorrales y de cuerpos de agua, junto a los AG 36-40 y a las torres 5 a 8. Junto al AG 39 identifica un fragmento de matorral, con un cuerpo de agua en su interior que en CARVUT se identifica, erróneamente, como bosque nativo. Los AG 36 a 39 no tienen ecosistemas de interés cercanos, salvo un gran fragmento de bosque nativo y matorral a más de 700 m, cruzando un curso de agua. El AG 40 y en ML hacia las torres 1-4 sólo tienen quebradas menores. Finalmente, entre las torres 5 a 7, CARVUT muestra la presencia de un gran fragmento de matorrales y bosque nativo, que es bosque nativo según CV, al que el trazado de la línea de transmisión bordea en este tramo.

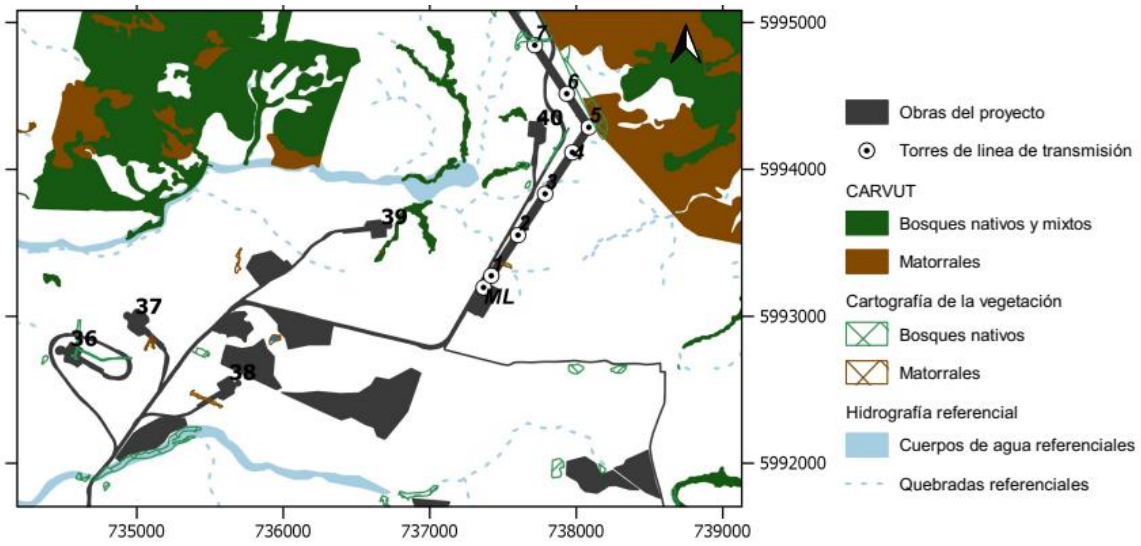

Figura 10. Tramo AG 36-40 y Torres 1-7: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo AG 41-45 y torres 9-19: La CV detecta fragmentos de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos), y de matorrales, en el camino de acceso a los AG 41-43 y especialmente un fragmento de bosque nativo muy cercano al AG 43.

Según CARVUT los AG 41 a 43 están cercanos a grandes fragmentos de bosque nativo, pero no están insertos en ellos, y aunque la ubicación del AG 42 es muy cercano a un gran fragmento ubicado al sur que combina bosque nativo y bosque mixto, dada su gran extensión debería ser menos sensible al efecto borde. El camino proyectado entre la línea de transmisión y el AG 43 podría llegar a afectar la conectividad entre fragmentos de bosque nativo y de matorrales. El tramo de la línea de transmisión entre las torres 9 a 19 presenta matorrales en un fragmento estrecho, que puede ser clave para la conectividad este-oeste.

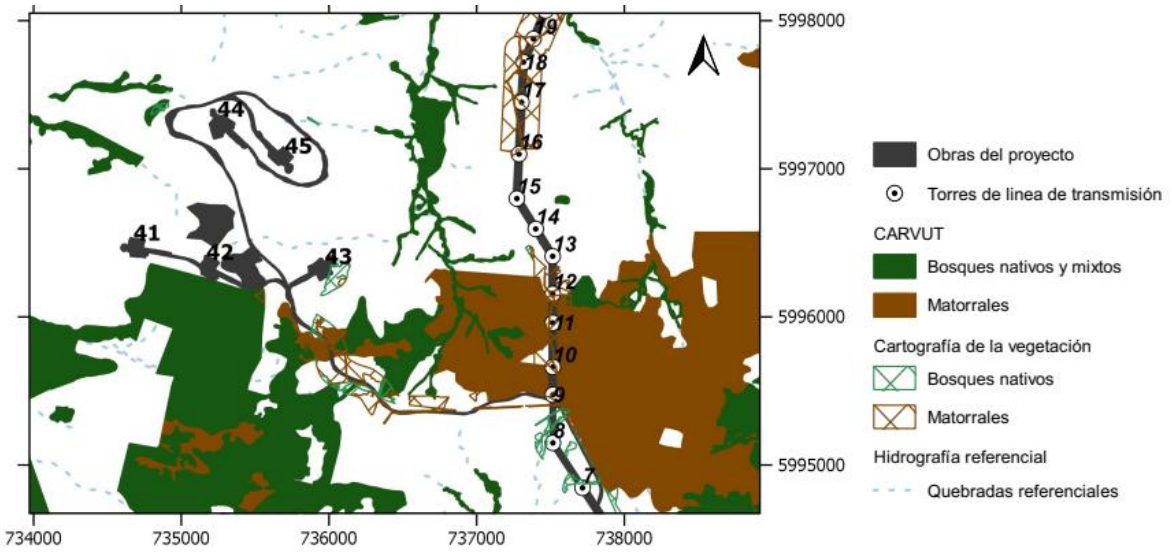

Figura 11. Tramo AG 41-45 y torres 9-19: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo torres 20-31: La información provista por la CV detecta pequeños fragmentos de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos) junto a torres 21, 27, 30 y 31. Además, entre las torres 27 y 34, detecta fragmentos de matorrales. Según CARVUT, entre las torres 20 y 34 existe un gran fragmento de bosque nativo con formas mayormente completas, formando una red de quebradas y áreas centrales con mayor área, llegando a cubrir 220 ha.

Este gran fragmento será atravesado en tres sectores, dos extremos y uno central. Respecto a las interacciones en sectores extremos, la faja de la línea de transmisión entre las torres 20 y 21, tiene un fragmento que efectivamente corresponde a bosque nativo, pero otro corresponde a matorral, según la CV. Luego, entre las torres 23 y 24, existe otro fragmento que corresponde a matorral (detectado por CARVUT como bosque nativo), siendo ambas zonas extremas del fragmento.

En cambio, entre las torres 26 y 27, hay coincidencia entre obras y un sitio relevante de fauna (SR6). Asimismo, entre las torres 28 y 31 hay coincidencia entre las obras y el centro del fragmento, correspondiendo principalmente a matorrales y no a bosques nativos como indica CARVUT. El sector corresponde a un sitio de fondo de quebrada que puede servir de tránsito de especies.

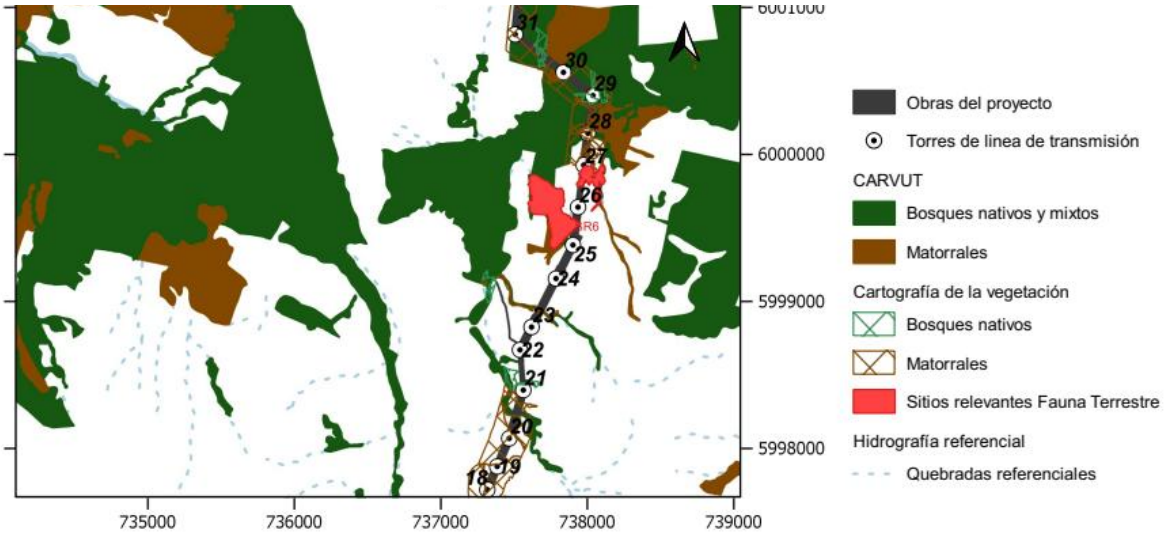

Figura 12. Tramo torres 20-31: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo torres 32-44: La CV detecta fragmentos relevantes de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos), y de matorrales, en la torre 35-36 (matorral), y entre las torres 40 y 43 (principalmente bosque nativo).

Entre las torres 32 y 34 está la parte terminal de un fragmento de matorrales y bosques nativos como indica CARVUT donde los efectos podrían ser menores por la localización periférica de las torres y sus líneas de transmisión. Entre las torres 34 y 38 no hay una presencia relevante de ecosistemas cercanos (según CARVUT), salvo quebradas de bosque nativo laterales y una quebrada de matorrales (no bosque nativo como indica CARVUT entre las torres 35 y 36), que no coinciden con las obras del proyecto. Los fragmentos ubicados en cercanía de las torres 34 y 35 podrían ser objetos de conexión, si se realizan medidas en esta dirección. Sin embargo, entre las torres 39 a 44 hay un fragmento de bosque nativo (confirmado por la CV) que representa el extremo sur de un fragmento extenso de bosques nativos y matorrales con el que coincide en forma relevante.

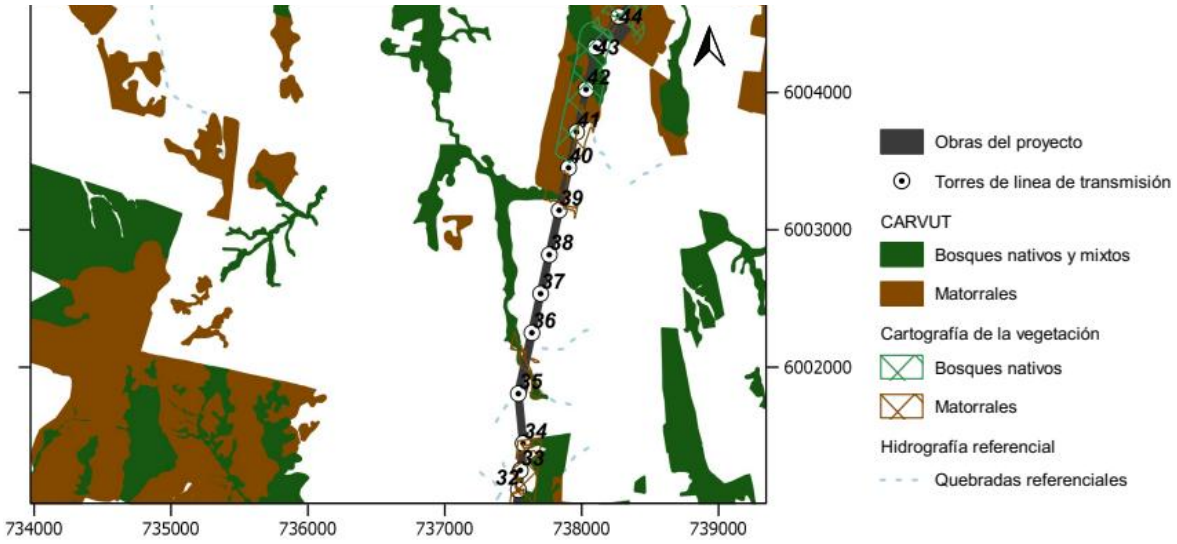

Figura 13. Tramo torres 32-44: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo torres 45-53: Entre las torres 45 y 52 hay fragmentos relevantes de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos), y también menores de matorrales que según CARVUT hacen parte de un gran fragmento que combina bosque nativo y matorral. Las obras asociadas a las torres 40-53 y su línea de transmisión coinciden en forma relevante con estos fragmentos, pudiendo tener efectos en la conectividad.

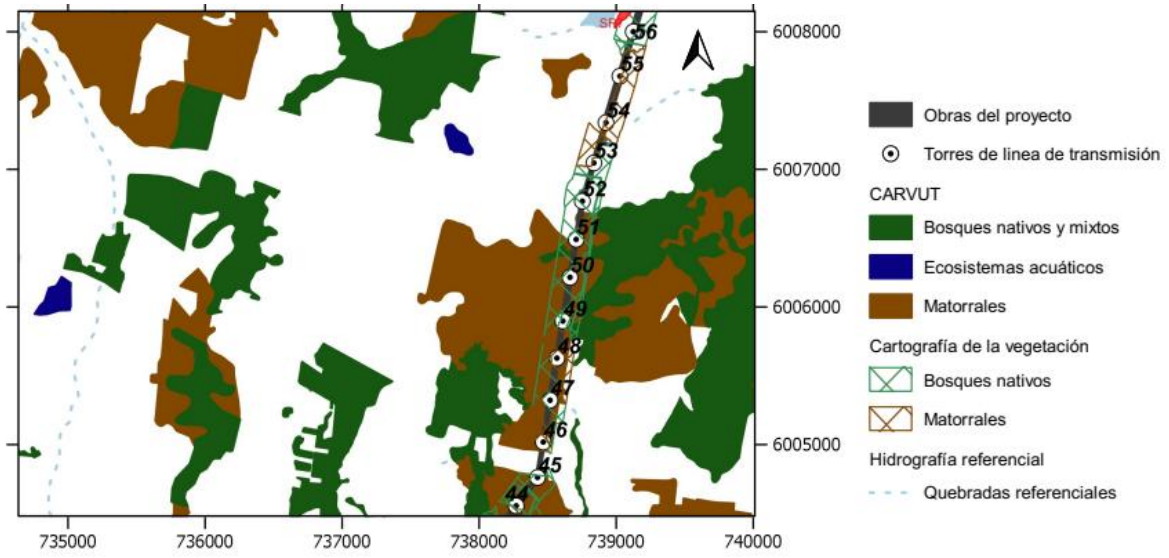

Figura 14. Tramo torres 44-53: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo torres 52-61: La información provista por la CV detecta fragmentos relevantes de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos), y también de matorrales entre las torres 52 a 61**,** además de un sitio de relevancia para la fauna (SR7) junto a la torre 56. CARVUT no logra detectar ecosistemas de interés coincidentes con los fragmentos identificados en la CV, pero si se consideran los fragmentos al oeste de las torres 58 y 59 y al norte de la torre 62, podría existir una importante conectividad entre ellos.

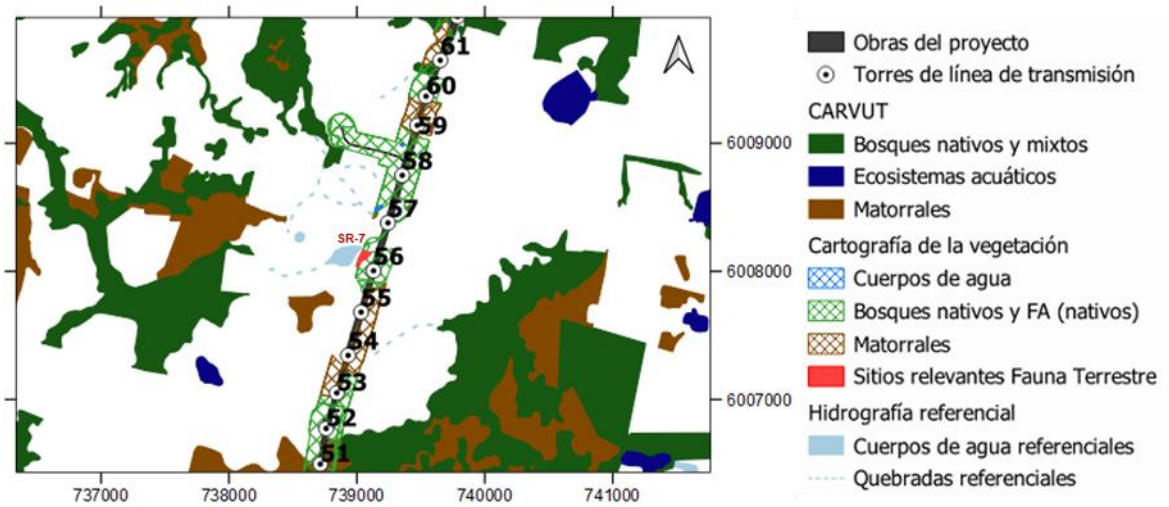

Figura 15. Tramo torres 52-61: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo torres 62-74: La CV evidencia fragmentos relevantes de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos) y de matorrales entre las torres 61-63, entre 65-67, y entre 71-74. Entre las torres 62 y 74 hay tramos donde hay fragmentos de los ecosistemas de bosque nativo altamente sensibles a la fragmentación, aunque en su mayoría son pequeños, comparados con el gran fragmento ubicado hacia el oriente, que ofrece amplias posibilidades para la movilidad de especies. Al final de este tramo, entre las torres 72 y 73 existe un gran sitio de relevancia para la fauna (SR8), en el extremo del fragmento mayor.

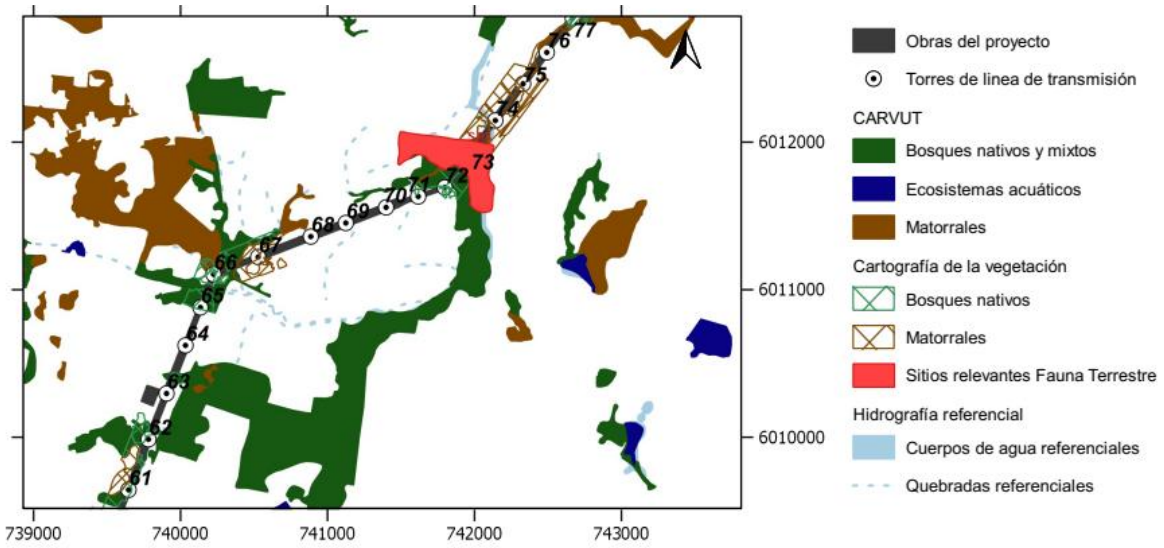

Figura 16. Tramo torres 62-74: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo torres 75-85: El tramo de la línea de transmisión entre las torres 74 a 85 presenta fragmentos de matorrales y un fragmento bosque nativo y formaciones arbóreas (nativos) junto a la torre 77 según la CV. Estos fragmentos son pequeños y escasamente conectados con otros fragmentos, por lo que su relevancia podría ser reducida denotándose una quebrada con escasa cobertura nativa.

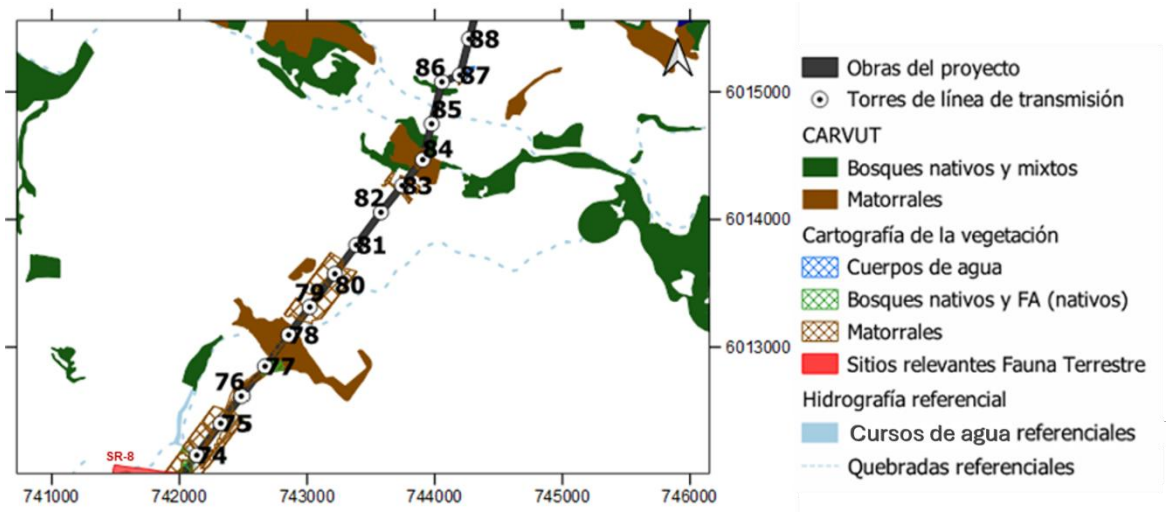

Figura 17. Tramo torres 74-85: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

Tramo torres 86-97: El tramo tiene fragmentos de bosques nativos y formaciones arbóreas (nativos), y de matorrales desde la torre 89 a 97, siendo de bosque nativo sólo entre las torres 89 y 91, y matorrales en el resto del tramo). Entre las torres 84 y 88 existen fragmentos menores, siendo mayor en el norte del tramo (torres 89-97), siendo este fragmento mayor atravesado por las obras, pudiendo generar una afectación.

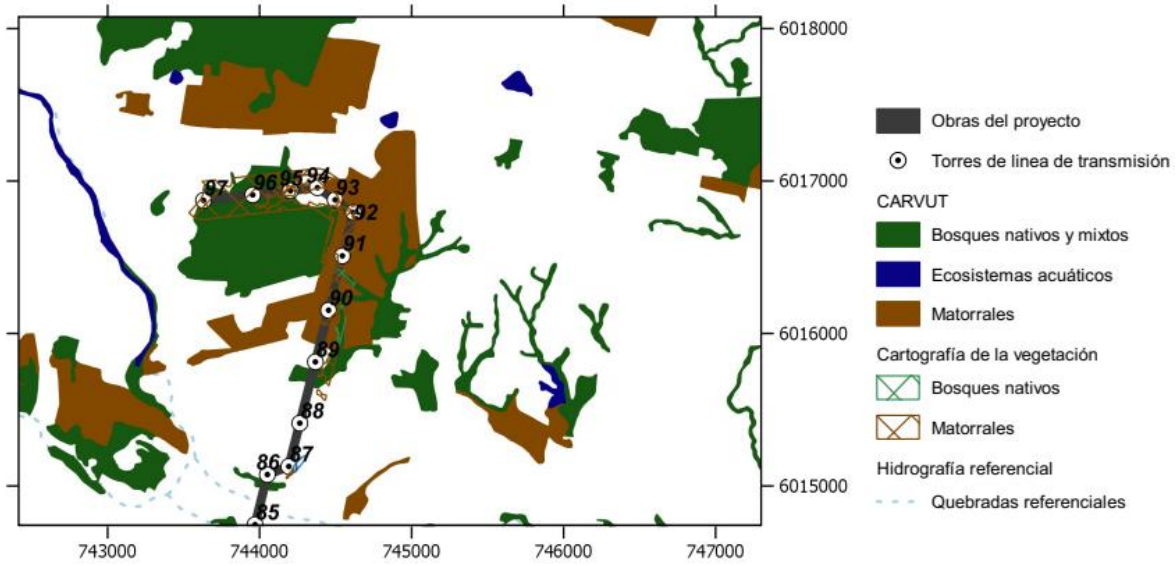

Figura 18. Tramo torres 86-97: Relación entre obras del proyecto y ecosistemas.

E.2.3. Interacciones ecológicas

Considerando que la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas es altamente dependiente de su naturalidad, como también de los tamaños de los fragmentos y la distancia entre ellos, se pueden describir algunos hallazgos en relación con las posibilidades de que dichas interacciones permanezcan, de tal manera que los ecosistemas se sigan desarrollando.

En primer lugar, el tamaño promedio de los fragmentos de ecosistemas de bosques nativos y mixtos y matorrales en ambos pisos vegetacionales, varía entre 9 y 14 ha, mientras al interior del AE, existen fragmentos más grandes que dicho promedio que están fuera del área de intervención directa de las obras del proyecto. A su vez, la permanencia, regeneración y desarrollo de los ecosistemas del AE, requieren de la conectividad con otros ecosistemas que están fuera del AE, y contribuye con el desarrollo de ellos, siendo la distancia un factor crítico. Como se ha señalado anteriormente, las obras del Proyecto no consideran la afectación de la totalidad de fragmentos de bosque nativo o mixtos y matorrales (los únicos fuertemente relacionados con el proyecto), por lo que esta conectividad debería conservarse. En particular, el funcionamiento de los ecosistemas de bosques y matorrales esclerófilos y espinosos es dependiente principalmente de las especies arbóreas y

arbustivas dominantes, cuya ecología ha sido descrita especialmente en el contexto de reemplazo histórico por parte de presiones de cambio de uso de suelo (ej. expansión agrícola, urbana y de monocultivo forestal), así como también por acciones como talas, carboneo, pastoreo e incendios. En este contexto, las especies del bosque y matorral (esclerófilo y espinoso) permanecen y se regeneran a partir de procesos de dispersión, principalmente determinadas por la lluvia de propágulos y agentes dispersantes, como animales nativos y también ganado, en particular en el caso del espino (*Vachellia caven*; Benedetti, 2012). En la medida que estos procesos se sigan facilitando, los fragmentos de bosque nativo podrán seguir permaneciendo, dado que estas especies continuarán regenerándose, mediante procesos de dispersión, y así podrá seguir adelante el desarrollo de los ecosistemas. Existen áreas del proyecto donde algunos de estos procesos podrían alterarse, especialmente entre torres de transmisión, impidiendo por ejemplo la conectividad y por lo tanto la reproducción de las especies y la diversidad de las comunidades y ecosistemas en el largo plazo. En este mismo sentido, los fragmentos pequeños (<1 ha) descritos en la cartografía de la vegetación no tienen mayor relevancia cuando no están cercanos o conectados a fragmentos mayores que están fuera del AR (ej. >5ha).

Los procesos que aseguran la permanencia, regeneración y desarrollo de los ecosistemas del AE son apoyados por otros elementos que pueden incrementar la conectividad donde, por ejemplo, para la zona central se ha observado que procesos de abandono agrícola han facilitado el desarrollo de espinales, dando pie a dinámicas de sucesión ecológica que han generado bosques secundarios en periodos menores a 30 años (Hernández *et al.,* 2015). En particular, los ecosistemas pueden ver afectados sus procesos de sucesión ecológica cuando se remueve la vegetación esclerófila, que es la que provee de propágulos y otras condiciones que facilitan el reclutamiento de las plantas (Van de Wouw *et al.,* 2011), y de esta manera permiten la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas.

Las cuatro interacciones claves para la permanencia, capacidad de regeneración y desarrollo de los ecosistemas están aseguradas por la baja coincidencia entre las obras del proyecto y los fragmentos que constituyen grandes núcleos y aquellos que favorecen la conectividad, sin embargo, sí existen efectos en las zonas en que se eliminará la cobertura vegetacional, generando alteración en atributos del bosque nativo, mediante efectos negativos relevantes para los ecosistemas como OP. A continuación, su detalle:

1. Reproducción y propagación de plantas:
    - En la extensión completa de los dos pisos vegetacionales y de las subcuencas seleccionadas existen abundantes fragmentos que tienen en promedio áreas mayores a 5 ha. El proyecto tiene una relación directa con una fracción muy menor de ellos (<1% en bosques nativos y mixtos).

- En todos los fragmentos actuales de bosque nativo y mixto donde se conserva la distancia entre ellos, es decir su conectividad, se permite que sigan operando los mecanismos de intercambio de material genético. Las excepciones a esta condición podrían estar en dos sectores específicos del proyecto.
    - Obras de los AG 33, 34 y 35 coinciden con un fragmento sensible en su conectividad y continuidad norte-sur de estos ecosistemas.
    - Tramo (faja) entre las torres 28 y 30, coincide con un fragmento justo en una zona central.
- Para la mayor parte de los fragmentos existentes no hay coincidencia con obras del proyecto, y por lo tanto no hay interacciones con las condiciones biofísicas que permiten los procesos de reproducción y propagación (vientos, temperaturas, condiciones del suelo) dentro de los fragmentos. Sólo en algunos de ellos se agregan nuevos bordes en los fragmentos de ecosistemas naturales, que podrían incrementar el efecto borde.

2. Establecimiento de plantas:

    - Las obras del Proyecto no interactúan con las condiciones del suelo mínimas para que las plantas se puedan establecer y desarrollarse, por ejemplo, la estabilidad del suelo y su humedad.
    - La visita al AE desarrollada para la elaboración de esta caracterización, permitió observar que existen evidencias de regeneración (crecimiento de plántulas y presencia de semillas), lo que indica que los fragmentos de ecosistemas de bosque nativo tienen un adecuado funcionamiento. También fue observada una alta presencia de especies invasoras y exóticas en áreas de alto valor para la conectividad (ej. quebradas, **Figura 19**).

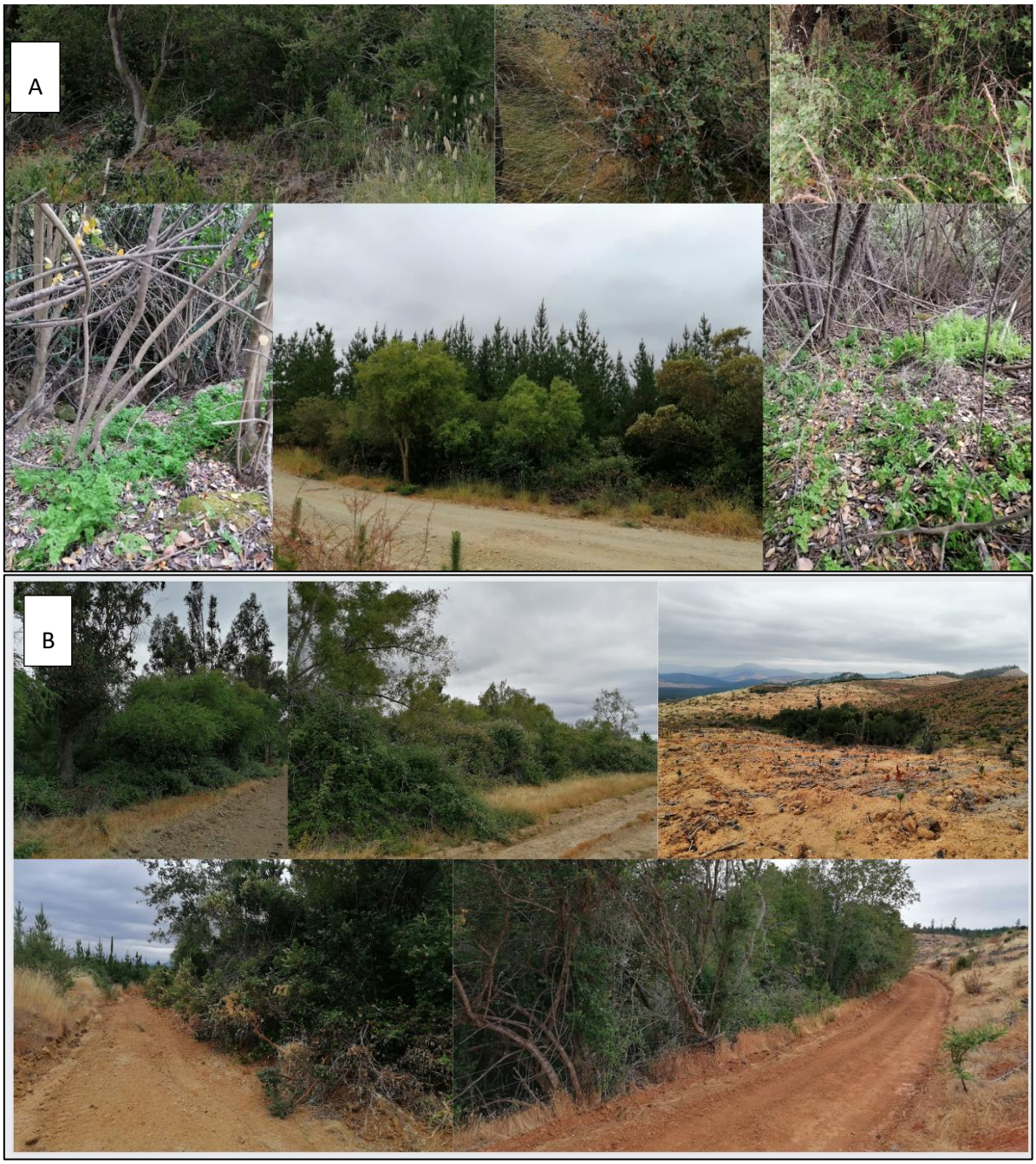

Figura 19. (A) Visita en terreno que destaca la presencia de plántulas y semillas, (B) se evidencia la presencia de especies invasoras y exóticas (ej. zarzamoras).

3. Movimientos de fauna:

    - En general la distancia entre los actuales fragmentos de ecosistemas nativos indica un proceso de fragmentación en el área, pero con fragmentos que representan conectores, los cuales no interactúan con las obras del proyecto, salvo en las situaciones descritas anteriormente, lo que permite que la fauna pueda seguir usando los fragmentos para desplazarse entre ellos.

4. Relaciones tróficas:

    - Las relaciones tróficas dependen de la permanencia de los actuales fragmentos de ecosistemas de bosques nativos y de que ninguna especie de fauna sea intencionadamente apartada de ellos.

E.3. Análisis de servicios ecosistémicos

Los ecosistemas presentes en el AE son: Bosques nativos y mixtos, Ecosistemas acuáticos continentales, Matorrales, Praderas, Plantaciones, Zonas agropecuarias, Áreas construidas y Áreas sin vegetación. Su extensión se presenta en las secciones anteriores.

E.3.1. Identificación de servicios ecosistémicos relevantes

A continuación, se presenta la relación entre cada uno de los servicios ecosistémicos separados por secciones (provisión, regulación y culturales), y detallados a nivel de grupo, según la clasificación CICES 5.1 (**Tabla 11** a la **Tabla 13**).

Servicios de provisión o aprovisionamiento (bienes)

Tabla 11. Servicios ecosistémicos de provisión o aprovisionamiento (bienes) relacionados con el Proyecto.

Grupo	Citados en Smith-Ramírez *et al*. 2023	Relación con el Proyecto	Descripción de la relación con el Proyecto
Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) con fines nutricionales, materiales o para producir energía	NO	**SÍ, media**	En el área del proyecto (Tabla 7) se encuentran 87,23 ha de praderas, 1.707,01 ha de plantaciones forestales y 104,13 ha de zonas agropecuarias que serán afectadas por las obras del proyecto. Estas últimas se caracterizan principalmente por viñedos (cultivos de *Vitis vinifera)*.
Animales criados para nutrición, materiales o energía	SI, en relación con la producción de miel y la dependencia de familias de este producto. Además, existen animales criados en base a un ambiente caracterizado por vegetación herbácea bajo árboles.	**SÍ, baja**	En el área se identifican 87,23 ha de praderas y 103,84 ha de zonas agropecuarias que serán intervenidas por las obras del proyecto, representando un 3,42% y 4,07% del área de afectación, respectivamente. Sin embargo, actualmente no se desarrollan actividades de crianza de animales ni prácticas ganaderas en esta zona. Es importante destacar que, si esta práctica se llegara a realizar en el futuro, el proyecto no restringe la crianza de animales ni la apicultura en los sitios destinados a estas actividades, las que se desarrollan en praderas, zonas agropecuarias, matorrales y bosques
Plantas silvestres (terrestres y acuáticas) para nutrición, materiales o energía	SI, en relación con extracción de madera para construcción o leña. También incluye productos forestales no	**SÍ, baja**	En el área del proyecto se lleva a cabo la recolección de especies como el hongo de pino (callampas), especies caracterizada por prosperar en cultivo forestales. De acuerdo con la caracterización del medio humano, la zona

Grupo	Citados en Smith-Ramírez *et al*. 2023	Relación con el Proyecto	Descripción de la relación con el Proyecto
	maderables, como colecta de plantas medicinales, extracción de especies con fines industriales que no ocurren en el área de influencia del Proyecto (ej. extracción de corteza de quillay o hojas de boldo)		de recolección dentro del área del proyecto abarca 116,5 hectáreas, equivalentes al 1,98% del área de influencia del medio humano (AIMH). Por otro lado, el proyecto no generará afectaciones sobre las especies de rosa mosqueta, ya que las áreas de recolección de esta especie están fuera del área de influencia del medio humano asociado al proyecto
Material genético de plantas, algas u hongos	SI, en relación con la colecta de propágulos y a la producción de plantas nativas para restauración ecológica.	NO	El proyecto no interfiere con especies que aportan material genético con fines productivos-económicos o de investigación.
Material genético de animales			
Material genético de organismos			

*Fuente: Capítulo 3.9. Línea Base Medio Humano del EIA actualizado en el **Anexo 16** de la **Adenda**.*

Se descartaron tres servicios ecosistémicos de provisión que no están descritos en Smith-Ramírez *et al*. (2023) y que tampoco tienen relación con el Proyecto. A continuación, el nombre del servicio ecosistémico (a nivel de grupo) y la argumentación:

- Plantas acuáticas cultivadas para nutrición, materiales o energía: En el área de estudio del proyecto eólico no se registran cultivos de plantas acuáticas.
- Animales acuáticos criados para nutrición, materiales o energía: En el área de estudio del proyecto eólico no se registra crianza de animales acuáticos.
- Animales salvajes (terrestres y acuáticos) para nutrición, materiales o energía: En el área no hay uso de animales salvajes para estos fines, ni cursos de agua adecuados para ejercer pesca de subsistencia.

Servicios ecosistémicos de regulación

Tabla 12. Servicios ecosistémicos de regulación relacionados con el Proyecto.

Grupo	Citados en Smith-Ramírez *et al*. 2023	Relación con el Proyecto	Descripción de la relación con el Proyecto
Mediación de desechos o sustancias tóxicas de origen antropogénicos por procesos vivos	SI, en relación con secuestro y almacenamiento de carbono y purificación del aire	NO	La remoción de vegetación disminuye la provisión de este servicio, sin embargo, esto sólo podría tener incidencia en el secuestro y almacenamiento de carbono, pero no en la purificación del aire, por no haber problemas de calidad del aire en la zona, las comunas de Cauquenes y Quirihue no han sido declaradas zonas latentes o saturadas por algún contaminante atmosférico.
Regulación de flujos y eventos extremos	SI, en relación con erosión y regulación hídrica (escorrentía, infiltración y evapotranspiración) por cobertura vegetal nativa, especialmente ripariana y en zonas con pendiente, dando un valor más alto a zonas de bosque nativo que a plantaciones forestales, las que tienen un efecto comparativamente negativo sobre el suelo	NO	La remoción de vegetación disminuye la provisión de este servicio, especialmente cuando se desarrolla en área de alta pendiente. Sin embargo, de acuerdo con el "Capítulo 3.1.7. Línea base Geomorfología y riesgos físicos, potencial erodabilidad" el área de Influencia se caracteriza por relieves con bajas elevaciones y suaves pendientes. Este mismo capítulo concluye que la construcción del Proyecto no incrementará significativamente el proceso de erosión considerando la condición actual Para efectos de protección del fuego, la presencia de las torres de transmisión implica un incremento del riesgo de incendio en caso de problemas de mantención de las líneas. Bajo las líneas habrá una corta de la vegetación para evitar el riesgo de incendios, la cual se llevará a cabo en todas aquellas unidades cuyo tamaño sea superior a los 4 m de altura, sin dejar el suelo descubierto de vegetación, dado que podría generar otros problemas ambientales. Esta mantención está asegurada en el Proyecto, y existen también acciones que pueden ayudar a disminuir la ocurrencia y propagación de incendios, vinculados a planes de contingencias y emergencias y acciones del PAS 149 (ver detalles en **Anexo 1. Análisis de Riesgo Incendios Forestales** - Cauquenes e Itata).
Mantención del ciclo de vida, hábitat y pool genético	SI, respecto al rol de la polinización en la agricultura, y en el funcionamiento trófico	**SÍ, baja**	La corta de vegetación puede influir en los ciclos de vida y la disponibilidad de hábitats, aunque su impacto es reducido debido a la baja superficie afectada en relación con la extensión total del proyecto y los pisos vegetacionales en los que se emplaza. La acción de polinizadores y especies de fauna que contribuyen a la dispersión de semillas y la supervivencia de poblaciones juveniles podría verse afectada si se reducen los ecosistemas donde habitan o por los que se desplazan. Sin embargo, la altura de vuelo de los insectos polinizadores como el caso de abejas (Jean-

Grupo	Citados en Smith-Ramírez *et al*. 2023	Relación con el Proyecto	Descripción de la relación con el Proyecto
			Prost, 1985) rara vez supera los 10 metros, mientras que la altura mínima de las aspas del proyecto es de 85 metros. Esto limita significativamente el impacto sobre insectos y aves de bajo vuelo. Por otro lado, el proyecto podría incidir en zonas agropecuarias, particularmente en viñedos (cultivos de *Vitis vinifera*), al interrumpir la interacción entre polinizadores y los cultivos, lo que podría afectar la productividad agrícola en dichas áreas.
Pestes y control de enfermedades	SI, haciendo mención a murciélagos y coccinélidos (insectos que depredan áfidos) que habitan en bosques nativos	**SÍ, media**	La acción de especies que controlan plagas y enfermedades, como depredadores de roedores exóticos, conejos o insectos, podría verse afectada si se reduce la extensión de los ecosistemas donde habitan o por los que se desplazan. Asimismo, existe un riesgo de impacto sobre aves rapaces, que actúan como controladoras de plagas, debido a posibles colisiones. Sin embargo, durante la fase de construcción, la baja velocidad de las actividades representa un tipo de perturbación controlada, a la cual las rapaces pueden adaptarse en el corto plazo.
Regulación de la calidad de suelo	SI, respecto a la actividad microbiana del suelo	**SÍ, baja**	La remoción de vegetación y suelo, incluyendo el movimiento de tierras, reduce la provisión de este servicio, especialmente en áreas con alta pendiente. Todos los Aerogeneradores y estructuras de la Línea de Transmisión se encuentran en zonas estables y con susceptibilidad muy baja, reduciendo pérdidas en áreas de alta pendiente, restringiéndose su afectación a los movimientos de tierras y obras permanentes.
Condiciones y composición atmosférica	Sí, con respecto a la purificación del aire ya que la vegetación proporciona el servicio de purificar el aire mediante la captación de partículas suspendidas en el aire en las estomas de sus hojas.	**SÍ, baja**	Al generar cortes o eliminación de especies arbóreas, se puede generar una alteración en la calidad del aire, dado que estos árboles contribuyen a su purificación al capturar partículas suspendidas mediante las estomas de sus hojas. Sin embargo, en la zona del proyecto no se registran problemas de calidad del aire, ya que las comunas de Cauquenes y Quirihue no han sido declaradas zonas latentes ni saturadas por contaminantes atmosféricos.

Se descartaron dos servicios ecosistémicos de regulación que no están descritos en Smith-Ramírez *et al.* (2023) y que tampoco tienen relación con el Proyecto. A continuación, el nombre del servicio ecosistémico (a nivel de grupo) y la argumentación.

- Mediación de molestias de origen antropogénico: No hay una afectación de la capacidad de los ecosistemas de reducir problemas previos al Proyecto, asociados a olores, ruidos o vistas molestas.

- Condiciones del agua: La remoción de vegetación disminuye la provisión de este servicio, especialmente cuando se desarrolla en área de alta pendiente o en cercanías a cursos de agua. Sin embargo, este proyecto no se encuentra cercano a cuerpos de agua, por ende, no hay afectación de los ecosistemas con relación a la disponibilidad y la cantidad de agua del recurso previos al proyecto.

Servicios ecosistémicos culturales

Tabla 13. Servicios ecosistémicos culturales relacionados con el Proyecto.

Grupo	Citados en Smith-Ramírez *et al*. 2023	Relación con el Proyecto	Descripción de la relación con el Proyecto
Interacciones físicas y experienciales con el ambiente natural	SI, asociado a visitas a áreas protegidas y a turismo sin regular como visita a montañas.	**SÍ, baja**	Dado que no hay áreas naturales protegidas ni zonas de visita formal en el área del proyecto, solo podría verse potencialmente afectado el desarrollo de actividades recreativas no reguladas informales. Un ejemplo de esto es que las cascadas representan un lugar significativo de acuerdo con la caracterización del medio humano, especialmente durante la temporada de verano se transforma en un balneario natural que es valorado por su belleza escénica como rol recreativo, el lugar de la cascada se encuentra ubicado a 2,85km del Área de estudio (AE) más cercano y a 810 metros del límite predial. Además, en dicha caracterización se identifican tranques que podrían cumplir una función recreativa, especialmente durante la temporada estival. El proyecto no contempla la creación de nuevos cierres ni restringirá los accesos existentes.
Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural	Sí, en relación con la valorización del recurso hídrico disponible como los esteros que son realmente apreciados en el lugar debido a su escasez. También la tierra está valorada en el lugar debido a la debido a la agricultura por ser una zona de viñedos	**SÍ, baja**	El área de emplazamiento del Proyecto posee valor paisajístico, principalmente debido a la presencia de atributos biofísicos como el relieve, el agua y la vegetación, pese a su grado alto de antropización. Sin embargo, la calidad visual de 3 de las 4 unidades de paisaje (Capítulo 3.5) es media, y de la restante unidad es calidad baja. El recurso hídrico, incluye la existencia de condiciones que son importantes y/o permiten: la recreación de las personas de la zona, la valoración de la cultura o herencia, y experiencias estéticas. Asimismo, el recurso hídrico es valorizado ya que la zona ´presenta problemáticas debido a la escasez hídrica' y es la base para actividades recreativas como el uso y visita de las cascadas y tranques.
		SÍ, baja	

Grupo	Citados en Smith-Ramírez *et al.* 2023	Relación con el Proyecto	Descripción de la relación con el Proyecto
Interacciones espirituales, simbólicas u otras	SI, asociada a la tranquilidad del paisaje y su naturalidad		El área intervenida por el proyecto no contiene elementos con significados simbólicos, sagrados o religiosos. Sin embargo, se reconoce el valor de atributos secundarios, como la calma del lugar, que se mantendrá intacta. Esto se debe a que no habrá circulación masiva de transporte ni personas, salvo durante la etapa de construcción. De este modo, se promoverá la conservación de la tranquilidad del paisaje.
Otras características bióticas que tienen valor de no uso	SI, en relación con su valor inter-generacional, como legado a las futuras generaciones	NO	El área será parcialmente modificada por el proyecto, pero los cambios no comprometerán los paisajes ni los ecosistemas de manera que afecten su valor para las futuras generaciones.

E.3.2. Capacidad de provisión de servicios ecosistémicos de los ecosistemas del AE

Los ecosistemas están descritos en las secciones anteriores. La **Tabla 14** muestra la relación entre los ecosistemas caracterizados en las secciones anteriores y los ecosistemas descritos en la tabla de servicios ecosistémicos de Martínez-Martínez *et al.* 2022.

Tabla 14. Relación entre ecosistemas o unidades proveedoras de servicios ecosistémicos, unidades homogéneas, formaciones vegetacionales y las categorías utilizadas en Martínez-Martínez *et al.* 2022.

Ecosistemas (CARVUT) o unidades proveedoras de servicios ecosistémicos	Unidades homogéneas (CV)	Formaciones vegetacionales (CV)	LULC Martínez-Martínez *et al.* 2022
Bosque nativo y mixto	Bosque nativo + Formaciones arbóreas que no constituyen bosque	Bosque nativos esclerófilos subtipo Espinal + Bosques nativos esclerófilos con exóticas asilvestradas + Bosques nativos esclerófilos subtipo Hidrófilo de quebradas + Bosques nativos esclerófilos subtipo Rodales mixtos + Formaciones arbóreas dominadas por especies nativas	Native forest
Ecosistemas acuáticos continentales	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Water bodies
Áreas construidas	Infraestructura y equipamiento	Caminos + Infraestructura	Urban-industrial áreas
Matorrales-Pradera, Matorral arborescente, Matorral suculentas, Matorral	Matorrales	Matorrales de especies exóticas asilvestradas + Matorrales esclerófilos + Matorrales espinosos	Shrublands
Plantaciones	Plantación forestal	Plantaciones de *Eucalyptus* spp. + Plantaciones de *Pinus radiata* + Plantaciones forestales jóvenes o cosechadas + Bosque de especies exóticas asilvestradas + Formaciones arbóreas dominadas por especies exóticas asilvestradas	Forest plantations
Zonas agropecuarias + Praderas	Praderas + Praderas con árboles y/o arbustos + Zonas agropecuarias	Pradera de especies exóticas + Praderas con árboles y/o arbustos + Cultivos anuales + Cultivos de *Vitis vinifera*	Cropland + Grassland
Áreas sin vegetación	inexistentes en AE	-	Bare areas

E.3.3. Extensión de los ecosistemas como unidades proveedoras de servicios ecosistémicos

A continuación, se presenta el área de cada uno de los ecosistemas como unidades proveedoras de servicios ecosistémicos considerando el AE y la vegetación afectada según la carta de vegetación (CV; **Tabla 15**). Estos valores se presentan también en la **Tabla 8**. Se agrega la fracción (%) del AE que representa la vegetación que estará afecta a corta o intervención directa por corresponder a espacios con obras temporales o permanentes.

En este sentido se puede evidenciar que el bosque nativo tiene una baja afectación por corta de vegetación (32,46 ha), el que alcanza un 0,07% de afectación dentro del AE. Por otro lado, las plantaciones forestales alcanzan una mayor superficie de corta (315,43 ha) cuya representación en

el AE alcanza un 0,29%. Los matorrales también presentaron una baja superficie de afectación por corta (42,23 ha) alcanzando un 0,08% dentro del AE.

Tabla 15. Extensión de los ecosistemas o unidades proveedoras de servicios ecosistémicos en relación con el AE, el área afectada según la carta de vegetación (CV) y el área total de corta de vegetación.

Ecosistemas o unidades proveedoras de servicios ecosistémicos	Área total en el AE OP Ecosistemas (CARVUT)		Área total en la carta de vegetación (CV)		Área afecta a corta de vegetación en el AE		Fracción del AE afecta a corta de vegetación
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	%
Bosque nativo y mixtos	36.743,13	10,54	281,21	10,75	32,46	7,46	0,07
Cuerpos de agua y cajas de ríos	2.498,85	0,72	1,31	0,05	0,04	0,01	0,002
Áreas construidas	2.300,58	0,66	92,36	3,53	20	4,59	0,87
Matorrales	50.500,8	14,49	268,76	10,27	42,23	9,70	0,08
Plantación forestal y exóticas asilvestradas	108.255,7	31,1	1.758,54	67,21	315,43	72,44	0,29
Ecosistemas agrícolas y praderas	148.111,6	42,78	214,16	8,19	25,25	5,80	0,02
Áreas sin vegetación	75,42	0,02	-	-	-		-
Total	**348.486,03**	**100**	**2.616,35**	**100**	**435,41**	**1**	**1,35**

E.3.4. Ponderación de la magnitud de la afectación de servicios ecosistémicos

Contando con las extensiones de cada ecosistema y con la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos de cada uno de estos, se obtuvo la capacidad de proveer servicios ecosistémicos a partir de una suma de las capacidades ponderadas por el área de cada ecosistema (**Tabla 16**).

Al respecto, sólo hay un servicio ecosistémico con alta provisión en el AE y en el área afectada (CV): **"Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural"**. Este servicio considera la existencia de condiciones que son importantes para ciertas actividades y/o permiten: la investigación científica, la educación y el entrenamiento, la valoración de la cultura o herencia, y experiencias estéticas. El proyecto no alterará los cuerpos de agua ni sus accesos, ni impedirá el acceso a ellos con fines recreativos.

Existen otros 7 servicios ecosistémicos con capacidades media de provisión. De éstos, 6 tienen una capacidad media en el AE, e igual o inferior en el área afectada, no siendo relevante, dado que se mantendrán en el AE. Sin embargo, hay un servicio ecosistémico sobre el cual poner atención, que es **"Plantas silvestres terrestres para nutrición"** ya que la provisión en el área afectada es media, y en el AE es baja, es decir que es importante velar por la continuidad de ese servicio ecosistémico en el área del proyecto. Este servicio se asocia a que algunos de los ecosistemas terrestres afectados producen, o podrían producir, hongos o plantas silvestres de interés (ej. rosa mosqueta o plantas medicinales). Al respecto, es determinante que el proyecto no restringirá ni el acceso ni la ejecución de ninguna de estas actividades, dado que no adiciona nuevos cierres perimetrales.

Tabla 16. Provisión potencial de cada servicio ecosistémico en cada ecosistema de las áreas afectas a corta de vegetación.

Sección	Grupo	Relación con el Proyecto	Bosque nativo y mixto	Ecosistemas acuáticos	Áreas construidas	Matorrales	Plantación forestal	Ecosistemas agrícolas y praderas	Áreas sin vegetación	Provisión potencial en AI		Provisión potencial en áreas afectadas (CV)	
Provisión (bióticos)	Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) cultivadas con fines nutricionales, materiales o para producir energía	**SÍ, media**	3	0	0	2	2	4	0	**3**	**Media provisión**	2	Baja provisión
	Plantas acuáticas cultivadas para nutrición, materiales o energía	NO	0	5	0	0	0	0	0	0	Provisión no relevante	0	Provisión no relevante
	Animales criados para nutrición, materiales o energía	**SÍ, baja**	3	0	0	2	0	4	0	2	Baja provisión	1	Muy baja provisión
	Animales acuáticos criados para nutrición, materiales o energía.	NO	0	4	0	0	0	0	0	0	Provisión no relevante	0	Provisión no relevante
	Plantas silvestres (terrestres y acuáticas) para nutrición, materiales o energía	**SÍ, baja**	5	5	0	0	3	2	0	2	Baja provisión	**3**	**Media provisión**
	Animales salvajes (terrestres y acuáticos) para nutrición, materiales o energía	NO	0	4	0	0	0	0	0	0	Provisión no relevante	0	Provisión no relevante
	Material genético de plantas, algas u hongos	NO	5	4	0	4	2	3	3	**3**	**Media provisión**	**3**	**Media provisión**
	Material genético de animales												
	Material genético de organismos												
Regulación y Mantención (biótica)	Mediación de desechos o sustancias tóxicas de origen antropogénicos por procesos vivos	NO	5	4	0	4	2	2	0	**3**	**Media provisión**	2	Baja provisión
	Mediación de molestias de origen antropogénico	NO	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*

Sección	Grupo	Relación con el Proyecto	Bosque nativo y mixto	Ecosistemas acuáticos	Áreas construidas	Matorrales	Plantación forestal	Ecosistemas agrícolas y praderas	Áreas sin vegetación	Provisión potencial en AI		Provisión potencial en áreas afectadas (CV)	
	Regulación de flujos y eventos extremos	NO	5	5	0	4	2	2	1	**3**	**Media provisión**	2	Baja provisión
	Mantención del ciclo de vida, hábitat y pool genético	**SÍ, baja**	5	5	1	4	1	3	0	**3**	**Media provisión**	2	Baja provisión
	Pestes y control de enfermedades	**SÍ, media**	5	4	0	3	1	2	0	2	Baja provisión	2	Baja provisión
	Regulación de la calidad de suelo	SÍ, baja	5	4	0	4	1	2	0	2	Baja provisión	2	Baja provisión
	Condiciones del agua	NO	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*	*s/i*
	Condiciones y composición atmosférica	**SÍ, baja**	5	5	0	4	2	3	1	**3**	**Media provisión**	**3**	**Media provisión**
Cultural (Biótico)	Interacciones físicas y experienciales con el ambiente natural	**SÍ, baja**	5	5	2	3	1	2	1	2	Baja provisión	2	Muy baja provisión
	Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural	**SÍ, baja**	5	5	3	4	5	3	2	**4**	**Alta provisión**	**5**	**Muy alta provisión**
	Interacciones espirituales, simbólicas u otras	**SÍ, baja**	5	5	4	4	0	3	2	2	Baja provisión	1	Muy baja provisión
	Otras características bióticas que tienen valor de no uso	NO	5	5	1	3	0	2	2	2	Baja provisión	1	Muy baja provisión

s/i: sin información

0	Provisión no relevante	1	Muy baja provisión	2	Baja provisión	3	Media provisión	4	Alta provisión	5	Muy alta provisión

Profundizando en estos servicios con provisión media, alta o muy alta, si se descuentan los servicios ecosistémicos provistos en las áreas afectas a corta de vegetación, es decir que tendrán obras permanentes y temporales, en ningún caso cambiarán de rango cualitativo, es decir no pasarán a ser tener provisión baja o muy baja. Esta área corresponde a 444,3 ha, que equivalen a un 0,9% del AE. Con este escenario, la provisión de los servicios ecosistémicos podría disminuir en hasta un 1,8%, siendo mayor la disminución en:

-0,9%: “Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) cultivadas con fines nutricionales, materiales o para producir energía” es mayor en área afecta a corta de vegetación. Esto se explica por las afectaciones sobre plantaciones forestales y ecosistemas agrícolas, que tienen una gran superficie en el área afectada.

-1,8%: “Plantas silvestres (terrestres y acuáticas) para nutrición, materiales o energía” dado lo señalado anteriormente y que, si se eliminara toda la vegetación, podrían dejar de crecer las plantas que se colectan o que se podrían colectar. Para evitarlo, es relevante eliminar la menor cantidad de vegetación posible y facilitar su crecimiento posterior, especialmente en zonas de construcciones temporales

-0,4%: “Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural” dado lo señalado anteriormente y al valor intrínseco que tienen y pueden representar. Es relevante custodiar tranques, cascadas y en general el agua y el suelo de la zona.

En la **Tabla 17**, se representan las capacidades individuales de cada ecosistema de proveer los 5 servicios ecosistémicos que son relevantes por sus capacidades de provisión en el AE y/o el área afectada por el proyecto, y que además están relacionados con el proyecto. Sobre ellos se evidencia el efecto de eliminar la vegetación.

Tabla 17. Provisión potencial de servicios ecosistémicos en el AE, en las áreas afectadas y la pérdida de provisión.

Sección	Grupo	Relación con el Proyecto	Provisión potencial en AE		Provisión potencial en áreas afectadas (CV)		Pérdida de provisión potencial en AE debido a afectación en CV
Provisión (bióticos)	Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) cultivadas con fines nutricionales, materiales o para producir energía	**SÍ, media**	**3**	**Media provisión**	2	Baja provisión	-0,9%
	Plantas silvestres (terrestres y acuáticas) para nutrición, materiales o energía	**SÍ, baja**	2	Baja provisión	**3**	**Media provisión**	-1,8%
Regulación y mantención (biótica)	Mantención del ciclo de vida, hábitat y pool genético	**SÍ, baja**	**3**	**Media provisión**	2	Baja provisión	-0,3%
	Condiciones y composición atmosférica	**SÍ, baja**	**3**	**Media provisión**	**3**	**Media provisión**	-0,1%
Cultural (Biótico)	Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural	**SÍ, baja**	**4**	**Alta provisión**	**5**	**Muy alta provisión**	-0,4%

Por otra parte, se obtuvo la capacidad total o acumulada de todos los ecosistemas del AE y de toda la vegetación afectada (CV). Esta última tiene una provisión baja, es decir, una baja capacidad de proveer servicios ecosistémicos sea considerando todos los servicios ecosistémicos o sólo los que tienen relación con el Proyecto, con valores 1,5 y 2,0 respectivamente (en escala de 0 a 5).

Cuando se analiza la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos, a nivel de toda la extensión del área de estudio y del área directa a intervenir, la provisión de servicios ecosistémicos es mayor en el AE que en la segunda (2,2 y 1,5), y cuando a modo de escenario se elimina toda la vegetación afecta a corta por obras temporales y permanentes la provisión total de servicios ecosistémicos disminuye en apenas un 0,001% (**Tabla 18**). Este cálculo muestra que incluso eliminando la vegetación de manera permanente (sin acciones de reposición), no hay un efecto relevante sobre las capacidades de los ecosistemas del paisaje en que habitan las comunidades relacionadas con el Proyecto, de proveer servicios ecosistémicos. Esta disminución es 0,008% para el caso de los SE que tienen relación con el proyecto.

Tabla 18. Provisión potencial total de servicios ecosistémicos en el área de estudio (AE) y en las áreas afectadas (CV) considerando todos los servicios ecosistémicos y aquellos que tienen relación con el Proyecto.

Extensiones	Provisión de todos los SE (total)	Provisión de los SE que tienen relación con el Proyecto
AE	2,2	2,7
CV	1,5	2,0
Pérdida de provisión total en AI, si se eliminara la provisión de SE de la vegetación afecta a corta (Diferencia)	-0,001%	-0,008%

F. CONCLUSIONES

Los OP ecosistemas asociados al AE están determinados por bosques nativos, matorrales y por ecosistemas acuáticos. En términos generales, es decir a escala de los pisos vegetacionales en que se insertan, estos ecosistemas se encuentran en una condición de alta fragilidad debido a la alta fragmentación que han experimentado en las últimas décadas. En el AE esto se manifiesta en la presencia de pocos fragmentos de gran tamaño, así como escasa conectividad entre ellos (ej. distancias entre fragmentos menores a 500 m). Sin embargo, en su forma actual, aún pueden permanecer, regenerarse y desarrollarse, siendo altamente sensibles a cualquier alteración de su extensión y continuidad, debido a las permanentes presiones asociadas a la expansión agrícola y forestal y a la ocurrencia de fenómenos como los incendios, que debilitan su condición y amenazan su permanencia, regeneración y desarrollo. Las obras del Proyecto tienen coincidencias espaciales con los ecosistemas como objeto de protección, siendo relevantes sólo en 2 fragmentos: Entre AG 33 y 35, y entre las torres 28 y 30.

Cabe señalar, una vez más, que la integración de datos de CARVUT y la CV permite caracterizar los ecosistemas desde una perspectiva extensa (AE de ecosistemas) y también de alto detalle (AI de flora y vegetación). En general CARVUT identifica grandes parches de bosque nativo, que cuando intersecta con el área de afectación del proyecto se muestra como homogéneo. Sin embargo, en análisis detallado de la CV permite distinguir que dicho bosque nativo no es homogéneo, sino un mosaico de bosques y matorrales. Este mosaico, que puede observarse en el AI de flora y vegetación, es también frecuente en el resto del AE de ecosistemas, como se pudo apreciar en la visita de terreno, evidenciando el largo historial de perturbaciones de este piso vegetacional que dificulta la regeneración del bosque nativo mientras permanecen presiones, como por ejemplo la herbivoría del ganado o los incendios forestales.

Respecto a servicios ecosistémicos, aquellos relevantes por su relación con el proyecto y sus niveles de provisión son: 1) **"Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) con fines nutricionales, materiales o para producir energía"** que contiene los usos agrícola o forestal, que tiene una relación media, 2) "**Interacciones intelectuales y representativas con el ambiente natural",** que representa las condiciones de los ecosistemas para el desarrollo de actividades como la investigación científica, la educación y el entrenamiento, la valoración de la cultura o herencia, y experiencias estéticas, y 3) **"Plantas silvestres terrestres para nutrición"** asociado a la capacidad de los ecosistemas de producir hongos o plantas silvestres de interés (ej. rosa mosqueta o plantas medicinales). Frente a esto, es relevante que el proyecto no altere los cuerpos de agua ni sus accesos, ni impida el acceso a ellos con fines recreativos, así como que tampoco restrinja ni el acceso ni la ejecución de ninguna de estas actividades, no adicionando nuevos cierres perimetrales. Evaluando la totalidad de los servicios ecosistémicos y aquellos que tienen relación con el proyecto la disminución potencial de la provisión es menor a 0,01%, por lo que no habrá un cambio relevante en la provisión de servicios ecosistémicos con la ejecución del proyecto.

G. BIBLIOGRAFÍA

Alaniz, A. J., Galleguillos, M., & Perez-Quezada, J. F. (2016). Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN Red List methodology: The case of the central Chile hotspot. Biological Conservation, 204, 378-385.

Beltrão, M. G., Gonçalves, C. F., Brancalion, P. H., Carmignotto, A. P., Silveira, L. F., Galetti Jr, P. M., & Galetti, M. (2024). Priority areas and implementation of ecological corridor through forest restoration to safeguard biodiversity. Scientific Reports, 14(1), 30837.

Benedetti Ruiz, S. (2012). Monografía de Espino. Acacia caven (Mol) Mol. https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/20248/30781-2.pdf?sequence=1

CONAF, 2020. Guía de evaluación ambiental "Criterios para la participación de CONAF en el SEIA".

Cordoves-Sanchez, M., & Vallejos-Romero, A. (2019). Social construction of risk in non-conventional renewable energy: Risk perception as a function of ecosystem services in La Araucanía, Chile. Ecological Economics, 159, 261-270.

Echeverría, C., Fuentes, R., De la Barrera, F., Aguayo, M., Engler, A., Garrido, P., Vega, D. y Herrera, A. (2018). Informe final Proyecto "Planificación ecológica de la infraestructura ecológica de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y programa regional de prioridades de restauración ecológica en el contexto de los incendios de la temporada 2016-2017: aplicación en Región del Maule". Informe Final. Subsecretaria de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile. 131 p.

Echeverría, C., Fuentes, R., De la Barrera, F., Aguayo, M., Engler, A., Garrido, P., Vega, D. y Herrera, A. (2018). Informe final Proyecto "Planificación ecológica de la infraestructura ecológica de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y programa regional de prioridades de restauración ecológica en el contexto de los incendios de la temporada 2016-2017: aplicación en Región del Maule". Informe Final. Subsecretaria de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile. 131 p.

Geri, F., Rocchini, D., & Chiarucci, A. (2010). Landscape metrics and topographical determinants of large-scale forest dynamics in a Mediterranean landscape. Landscape and Urban Planning, 95(1–2), 46–53. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.12.001

Hamed, T. A., & Alshare, A. (2022). Environmental Impact of Solar and Wind energy-A Review. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 10(2), 1-23.

Hernández, A., Miranda, M., Arellano, E. C., Saura, S., & Ovalle, C. (2015). Landscape dynamics and their effect on the functional connectivity of a Mediterranean landscape in Chile. Ecological Indicators, 48, 198-206.

Jean-Prost, 1985. Apicultura. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1985. 573p.

Kaiser, G., Burkhard, B., Römer, H., Sangkaew, S., Graterol, R., Haitook, T., ... & Sakuna-Schwartz, D. (2013). Mapping tsunami impacts on land cover and related ecosystem service supply in Phang Nga, Thailand. Natural Hazards and Earth System Sciences, 13(12), 3095-3111.

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Segunda Edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 316 p

MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (2001). The theory of island biogeography (Vol. 1). Princeton university press.

Mancilla, D., Gonzalez, S., Virano, P., De la Barrera, F. (2022). Nuevas oportunidades de conservación y restauración en un paisaje rural-urbano degradado de la región del Maule (Chile) mediante imágenes Sentinel 2. Revista Universitaria de Geografía, vol. 31, núm. 2, pp. 77-108, 2022.

Mancilla-Ruiz, D., Barrera, F. D. L., González, S., & Huaico, A. (2021). The effects of a megafire on ecosystem services and the pace of landscape recovery. Land, 10(12), 1388.

Martínez-Martínez, Y., Dewulf, J., & Casas-Ledón, Y. (2022). GIS-based site suitability analysis and ecosystem services approach for supporting renewable energy development in south-central Chile. Renewable Energy, 182, 363-376.

Núñez, M., Echeverría, C., Aguayo, M., Fuentes, R. (2016). Metodología bases para la revisión de sitios prioritarios (SP) y otras áreas de valor ecológico (AVE), y propuesta de áreas con potencial de restauración para el desarrollo de una infraestructura ecológica con aplicación en una región piloto. Informe Final. Subsecretaria de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile. 51p.

Pliscoff, P. (2015). Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Informe Técnico elaborado por Patricio Pliscoff para el Ministerio del Medio Ambiente. 63 p. Santiago, Chile.

SAG, 2021. Guía de evaluación ambiental Componente vegetación y flora silvestre de competencia del SAG.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), 2015. Guía para a descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), 2024. Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA. Tercera edición, Santiago, Chile. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2024/11/11/2024_CC_3_v1.pdf

Servicio de Evaluación Ambiental, 2022. Criterio de Evaluación en el SEIA: Objetos de protección. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2022/09/21/03_dt_objetos_de_protecci on.pdf

Servicio de Evaluación Ambiental, 2024 (SEA). Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres. Primera edición, Santiago, Chile. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2024/08/23/G_Met_Descripcion%20ecosistemas%20terrestres_2024.pdf

Servicio de Evaluación Ambiental, 2024. Guía áreas de influencia en ecosistemas terrestres. Primera edición, Santiago, Chile. https://www.sea.gob.cl/documentacion/guias-y-criterios/guia-areas-de-influencia-en-ecosistemas-terrestres

Smith-Ramírez, C., Grez, A., Galleguillos, M., Cerda, C., Ocampo-Melgar, A., Miranda, M. D., ... & Vita, A. (2023). Ecosystem services of Chilean sclerophyllous forests and shrublands on the verge of collapse: A review. Journal of Arid Environments, 211, 104927.

Van de Wouw, P., Echeverría, C., Rey-Benayas, J. M., & Holmgren, M. (2011). Persistent Acacia savannas replace Mediterranean sclerophyllous forests in South America. Forest Ecology and Management, 262(6), 1100-1108.