



Universidad Austral de Chile  
Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

# **Priorización espacial para la restauración ecológica en el sector de Cabo Blanco Alto, región de Los Ríos.**

Patrocinante: Sra. Milen Duarte

Trabajo de Tesina presentado como parte de los requisitos para optar al Título de **Ingeniero(a) en Conservación de Recursos Naturales**

**CONSTANZA ANTONIA NAVARRO ARTEAGA**

VALDIVIA

2025

## Índice de materias

## Página

i	CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN	i
ii	AGRADECIMIENTOS	i
iii	RESUMEN	ii
1	INTRODUCCIÓN	8
2	MÉTODOS	11
2.1	Área de estudio	11
2.1.1	Delimitación área de estudio	12
2.2.	Objetivo específico 1: Caracterizar los usos de suelo y formaciones vegetacionales del sector Cabo Blanco Alto, mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y la verificación en terreno	13
2.2.1	Identificación de usos de suelo y formaciones vegetacionales	14
2.3	Objetivo específico 2: Definir Objetos de Conservación biológicos a partir de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales, revisión bibliográfica de potenciales objetos y la aplicación de criterios establecidos en la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC)	17
2.4	Objetivo específico 3: Evaluar el nivel de presión antropogénica en el sector Cabo Blanco Alto, para la creación de costos de restauración	18
2.5	Objetivo específico 4: Modelar áreas prioritarias para la restauración en el sector Cabo Blanco Alto, a través de priorización espacial	19
2.5.1.	Unidades de planificación	19
2.5.2	Metas de conservación	19
2.5.3	Presiones antropogénicas como costo de restauración	20
2.5.4	Análisis de sensibilidad	20
2.5.5	Calibración de parámetros en Marxan	21
2.5.6	Escenarios de priorización	21

3	RESULTADOS	22
3.1	Objetivo específico 1: Caracterizar los usos de suelo y formaciones vegetacionales del sector Cabo Blanco Alto, mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y la verificación en terreno	23
3.1.1	Bosque y plantaciones de Árboles	26
3.1.2	Matorral	29
3.1.3	Praderas	32
3.1.4	Humedales	33
3.2	Objetivo específico 2: Definir Objetos de Conservación biológicos a partir de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales, revisión bibliográfica de potenciales objetos y la aplicación de criterios establecidos en la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC)	33
3.3	Objetivo específico 3: Evaluar el nivel de presión antropogénica en el sector Cabo Blanco Alto, para la creación de costos de restauración	36
3.4	Objetivo específico 4: Modelar áreas prioritarias para la restauración en el sector Cabo Blanco Alto, a través de priorización espacial	37
3.4.1	Calibración BLM	37
3.4.2	Análisis de sensibilidad	38
3.4.3	Escenarios de priorización	39
4	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
4.1	Objetivo específico 1: Caracterizar los usos de suelo y formaciones vegetacionales del sector Cabo Blanco Alto, mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y la verificación en terreno	43
4.2	Objetivo específico 2: Definir Objetos de Conservación biológicos a partir de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales, revisión bibliográfica de potenciales objetos y la aplicación de criterios establecidos en la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC)	45
4.3	Objetivo específico 3: Evaluar el nivel de presión antropogénica en el sector Cabo Blanco Alto, para la creación de costos de restauración	46
4.4	Objetivo específico 4: Modelar áreas prioritarias para la restauración en el sector Cabo Blanco Alto, a través de priorización espacial	48
4.5	Limitaciones	49
4.6	Proyecciones	49

- ANEXOS
1. Tablas COT y Braun-Blanquet
  2. Catálogo florístico
  3. Tabla caracterización vegetación Bosque nativo
  4. Tabla caracterización vegetación Bosque mixto
  5. Tabla caracterización vegetación Plantación
  6. Tabla caracterización vegetación Matorral
  7. Tabla caracterización vegetación Matorral arborescente nativo
  8. Tabla caracterización vegetación Matorral arborescente exótico
  9. Tabla caracterización vegetación Matorral-Pradera
  10. Tabla caracterización vegetación Pradera
  11. Tabla caracterización vegetación Humedales

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

	Nota
Patrocinante: Sra. Milen Duarte Muñoz	<u>7,0</u>
Informante: Sra. Patricia Möller Doepking	<u>7,0</u>
Informante: Sr. Andrés Veloso Sánchez	<u>7,0</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el Reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.



Sra. Milen Duarte Muñoz

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera expresar mi sincera gratitud a todas las mujeres que fueron parte de este proceso, fuente de inspiración y guía en mi desarrollo personal y académico. En primer lugar, agradezco a mis profesoras Milen Duarte y Patricia Möller, por compartir generosamente sus conocimientos y orientarme con dedicación a lo largo de estos años. Valoro especialmente el ejemplo que representan como mujeres en la academia, la ciencia y la educación ambiental. A mi madre Waleska Arteaga y mis abuelas Jeorgina Coronado e Iris Lara, por el apoyo y amor incondicional, quienes han sido referentes constantes de esfuerzo, independencia y convicción. Asimismo, agradezco a mis compañeras y amigas de universidad Cristina Díaz, Natalia Neira y Valentina Rosales, por su presencia, apoyo y amistad a lo largo de estos años. A mi familia, mis hermanas Pía y Javiera, mi padre Aldo Navarro y mi abuelo Aldo, a mis padrinos Juan y Margot, agradezco profundamente su cariño, confianza y respaldo constante.

Agradezco también a mi profesor Andrés Veloso, por asumir el desafío de acompañarme como profesor guía en este proceso y por su disposición permanente. A mis amigos Juan Pablo Vicencio y Carlos Caipillán por compartir su profundo amor por las plantas y ser una compañía constante durante esta etapa universitaria.

A mis compañeras y compañeros del Laboratorio de Restauración Socioecológica, gracias por la colaboración permanente, la buena disposición y compañía durante este proceso. Extiendo también mis agradecimiento al Centro de Humedales Río Cruces (CEHUM) por brindarme las condiciones para crecer tanto en lo académico como en lo profesional. Asimismo, a todas las personas que participaron y me acompañaron a las jornadas de terreno.

## RESUMEN

En la Década de la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030), se plantea la necesidad de llevar a cabo procesos de restauración como una forma de reconstruir ecosistemas degradados. En Chile, el Plan Nacional de Restauración de Paisajes (2021-2030) busca recuperar la funcionalidad de los ecosistemas e incrementar la resiliencia de los territorios frente a factores de degradación, planteando la meta de restaurar un millón de hectáreas al año 2030 y priorizando aquellos lugares con mayor vulnerabilidad social, económica y ambiental. El objetivo de esta investigación es identificar áreas prioritarias para la restauración ecológica utilizando la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC) como marco metodológico en el sector Cabo Blanco Alto, región de Los Ríos. Para ello, se caracterizaron los usos de suelo y formaciones vegetacionales mediante fotointerpretación y verificación en terreno, se definieron seis Objetos de Conservación biológicos representativos del área de estudio, se evaluaron presiones antropogénicas como costos de restauración, y se modelaron escenarios de priorización utilizando el software Marxan. En cuanto a las metas de conservación de los Objetos de Conservación, se evaluaron escenarios con metas del 20%, 30% y 40% del hábitat potencial de las especies o bien del área ocupada por la vegetación. Los resultados mostraron que el área priorizada en todos los escenarios cumple con un 90% de las metas de representación para los Objetos de Conservación, mientras que las unidades prioritarias se concentran en sectores cercanos a las actuales áreas protegidas circundantes, lo que sugiere la relevancia de restaurar en zonas contiguas a estas áreas protegidas. Esta priorización ofrece un insumo para la toma de decisiones de actores claves como el Centro de Humedales Río Cruces (CEHUM) y otras instituciones, quienes podrían facilitar el diseño de estrategias locales de restauración, que integren impactos ecológicos, sociales y de uso del paisaje en un contexto de expansión urbana creciente.

Palabras clave: Restauración ecológica, Planificación Sistemática de la Conservación (PSC), Priorización espacial, Marxan, Presiones antropogénicas.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el ritmo, la intensidad y la escala a la cual los seres humanos han alterado el planeta en las últimas décadas no tiene precedentes; incluso los lugares más remotos de la Tierra han sido influenciados por el cambio climático antropogénico (Holl 2023). Como respuesta a la degradación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático inducidos por el ser humano, la práctica de la restauración se está expandiendo rápidamente (Fischer *et al.* 2021). El período comprendido entre 2021 y 2030 ha sido identificado como el Decenio de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas, un llamado para que los países, profesionales, científicos, comunidades locales e indígenas y otras partes interesadas trabajen juntos para revertir la degradación de los ecosistemas (Valderrábano *et al.* 2023).

La restauración ecológica se define como "el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido" (Gann *et al.* 2019). La degradación, por otra parte, es la pérdida de biodiversidad y la simplificación o alteración de su composición, estructura y funcionamiento y que en general conduce a una reducción en el flujo de servicios ecosistémicos (Gann *et al.* 2019). Una manera de evaluar el nivel de degradación es la identificación de presiones antropogénicas, entendiendo que las actividades humanas producen perturbaciones sobre los ecosistemas terrestres (Goyette *et al.* 2021). Mediante la cuantificación del área afectada por los distintos tipos de perturbaciones es posible distinguir entre sitios "prístinos", sin signos observables de presión humana, y sitios "alterados" con algún nivel de disturbio, basándose en su irreversibilidad y el grado de compactación del suelo asociado a cada tipo de presión (Goyette *et al.* 2021). A su vez, cuantificar las presiones antropogénicas permite estimar los costos de restauración, en tanto cada tipo de presión, y también la suma de ellas, permite evaluar qué tan difícil y costoso puede significar restaurar un sitio que es afectado por dichas presiones (Goyette *et al.* 2021).

A medida que aumenta la escala espacial y el alcance de la restauración, resulta necesario la adopción de métodos de planificación que permitan establecer prioridades para aprovechar al máximo los recursos disponibles (Gilby *et al.* 2021). Uno de estos métodos es la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC), la que permite ubicar de forma estratégica las acciones de restauración para maximizar los beneficios ecológicos y reducir los costos socioeconómicos (Margules y Sarkar 2007, Fernández y Morales 2016). El uso de marcos metodológicos más completos, cuantitativos y defendibles para asignar recursos es una solución frente al desafío de ubicar y asignar los esfuerzos de restauración

estratégicamente en el paisaje (Gilby *et al.* 2021). Principalmente, los problemas de conservación que se busca resolver implican elecciones sobre la ubicación espacial de las acciones que se aplicarán en un paisaje, donde estas acciones hacen referencia a cualquier tipo de uso o gestión de la tierra que afecte los resultados de conservación en la región en cuestión, ya sea positiva o negativamente (Ferrier y Wintle 2009). Dentro de este proceso de planificación, y como una forma de apoyo a la toma de decisiones, la priorización espacial permite orientar la identificación de áreas prioritarias para la restauración con información espacialmente explícita sobre los elementos que se busca restaurar y el estado de degradación en que se encuentran, considerando soluciones eficientes al menor costo (Ferrier y Wintle 2009).

En Chile, con el fin de impulsar la restauración y recuperar la funcionalidad de los ecosistemas a nivel de paisaje, se elaboró el Plan Nacional de Restauración de Paisajes (2021-2030), cuyos objetivos incorporan el aumento de la resiliencia de los territorios y comunidades frente al cambio climático y otros factores de degradación (MINAGRI *et al.* 2021). El principal causante de la degradación de los ecosistemas en Chile es el cambio de uso del suelo, factor antrópico que ha ocasionado un deterioro en los ecosistemas terrestres y acuáticos naturales de nuestro país (MINAGRI *et al.* 2021). En especial, ecosistemas como humedales y franjas ribereñas han sido sometidos a numerosos tipos de impactos, siendo considerados como uno de los ecosistemas más susceptibles ante perturbaciones a escala de cuenca (Peña-Cortés *et al.* 2006). Entre las principales causas de degradación de estos ecosistemas, destaca la antropización mediante la ocupación de índole urbana y agropecuaria de sus suelos (Peña y Johnson 2023), la extracción de leña para uso doméstico generando destrucción del hábitat mediante la apertura del dosel, implicando una mayor penetración de la luz solar, y por consiguiente cambios en las características químicas del agua (Correa-Araneda *et al.* 2011). Los espacios creados facilitan la invasión espontánea de especies exóticas, generando una disminución en la diversidad de hábitats y modificando la estructura y composición arbórea (Correa-Araneda *et al.* 2011).

En los últimos 20 años, en la ciudad de Valdivia se ha observado una creciente demanda de suelo para la expansión periurbana, fundamentalmente para la construcción de viviendas e infraestructura a través de parcelaciones de agrado y loteos irregulares (Guerra y Lara 2017, Marchant *et al.* 2023). Sectores como Cabo Blanco han experimentado cambios en el uso de suelo transformándose de un sector eminentemente rural a uno en un proceso acelerado de periurbanización, evidenciándose cambios en las actividades agrícolas, el desarrollo de nuevos caminos de ripio, la disminución de la superficie de bosque

nativo a partir de la “limpieza” de los terrenos y, en algunos casos, la construcción de muelles en la ribera del humedal Río Cruces (Marchant *et al.* 2023). Lo anterior toma relevancia debido a que estos procesos de expansión o crecimiento urbano representan una de las mayores amenazas para los humedales urbanos de Valdivia, cuyo deterioro es un proceso de larga data, causado principalmente por su ocupación indebida, relleno y habilitación como terrenos urbanizables (Guerra y Lara 2017). Los humedales en Valdivia son considerados elementos que condicionan el diseño y la planificación de la ciudad, pues está documentado que la superficie de humedales en Valdivia equivale al 37% de la superficie de la ciudad (Guerra y Lara 2017).

Esta propuesta de investigación busca aplicar los fundamentos y etapas de la planificación sistemática de la conservación y la priorización espacial para identificar áreas prioritarias para la restauración en la ciudad de Valdivia (figura 1). Los resultados de esta propuesta buscarán ser un insumo para la toma de decisiones del Centro de Humedales Río Cruces (CEHUM) para la proyección de estrategias y acciones de restauración en el sector de Cabo Blanco Alto, en la ciudad de Valdivia.

### Etapas clave de la Planificación Sistemática de la Conservación



**Figura 1.** Diagrama de flujo de las etapas de la Planificación Sistemática de la Conservación, este método estructurado e iterativo considera retroalimentación, revisión y reiteración en cada una de sus etapas (Margules y Sarkar 2007). Modificado de Gilby *et al.* (2021) y Margules y Sarkar (2007).

## **Objetivo general**

Identificar áreas prioritarias para la restauración ecológica utilizando la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC) como marco metodológico en el sector Cabo Blanco Alto, región de Los Ríos.

## **Objetivos específicos**

1. Caracterizar los usos de suelo y formaciones vegetacionales del sector Cabo Blanco Alto, mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y la verificación en terreno.
2. Definir Objetos de Conservación biológicos a partir de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales, revisión bibliográfica de potenciales objetos y la aplicación de criterios establecidos en la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC).
3. Evaluar el nivel de presión antropogénica en el sector Cabo Blanco Alto, para la evaluación de los costos de restauración.
4. Modelar áreas prioritarias para la restauración en el sector Cabo Blanco Alto, a través de priorización espacial.

## **2. MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudio**

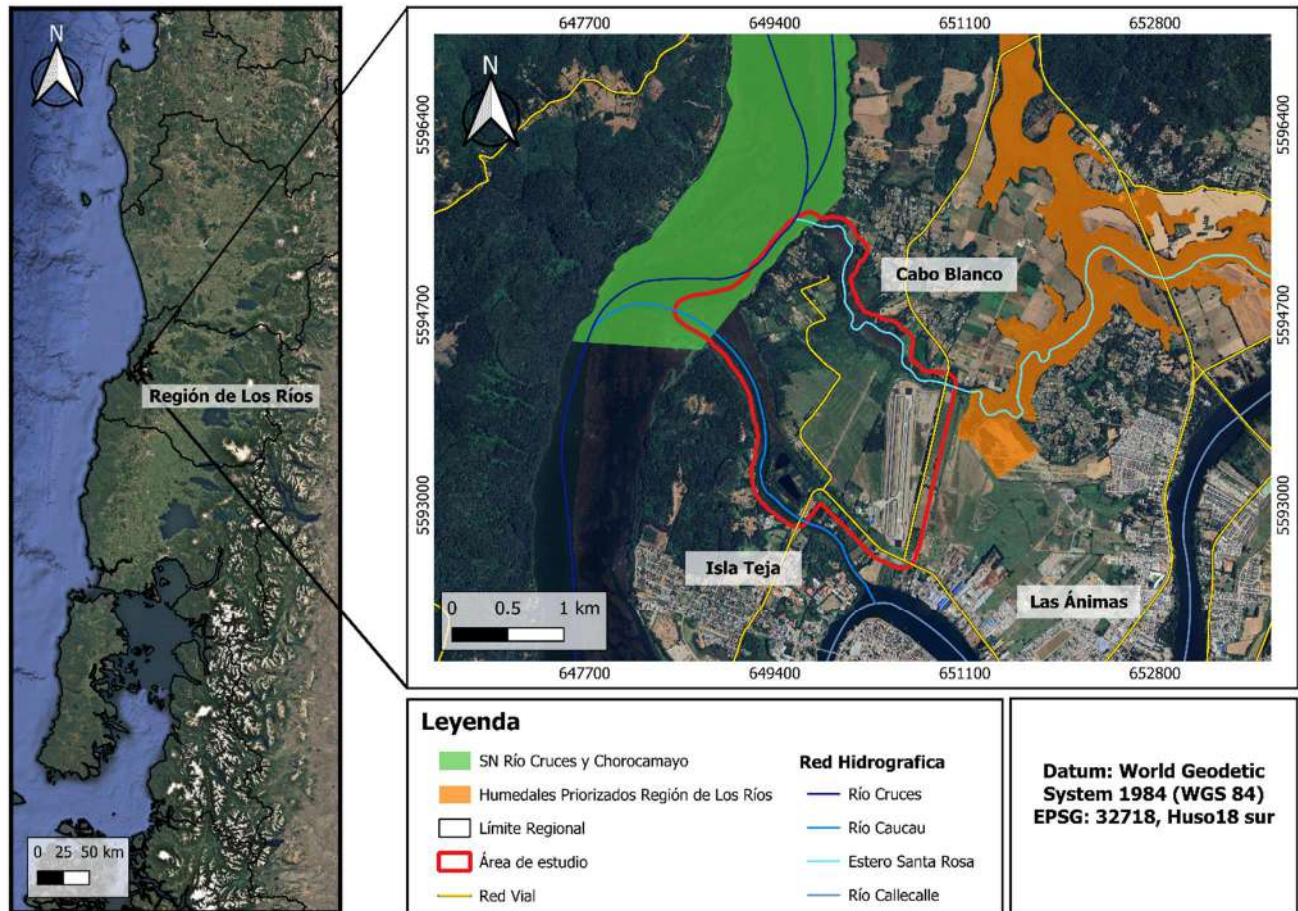
La presente investigación se realizó en el sector Cabo Blanco Alto, perteneciente a la comuna de Valdivia en la Región de los Ríos (figura 2). Una de las características distintivas del área se relaciona con la presencia de humedales, que en su mayoría existen hoy producto de la subsidencia o hundimiento del terreno en 1,8m producto del terremoto de 1960 (Guerra y Lara 2017). De ellos se destaca el primer humedal de importancia internacional Ramsar y Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo, y los humedales asociados al Río Caucau y Estero Santa Rosa (Guerra y Lara 2017, CONAF 2019). Respecto a la historia de usos del sector, Aizman (2007) relata que “dominan el paisaje extensiones de praderas secundarias, matorrales y fragmentos de bosque pantanoso. Antiguos cercos, drenajes abandonados y viejos árboles frutales hacen lectura de un pasado de uso agropecuario”.

Otros hitos importantes de resaltar son la pavimentación y conexión de la Ruta T-344 en el año 2016, y la apertura del puente Caucau en el año 2018. Estos eventos favorecieron la conectividad del sector Cabo Blanco con Isla Teja y el centro de la ciudad de Valdivia aumentando el atractivo del lugar, cuyas consecuencias incluyen el incremento en el número de viviendas y el desarrollo de nuevos proyectos de parcelaciones, loteos y subdivisiones establecidos en torno a la Ruta T-344 (Marchant *et al.* 2023).

### **2.1.1. Delimitación área de estudio**

El proceso de delimitación del área de estudio se realizó mediante una fotointerpretación de imágenes satelitales con el uso de la herramienta QGIS (versión 3.38.1-Grenoble), junto con imágenes de Google Satellite disponibles en dicha plataforma (MMA 2022, QGIS Development Team 2025). En primer lugar y de forma preliminar, para definir el área de estudio se realizó una delimitación desde el límite terrestre observado con imágenes satelitales del sector Cabo Blanco Alto, de forma complementaria se utilizaron los límites otorgados por los principales ríos y esteros de la zona, donde su límite norte corresponde al Estero Santa Rosa, su límite sur con el Río Caucau y su límite este con el Río Cruces, esto mediante el uso de información en formato shapefile de la Red Hidrográfica de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN s.f.). Del mismo modo, se consideraron los límites otorgados por la Red Vial Nacional y los otorgados por el Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo (BCN s.f., CONAF 2019).

En segundo lugar, entendiendo que las zonas ribereñas son una interfaz entre los sistemas terrestres y los acuáticos, que abarcan diferentes gradientes ambientales, comunidades y procesos ecológicos, se aplicaron distintas extensiones de zona buffer para obtener un valor óptimo que permitiera incluir estas zonas ribereñas y la vegetación presente en el cuerpo de agua obteniendo así la delimitación final del área de estudio (figura 3, Vázquez *et al.* 2015). Adicionalmente, para caracterizar las iniciativas de conservación del área se incorporaron los humedales priorizados de la comuna de Valdivia, iniciativa del Gobierno Regional (GORE) de Los Ríos (Humedales Los Ríos, 2022).



**Figura 2.** Localización del área de estudio. Se detallan los humedales priorizados, el Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo, y la cercanía con los sectores de Cabo Blanco, Isla Teja y Las Ánimas. Fuente: elaboración propia (2025).

## 2.2. Objetivo específico 1: Caracterizar los usos de suelo y formaciones vegetacionales del sector Cabo Blanco Alto, mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y la verificación en terreno

En esta etapa del proceso de PSC se debe preparar la información cartográfica necesaria de los Objetos de Conservación seleccionados para el análisis sistemático (Ramírez de Arellano *et al.* 2018). Sin embargo, para representar la biodiversidad de manera amplia, es necesario incluir una serie de elementos “sustitutos”, estos valores sustitutos o subrogados de biodiversidad deben ser cuantificables y contar con representación espacial, a partir de registros de campo, sensores remotos o modelos, y deben representar *proxys* de la ubicación espacialmente explícita de los objetos de conservación (Ramírez de Arellano *et al.* 2018). Pueden tratarse de *proxys* de la distribución de especies de mayor prioridad o

amenazadas de extinción, especies indicadoras de estados de conservación ambiental o comunidades vegetacionales (Rodrigues y Brooks 2007, Margules y Sarkar 2009). Para dilucidar estos *proxys*, se evaluaron los usos de suelos y formaciones vegetacionales del área de estudio, lo que luego permitió ubicar la distribución potencial de los Objetos de Conservación a partir de los hábitat de las especies o bien, directamente desde las formaciones vegetacionales.

### **2.2.1. Identificación de usos de suelo y formaciones vegetacionales**

Para este ejercicio fueron seleccionados los principales usos de suelo y formaciones vegetacionales contenidos en el “Catastro de Usos de la tierra y Recursos Vegetacionales de Chile” del año 2017, ya que constituyen la línea base de información cartográfica vegetal del país (CONAF 2021). Dado que el catastro presenta actualizaciones periódicas, pero no en tiempo real, fue necesario realizar un proceso de corrección y ajuste cartográfico mediante una fotointerpretación preliminar de los usos de suelo y formaciones vegetacionales por medio de imágenes satelitales de Google Satellite disponibles en la plataforma QGIS (versión 3.38.1-Grenoble) durante la temporada enero-marzo del 2025. Luego, se realizó una validación de la cartografía obtenida, bajo la metodología de Carta de Ocupación de Tierras (COT) en campo, para obtener una representación objetiva de la vegetación, por medio de la determinación de atributos asociados a su formación vegetal, estructura vegetal, cobertura, altura y especies dominantes, acompañado de la posición topográfica y grado de artificialización (CONAF 2024, Anexo 1). La toma de datos se realizó durante la temporada enero-marzo del 2025, mientras que los puntos de muestreo fueron calculados de forma aleatoria en el paisaje en función de la proporción de superficie ocupada por cada formación vegetal dentro del área de estudio. Además, para cada punto de muestreo visitado se registró el grado de artificialización o intervención antrópica, desde un punto de vista de la vegetación, este indica la intensidad y tipo de manejo al cual fue sometido el ecosistema, su definición se realizó en base a categorías previamente establecidas (Hernández 2000, Anexo 1).

Al mismo tiempo, para caracterizar la composición florística se registró la flora presente en parcelas de 4m<sup>2</sup> para la vegetación herbácea, de 25m<sup>2</sup> para matorral y humedales, y de 100m<sup>2</sup> para la arbórea (Hauenstein *et al.* 2002). Para cada especie se consideró su nombre científico, forma de vida y origen fitogeográfico según el Catálogo de las plantas vasculares de Chile, y su respectiva categoría de conservación de acuerdo a los listados oficiales de clasificación de especies del Ministerio de Medio Ambiente (Rodríguez *et al.* 2018, MMA 2025). Se estimó la cobertura de las especies mediante la escala Braun-Blanquet, utilizando clases porcentuales de cobertura estimadas visualmente en terreno (Hernández 2000, Anexo 1). Esta información fue compilada en un catálogo florístico y gráficos de anillo para representar el origen fitogeográfico y categoría de conservación, luego en tablas fitosociológicas se anotaron las coberturas porcentuales de cada especie en las distintas formaciones vegetacionales (Hauenstein *et al.* 2002, Anexo 1). Finalmente, para llevar a cabo la corrección de los límites vectoriales y la reclasificación de los usos de suelo y formaciones vegetacionales de la fotointerpretación se utilizó como guía las definiciones de CONAF con algunos ajustes de elaboración propia (cuadro 1), en conjunto con los resultados de la caracterización de la vegetación y flora del lugar, y se calculó su superficie total.

**Cuadro 1.** Definiciones usos y formaciones vegetacionales de la tierra. Fuente: CONAF (2022) y *elaboración propia\** (2025).

<b>Usos de suelo y formaciones vegetacionales</b>	<b>Descripción</b>
Áreas urbanas e industriales	Sectores ocupados por infraestructura urbana (ciudades, pueblos, otros), instalaciones y/o actividades industriales o Minería.
<i>Zona habitacional*</i>	<i>Conjuntos de viviendas de uso permanente u ocasional, infraestructura asociada al uso residencial (colegios o centros de eventos).</i>
Terrenos agrícolas	Zonas actualmente destinadas a la producción agropecuaria. Incluye Frutales, viñedos, cereales, horticultura y ganadería.
Cuerpos de agua	Se incluyen en esta categoría las zonas cubiertas por el mar, ríos, lagos, lagunas y embalses.
Humedales	Extensiones de marismas, pantanos y turberas o, en general, superficies cubiertas de agua, sean éstas de caracteres naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancados o corrientes, dulces, salobres o salados. Se incluyen las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de 6 metros. Además, se incluyen en esta categoría las vegas y bofedales debido a su hidromorfismo.
Bosque nativo	Ecosistema en el cual el estrato arbóreo está constituido por especies nativas que presentan una altura de 2 metros o más y una cobertura de copas de un 25%, según zonas indicadas en la def. de Bosque, Ley 20.283.
Plantación	Consiste en el establecimiento artificial de especies naturales o exóticas.
Bosque mixto	Corresponden a mezclas de las categorías Bosque nativo y Plantación. El criterio de clasificación se basa en la proporción en la cual se encuentren las categorías anteriormente descritas.
Matorral-Pradera	Uso de la tierra donde se combina el matorral que lo define la especie arbustiva, y en algún nivel de dominancia deben ir especies de pradera principalmente.
Matorral	Predominan especies arbustivas o también arbóreas menores a dos metros.
<i>Matorral Arborescente Exóticas o Nativo*</i>	<i>Formaciones arbustivas con presencia de algunas especies arbóreas de más de dos metros de forma aislada. Distinción entre el origen geográfico de las especies y su dominancia.</i>
Pradera	Praderas anuales: Praderas que semillan anualmente después de las lluvias. Praderas perennes: pastos y hierbas permanentes.

### **2.3. Objetivo específico 2: Definir Objetos de Conservación biológicos a partir de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales, revisión bibliográfica de potenciales objetos y la aplicación de criterios establecidos en la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC).**

Dentro de la PSC, los Objetos de Conservación son componentes espacialmente definidos. Tradicionalmente estos objetos han sido componentes de la biodiversidad a distintos niveles, desde poblaciones y especies hasta tipos de hábitats y ecosistemas (Ramírez de Arellano *et al.* 2018). Para definir Objetos de Conservación biológicos se realizó un trabajo de gabinete por medio de una revisión bibliográfica. Mediante esta búsqueda se seleccionaron los Objetos de Conservación definidos en el Plan de Manejo del Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo que estuvieran presentes y que representarían el área de estudio (CONAF 2019). Adicionalmente, se incorporaron los Objetos de Conservación “Bosques pantanosos” al ser considerados un ecosistema clave para representar la vegetación del lugar y el objeto de conservación “Sistemas naturales” que agrupa toda la vegetación nativa remanente que no se encontraba incluida explícitamente en los Objetos de Conservación ya seleccionados (Aizman 2007, CONAF 2017).

Los usos de suelo y formaciones vegetacionales se utilizaron como indicadores espacialmente explícitos para representar la distribución potencial de los Objetos de Conservación biológicos dentro del área de estudio. Cada Objeto de Conservación fue asociado a un uso o formación, entendiendo que estos reflejan los patrones espaciales y las condiciones de hábitat requeridas por dichos objetos (Ware *et al.* 2018). La asociación entre cada objeto y estas categorías del paisaje se basó en su representatividad ecológica, es decir, en identificar qué usos o formaciones reflejan de mejor manera las condiciones ambientales, estructurales o de hábitat que caracterizan a cada objeto (Ware *et al.* 2018). De esta forma, los objetos que correspondían a especies fueron vinculados a los ambientes que funcionan como su hábitat natural, mientras que los objetos que correspondían a ecosistemas se asociaron a las clases que mejor representan dicho ecosistema o componente ecológico descrito (CONAF 2019). Toda la información obtenida sirvió como insumo para elaborar la cartografía necesaria de cada objeto de conservación seleccionado y trabajada con herramientas SIG que posteriormente fueron incorporadas en el algoritmo de priorización.

## 2.4. Objetivo específico 3: Evaluar el nivel de presión antropogénica en el sector Cabo Blanco Alto, para la evaluar los costos de restauración

A menudo, resulta difícil estimar costos debido a las limitaciones de datos y accesibilidad, cuando no se dispone de datos de costos espaciales explícitos, se pueden utilizar costos indirectos o “proxys” adecuados (Serra-Sogas *et al.* 2020). Para esta investigación, se utilizó el nivel de presión antropogénica para estimar los costos de acciones de restauración. Se caracterizaron y cuantificaron mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y observaciones de terreno, el área impactada por cada tipo de perturbación se consideró restringida a su área espacial mapeada (Goyette *et al.* 2021). Las unidades de planificación con signos observables de presiones antropogénicas leves o poco degradadas como para considerarse vegetación antropogénica, se consideraron sitios con vegetación nativa alterada.

Se identificaron cinco tipos de presiones antropogénicas, se les asignó un factor de ponderación a cada tipo de presión en base a su jerarquía de «irreversibilidad» y preocupaciones sobre la compactación del suelo (Goyette *et al.* 2021, cuadro 2). Se le asignó un factor de ponderación de 1 a la categoría de vegetación nativa alterada, de modo que el costo de restaurar estas unidades sería igual a su superficie total (Goyette *et al.* 2021). Para realizar un análisis de sensibilidad sobre el efecto del costo en la composición de la red y su configuración espacial, se crearon dos conjuntos adicionales de factores de ponderación para cada categoría multiplicando iterativamente los factores de referencia en 1,5, excepto para la categoría "Vegetación nativa alterada" (Goyette *et al.* 2021, cuadro 2). Esta jerarquía de factores de ponderación coincide con estudios que reportan costos crecientes a lo largo de un gradiente de acciones de restauración pasivas a activas, de esta forma unidades más costosas reflejan un mayor nivel de degradación, respecto a la presencia de presiones antropogénicas, por lo que requerirían mayores esfuerzos de restauración (Goyette *et al.* 2021).

**Cuadro 2.** Factores de ponderación asignados a las diferentes categorías de presiones antropogénicas. Fuente: Goyette *et al.* 2021 y Elaboración propia (2025).

<b>Presiones antropogénicas</b>	<b>Conjunto de factores de ponderación</b>		
	<b>Set 1</b>	<b>Set 2</b>	<b>Set 3</b>
Vegetación nativa alterada	1	1	1
Vegetación antropogénica	2,5	3,75	5,625
Caminos de tierra	2,75	4,125	6,188
Superficies impermeables	4	6	9
Construcciones	5	7,5	11,25

## **2.5. Objetivo específico 4: Modelar áreas prioritarias para la restauración en el sector Cabo Blanco Alto, a través de priorización espacial**

Se utilizó el software Marxan para seleccionar áreas prioritarias para la restauración ecológica en el sector de Cabo Blanco Alto (Ball *et al.* 2009). Marxan está diseñado principalmente para identificar conjuntos de áreas que permiten cumplir metas de conservación o restauración, utilizando algoritmos de optimización para seleccionar combinaciones de unidades de planificación que representen de manera eficiente los Objetos de Conservación definidos, al menor costo posible (Serra-Sogas *et al.* 2020).

### **2.5.1. Unidades de planificación**

Como primer paso se dividió el área de estudio en unidades de planificación (figura 19). Se estableció una forma del tipo hexagonal de 0,5 ha, tamaño mínimo de superficie ocupada por los Objetos de Conservación definidos (Serra-Sogas *et al.* 2020). Cada unidad contiene la distribución espacial de los Objetos de Conservación y los costos de llevar a cabo esta priorización (Jellinek 2016, Duarte *et al.* 2014), y que serán explicados más adelante. No se consideraron restricciones para incluir o no unidades de planificación dentro del sistema de reservas.

### **2.5.2. Metas de conservación**

Para la priorización es necesario establecer la cantidad o proporción mínima del objeto de conservación en el área de estudio que se incluirá en la solución final de Marxan (Serra-Sogas *et al.* 2020). Se establecieron metas de conservación del 20%, 30% y 40%, para alinear tanto literatura sobre planificación sistemática de la conservación como tendencias actuales de las políticas internacionales de conservación (Zhang 2025). Diversos estudios que han utilizado Marxan como mecanismo de priorización suelen establecer objetivos de conservación que oscilan entre el 20% y el 40% para equilibrar eficazmente la integridad ecológica, la viabilidad económica y la aceptabilidad social (Domisch *et al.* 2019, Watts *et al.* 2009, Hui *et al.* 2025). Además, iniciativas globales de conservación como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) han abogado históricamente por la protección de al menos entre el 17 % y el 30 % de los ecosistemas terrestres (Dudley y Stolton 2022).

### 2.5.3. Presiones antropogénicas como costo de restauración

Las presiones antropogénicas evaluadas en el sector de Cabo Blanco Alto fueron incorporadas en el modelo de Marxan como un costo de restauración. Para ello a cada unidad de planificación se le asignó un valor de presión antropogénica. Debido a que Marxan solo puede considerar un valor de costo a la vez, en los casos en que una misma unidad de planificación presentaba más de un tipo de presión antropogénica fue necesario obtener un valor único que representara el costo total de restauración de dicha unidad. Para obtener el costo de cada unidad de planificación se evaluó el costo promedio ponderado por superficie. Se cuantificó la superficie total de cada unidad y su proporción (%) afectada por cada presión antropogénica, luego el área afectada por una determinada presión se multiplicó por su factor de ponderación asociado (Goyette *et al.* 2021, cuadro 2). Para cada conjunto de factores de ponderación definidos (cuadro 2), se calcularon los valores de costos de restauración que serían utilizados en Marxan obteniendo así tres modelos de priorización.

### 2.5.4. Análisis de sensibilidad

Se compararon tres escenarios distintos para realizar el análisis de sensibilidad y evaluar el efecto del costo en la composición de la red y su configuración espacial, comparando los sets de factores de ponderación (cuadro 3) manteniendo una meta de conservación del 20% para todos los escenarios y los parámetros del software con las mismas modificaciones (cuadro 7). Siguiendo el procedimiento de Goyette *et al.* (2021) los resultados se compararon con el Coeficiente de correlación de rangos de Kendall, que mide cuán similares o diferentes son dos configuraciones espaciales (Brum *et al.* 2017). Para evitar un error de tipo I en las pruebas de significancia de la correlación de Kendall causado por la autocorrelación espacial, se estimaron los grados de libertad mediante la prueba t modificada de Dutilleul (Sadoti *et al.* 2010). Los datos fueron analizados utilizando los paquetes «stats» y «SpatialPack» en R versión 4.4.1 (R Development Core Team 2024).

**Cuadro 3.** Escenarios utilizados en Marxan para evaluar efecto del costo en la composición de la red y su configuración espacial. Fuente: Elaboración propia (2025).

Escenario	Costos	Meta de conservación
1a	Costos ponderados (Set 1)	20%
1b	Costos ponderados (Set 2)	20%
1c	Costos ponderados (Set 3)	20%

### **2.5.5. Calibración de parámetros en Marxan**

Para que las unidades de planificación estén más conectadas entre ellas, optimizando la solución, se utilizaron distintas longitudes de límites con el parámetro de compacidad Modificador Longitud del límite (BLM), para obtener el valor más eficiente sin aumentar desproporcionadamente su costo (Duarte *et al.* 2014). Una longitud de límite mayor presentará un sistema más fragmentado, mientras que un BLM más pequeño tendrá una configuración más compacta, por ende, un sistema de unidades de planificación más conectadas entre sí (Ball *et al.* 2009). Lo anterior, dado que una longitud de límite mayor se considera deficiente por varias razones que incluyen: costos de gestión, mayores efectos de borde, entre otros (Ball *et al.* 2009). Para elegir este valor óptimo, y manteniendo constante todos los demás parámetros del modelo, se ejecutó Marxan modificando una serie de valores diferentes de BLM, estos fueron: (0), (0,001), (0,01), (0.1), (1), (10), (100) y (1000) (Serra-Sogas *et al.* 2020). En cada escenario, se registró el promedio de la longitud total del borde del sistema de selección y el costo promedio de todas ellas. Con esta información se construyó un gráfico que permite visualizar el efecto del BLM sobre la compacidad del sistema y obtener el valor óptimo que se utilizaría en los escenarios de priorización propuestos, este corresponde al valor de BLM en el cual la curva de calibración se estabiliza e incrementos de este parámetro no generaron mejoras en la compacidad del sistema, indicando el punto de equilibrio óptimo entre costo y forma de la solución final. (Serra-Sogas *et al.* 2020). Por otra parte, el factor de penalización de especies (SPF), indica la importancia de cumplir las metas de representación de cada objeto de conservación y que actúa como una “penalización” que el modelo aplica cuando una especie o atributo no alcanza su meta establecida, valores más bajos permiten soluciones más flexibles, para esta investigación se utilizó un SPF de 1 para todos los Objetos de Conservación en todos los escenarios (cuadro 7). Además, el algoritmo se configuró para ejecutar 100 repeticiones y explorar la gama de posibles soluciones (Serra-Sogas *et al.* 2020).

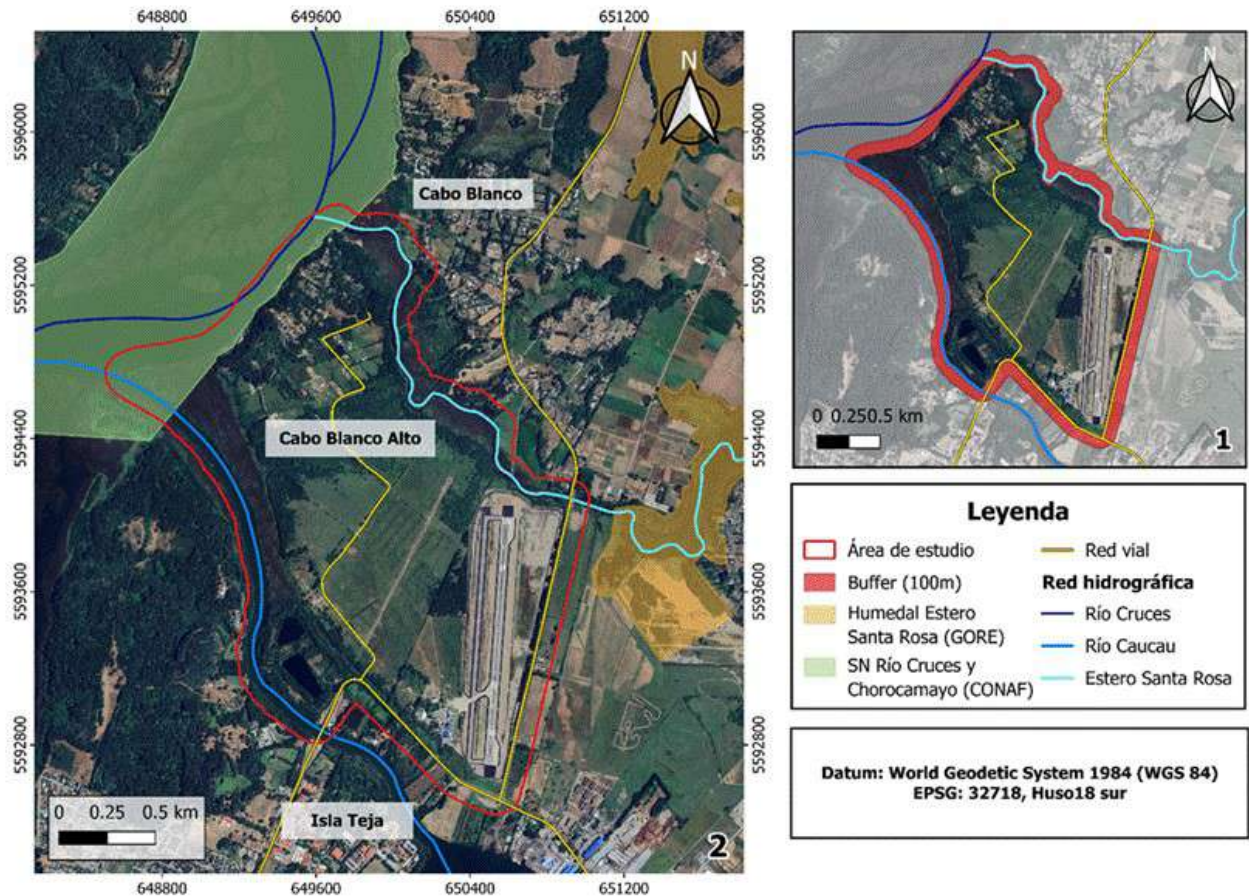
### **2.5.6. Escenarios de priorización**

Finalmente, luego de obtener un valor óptimo de BLM y el set de costos apropiado para el ejercicio de priorización utilizando una meta constante del 20%, se evaluaron otros dos escenarios donde se utilizaron metas de conservación del 30% y 40% para todos los Objetos de Conservación (cuadro 7). Se utilizaron las soluciones de Marxan para mapear el número de veces que se seleccionó una unidad de planificación en la solución final. Cuantas más veces se seleccionaba una unidad de planificación, más útil resultaba para crear un área de restauración (Jellinek 2016). Asimismo, se calculó el porcentaje de

representación alcanzado por cada Objeto de Conservación en cada escenario, permitiendo verificar si las metas definidas eran cumplidas y a que costo. Los resultados fueron posteriormente cartografiados en QGIS, permitiendo visualizar y comparar la distribución espacial de las prioridades de restauración bajo los distintos niveles de metas y costos establecidos.

### 3. RESULTADOS

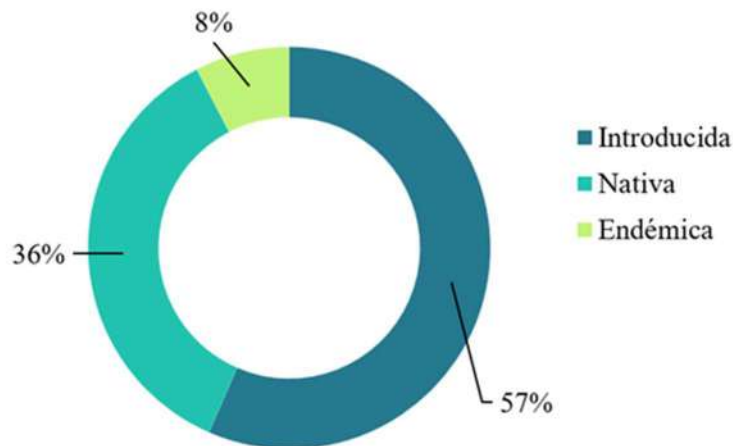
De la delimitación del área de estudio se obtuvo un área total de 422,4 ha (figura 3). Dentro del área delimitada se identificaron las áreas de conservación del complejo de humedales del Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo, el cual contiene los tipos de humedales bosque pantanoso con dominancia de árboles pertenecientes a varios géneros de la familia *Myrtaceae* (*Myrceugenia*, *Luma*, *Blepharocalyx*, *Tepualia*), humedales fluviales que se asocian al canal del río Cruces y sus afluentes, y humedales palustres, caracterizados por vegetación del tipo *Typha*, *Scirpus*, *Juncus* y *Phragmites australis* (CONAF 2019). Por otra parte, se encuentra el Humedal Estero Santa Rosa, área definida por el Gobierno regional como uno de los humedales prioritarios de la ciudad de Valdivia para la creación de un modelo de gestión integral y orientar la planificación territorial (Humedales Los Ríos, 2022). En este último destacan los humedales del tipo pantanoso, palustre emergente y hualve (Humedales Los Ríos, 2022).



**Figura 3.** 1) Delimitación preliminar, se aplicó una zona buffer de 100 metros desde el límite terrestre del sector para incorporar la vegetación de ribera o fuera de la franja de tierra. 2) Delimitación final obtenida del área de estudio, cuya superficie corresponde a 422,4 ha. Fuente: Elaboración propia (2025).

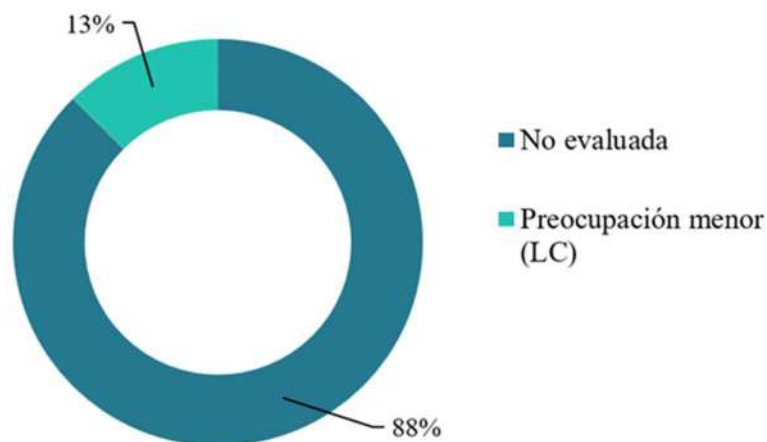
### 3.1. Objetivo específico 1: Caracterizar los usos de suelo y formaciones vegetacionales del sector Cabo Blanco Alto, mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y la verificación en terreno

Los resultados de la caracterización de la flora vascular del sector Cabo Blanco Alto evidencian la presencia de un total de 92 especies (Anexo 2), con una dominancia de especies introducidas por sobre las nativas y endémicas (figura 4). La forma de vida predominante corresponde a las herbáceas (52%), seguido de las especies arbóreas (32%), trepadoras (9%) y arbustivas (8%), respectivamente (Anexo 2).



**Figura 4.** Origen geográfico de la flora vascular presente en el sector Cabo Blanco Alto, siguiendo la clasificación de Rodríguez *et al.* 2018 y MMA 2025. Fuente: Elaboración propia (2025).

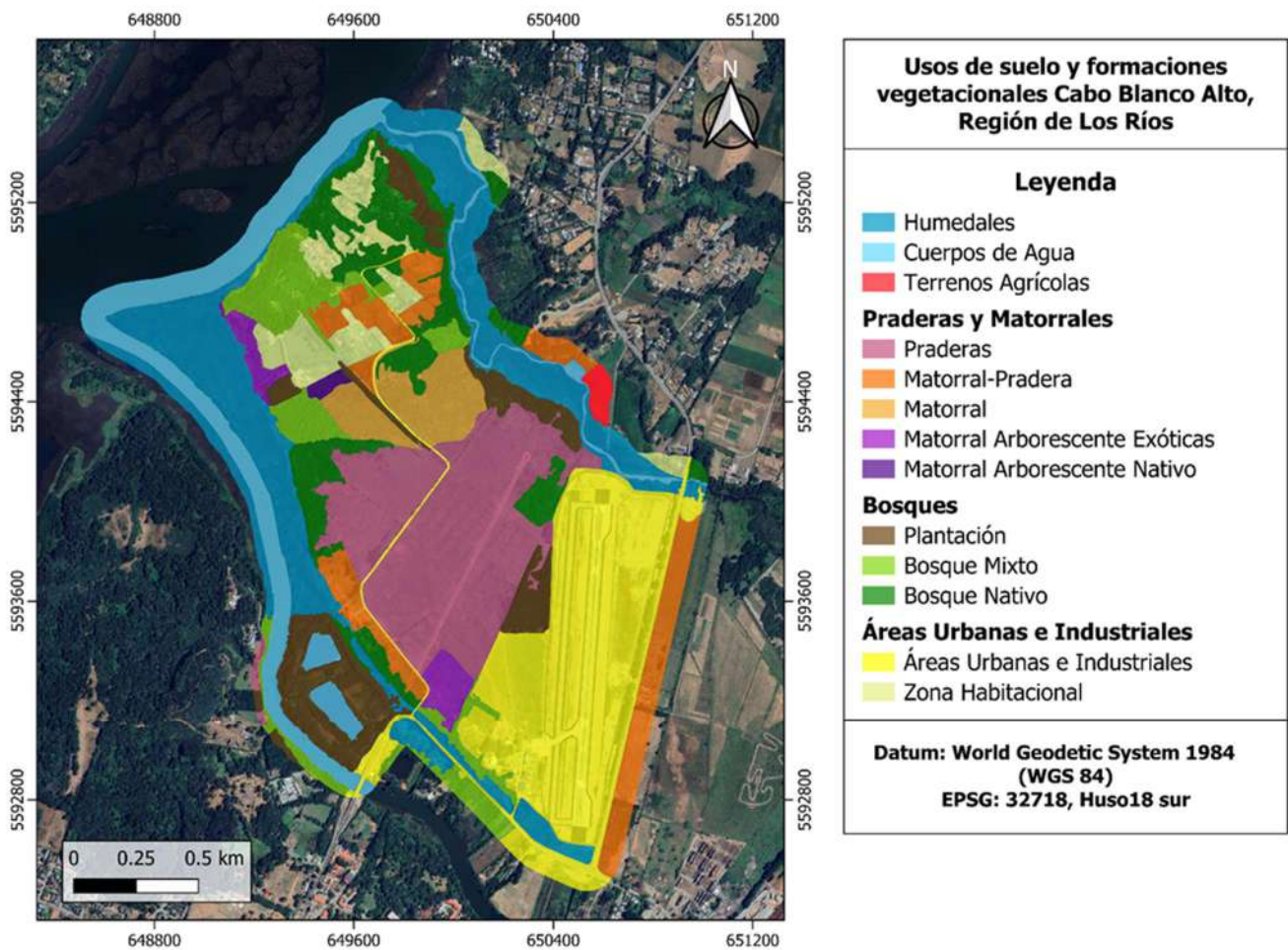
En relación con las especies que presentan alguna categoría de conservación (figura 5), un 13% están catalogadas en “Preocupación Menor (LC)”, sin representación de amenazadas (figura 5). Estas corresponden a canelo (*Drimys winteri*), costilla de vaca (*Parablechnum chilense*), palito negro (*Adiantum chilense*) y olivillo (*Aextoxicon punctatum*) (MMA 2025).



**Figura 5.** Categorías de conservación de la flora vascular presente en el sector Cabo Blanco Alto, siguiendo la clasificación de MMA 2025. Fuente: Elaboración propia (2025).

En base a la fotointerpretación de imágenes satelitales y el trabajo en terreno se identificaron trece usos de suelo y formaciones vegetacionales, incluyéndose en la caracterización final los usos “Zona habitacional” y “Terrenos Agrícolas”, y las formaciones vegetacionales “Matorral Arborescente

Exóticas” y “Matorral Arborescente Nativo”, incorporados luego de la corrección y ajuste cartográfico del Catastro de Usos de la tierra y Recursos Vegetacionales de CONAF (figura 6). La superficie registrada para cada uso de suelo y formación vegetal en el sector Cabo Blanco Alto (cuadro 4), muestra una dominancia de zonas altamente antropizadas con una superficie total de 280,3 ha y representa un 66,4% del área de estudio (Áreas Urbanas e Industriales 83,6 ha, Zonas Habitacionales 19,9 ha, Terrenos Agrícolas 1,9 ha, Bosque Mixto 26,1 ha, Plantación 30,5 ha, Matorral-Pradera 29,2 ha, Matorral 15,5 ha, Matorral Arborescente Exóticas 7,0 ha y Pradera 66,6 ha).



**Figura 6.** Usos y formaciones vegetacionales basadas en el Catastro de Usos de la tierra y Recursos Vegetacionales de CONAF 2017, y corregidas según fotointerpretación y datos de campo. Fuente: elaboración propia (2025).

Respecto a la vegetación identificada en el área, esta fue agrupada en cuatro grandes grupos correspondientes a Bosque y plantaciones de árboles, Matorral, Praderas y Humedales. Esta agrupación respondió tanto a la estructura y composición florística observada en terreno como a los atributos registrados mediante fotointerpretación, permitiendo sintetizar de manera coherente la heterogeneidad del paisaje. Cada uno de estos grupos refleja distintas condiciones ecológicas, estados sucesionales y grados de intervención, constituyendo un marco de referencia para comprender la configuración actual del territorio y su potencial relación con los Objetos de Conservación definidos para el estudio.

**Cuadro 4.** Superficie usos de suelo y formaciones vegetacionales sector Cabo Blanco Alto. CONAF (2017) y elaboración propia (2025).

<b>Usos de suelo y formaciones vegetacionales</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Áreas Urbanas e Industriales	83,6
Zona Habitacional	19,9
Terrenos Agrícolas	1,9
Cuerpos de Agua	38,5
Humedales	68,5
Bosque Nativo	34,0
Bosque Mixto	26,1
Plantación	30,5
Matorral-Pradera	29,2
Matorral	15,5
Matorral Arborescente Exóticas	7,0
Matorral Arborescente Nativo	1,1
Pradera	66,6
	<b>422,4</b>

### **3.1.1. Bosque y plantaciones de árboles**

Los sectores dentro del área de estudio clasificados como bosque corresponden principalmente a Bosque Nativo con una superficie total de 34,0 ha, seguido de Bosque Mixto con 26,1 ha. Dentro de esta clasificación se consideró también a sectores con Plantación que abarcan 30,5 ha (cuadro 4).

#### ***Bosque Nativo***

Se identificaron dos grandes tipos de bosques con dominancia de especies arbóreas nativas. El primero con una composición dominada por especies del género *Nothofagus* (*N. dombeyi*, *N. alpina*, *N. obliqua*) con árboles de 8-12 metros de altura, con coberturas claras a densas, lo que refleja una vegetación con una estructura bien desarrollada en la mayoría de los puntos (Anexo 3, figura 7). Como

acompañantes se identificaron especies como *Aristotelia chilense* y *Luma apiculata*. Sin embargo, existe la influencia de disturbios antrópicos con un sotobosque dominado por especies exóticas como *Rubus ulmifolius*, *Ranunculus spp.* y *Hedera helix*. En cuanto a la posición topográfica estos sectores se encuentran en terrenos planos y laderas suaves cercanos al río Caucau y Cruces.



**Figura 7.** Bosque nativo dominado por género *Nothofagus* (*N. dombeyi*, *N. alpina*, *N. obliqua*).

En segundo lugar, se identificaron sectores en terrenos planos colindantes al río Caucau y Estero Santa Rosa con dominancia de especies como *Blepharocalyx cruckshanksii*, *Myrceugenia exsucca*, *Luma apiculata* y *Drimys winteri*, con un rango de alturas desde los 4 a 12 metros, evidenciando una estratificación vertical diversa y la presencia de distintos estados sucesionales, desde renovales jóvenes hasta individuos adultos con una cobertura densa a muy densa (Anexo 3, figura 8). Acompañado en menor proporción con especies nativas y exóticas como *Boquila trifoliolata*, *Cissus striata* y *Lycopus europaeus*. Como indicador de suelos más húmedos se registró la presencia de *Blechnum hastatum* y *Parablechnum chilense* en el sotobosque de estos sectores.



**Figura 8.** Bosque nativo dominado por *Blepharocalyx cruckshanksii*, *Myrceugenia exsucca*, *Luma apiculata* y *Drimys winteri*.

### ***Bosque Mixto***

Caracterizado por la presencia de especies nativas y exóticas en distintas proporciones, se ubican en sectores planos con una cobertura arbórea variable entre rangos de muy clara a muy densa (rangos de 3 a 7). Presenta una superficie total de 26,1 ha (cuadro 4). Existe una dominancia de especies exóticas como *Salix babylonica*, *Alnus glutinosa* y *Acacia melanoxylon* con alturas entre los 8 a 12 metros, en sectores más húmedos se combina con especies nativas como *Luma apiculata*, *Myrceugenia exsucca* y *Parablechnum chilense* con alturas que oscilan entre los 2 a 4 metros (figura 9). Como sotobosque acompañan principalmente trepadoras exóticas como *Hedera hélix* y herbáceas como *Rubus ulmifolius* y *Lycopus europaeus* (Anexo 4).



**Figura 9.** Bosque mixto dominado por *Alnus glutinosa* acompañado de *Parablechnum chilense*.

## ***Plantación***

Con un alto grado de artificialización y una composición vegetal totalmente alóctona presenta una superficie total de 30,5 ha (cuadro 4). Se distinguen tres grandes grupos, el primero con dominancia de *Eucalyptus globulus* con alturas mayores a 12 metros y una cobertura densa a muy densa, en algunos lugares es acompañado por *Pinus radiata* y *Alnus glutinosa* (figura 10, Anexo 5). Un segundo grupo se caracteriza por estar dominado por *Alnus glutinosa*, especie con gran distribución dentro del área de estudio con alturas desde los 4 a 12 metros y una cobertura densa (Anexo 5). El tercer grupo corresponde a una plantación de *Populus nigra* con alturas mayores a los 12 metros y una cobertura muy densa (Anexo 5). En general, todos los sectores correspondientes a plantación presentan un sotobosque dominado por *Rubus ulmifolius*, *Lotus spp.* *Hedera helix* y en sectores con mayor humedad *Lycopus europaeus*, *Alisma plantago-aquatica* y *Parablechnum chilense* (Anexo 5).



**Figura 10.** Plantación de *Eucalyptus globulus*, acompañada de *Alnus glutinosa* y *Pinus radiata* en el sector Cabo Blanco Alto.

### **3.1.2. Matorral**

Los lugares clasificados como Matorral presentan una superficie de 15,5 ha (cuadro 4). En cuanto a la composición vegetal se componen por un mosaico de especies arbustivas nativas y exóticas como *Parablechnum chilense* y *Rubus ulmifolius* con alturas menores a dos metros y coberturas muy densas (figura 11, Anexo 6). Se distinguen tres grupos compuestos por matorral con presencia de especies arbóreas nativas y exóticas, y un último grupo combinado principalmente con especies herbáceas que se detallan a continuación.



**Figura 11.** Matorral compuesto por *Parablechnum chilense* y *Rubus ulmifolius*, acompañado de *Lotus spp.*

### ***Matorral arborescente nativo***

Estos lugares con dominancia de especies arbustivas nativas destacan entre ellas *Aristotelia chilensis* con alturas de 4 a 8 metros y *Parablechnum chilense* con alturas de 1 a 2 metros. Ambas especies exhiben una cobertura clasificada como clara o poco densa (Anexo 7). Estas formaciones se encuentran acompañadas por la especie arbórea *Luma apiculata*, la cual alcanza alturas de 4 a 8 metros y presenta una cobertura poco densa (figura 12, Anexo 7). La superficie total asociada a esta formación vegetal corresponde a 1,1 ha (cuadro 4).



**Figura 12.** Matorral arborescente nativo compuesto por especies como *Luma apiculata*, *Parablechnum chilense* y herbáceas no nativas en menor proporción.

### ***Matorral arborescente exótico***

Con un marcado grado de artificialización presenta una estructura y composición dominada por especies arbustivas y arbóreas no nativas como *Rubus ulmifolius* acompañado de *Malus domestica*, *Pinus radiata*, *Acacia melanoxylon* y *Salix babylonica* con alturas inferiores a los 8 metros y creciendo de forma aislada (figura 13, Anexo 8). En algunos sectores, se registró la presencia de *Aristotelia chilensis*, *Holcus lanatus* y *Muehlenbeckia hastulata* con alturas menores a los dos metros (Anexo 8). Los valores de cobertura para estas especies fluctúan entre una cobertura escasa a sectores con una cobertura poco densa (Anexo 8). Presenta una superficie total de 7,0 ha (cuadro 4).



**Figura 13.** Matorral arborescente exótico compuesto por *Malus domestica* y *Rubus ulmifolius*.

### ***Matorral-Pradera***

Este grupo está caracterizado por presentar una dominancia de especies herbáceas sobre las arbustivas, abarcando una superficie de 29,2 ha (cuadro 4). La composición vegetal está constituida principalmente por pastos como *Holcus lanatus*, *Agrostis spp.* y *Lotus spp.* con coberturas claras a muy densas y alturas menores a los dos metros (Anexo 9). En sectores más húmedos aparecen especies como *Cyperus eragrostis*, *Juncus procerus* y de forma aislada *Drimys winteri* (figura 14, Anexo 9).



**Figura 14.** Matorral-Pradera compuesto por *Holcus lanatus*, *Parablechnum chilense* y *Drimys winteri*.

### 3.1.3. Praderas

Los sectores catalogados como praderas abarcan una superficie total de 66,6 ha ubicados en terrenos planos (cuadro 4). Presentan una dominancia de especies herbáceas nativas y exóticas, entre las especies más frecuentes se encuentran *Holcus lanatus*, *Agrostis spp.*, *Lotus spp.*, *Ranunculus spp.*, *Rumex spp.* y *Senecio spp.*, las cuales presentan coberturas que oscilan entre claras y densas, con alturas generalmente inferiores a 1–2 metros (figura 15, Anexo 10). En sectores más inundados se observa la dominancia de especies como *Juncus procerus*, *Parablechnum chilense* y *Lycopus europaeus*, también con coberturas que oscilan entre claras y densas, y las mismas alturas (figura 15, Anexo 10).



**Figura 15.** Pradera dominada por *Holcus lanatus*, *Rumex spp.*, *Senecio spp* y *Juncus procerus*.

### 3.1.4. Humedales

Respecto a composición vegetal de los humedales del área de estudio, las especies más frecuentes son *Schoenoplectus californicus*, *Cyperus eragrostis*, *Juncus procerus* y *Typha angustifolia*, con coberturas muy densas (figura 16, Anexo 11). A orillas del río se registró la presencia de *Alnus glutinosa*, *Salix caprea* y *Salix babylonica*, presentes en distintos estratos y con alturas que oscilan entre 4 y 12 metros. En algunos sitios se observaron individuos de *Drimys winteri* y *Luma apiculata* (Anexo 11). La superficie que abarca esta formación vegetal es de 68,5 ha (cuadro 4).



**Figura 16.** Humedal dominado por *Juncus procerus*.

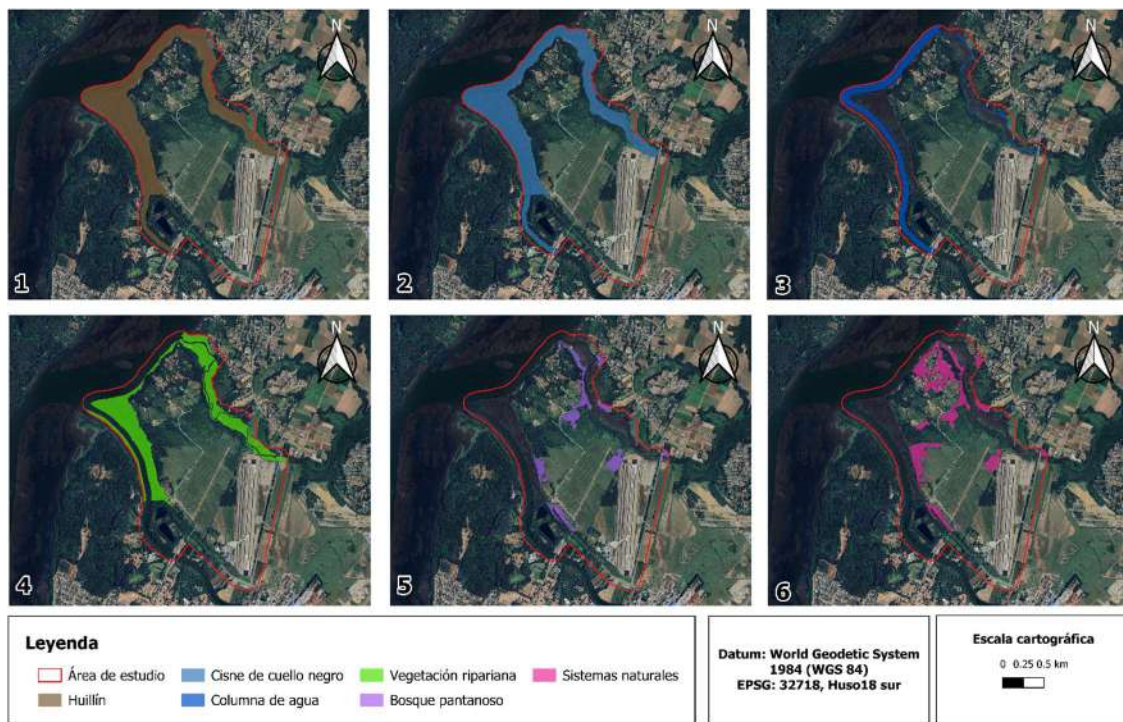
### 3.2. Objetivo específico 2: Definir Objetos de Conservación biológicos a partir de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales, revisión bibliográfica de potenciales objetos y la aplicación de criterios establecidos en la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC).

A partir de los Objetos de Conservación de las áreas protegidas circundantes, se seleccionaron seis Objetos de Conservación biológicos que constituyen distintos niveles de organización, desde especies a ecosistemas representativos del área de estudio (cuadro 5). Cuatro de ellos fueron definidos a partir del Plan de Manejo del Santuario Río Cruces y Chorocamayo, los cuales corresponden a Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), Huillín (*Lontra provocax*), Vegetación ripariana y Columna de agua (CONAF 2019). Los otros dos objetos seleccionados, que no forman parte del plan de manejo, son los Sistemas naturales y Bosques pantanosos, relevantes en el área de estudio debido a que la mayor cantidad de superficie del área de estudio se encuentra en zonas altamente antropizadas (66,4% de la superficie total), por lo que estos dos objetos representan las zonas menos intervenidas (33,6%).

**Cuadro 5.** Listado y descripción de los Objetos de Conservación biológicos seleccionados para el sector de Cabo Blanco Alto. Fuente: Elaboración Propia (2025).

<b>Objeto de Conservación</b> <b>Biológico</b>	<b>Descripción</b>
Cisne de cuello negro ( <i>Cygnus melancoryphus</i> )	Especie emblemática del Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo. Es un ave migratoria habitante de cuerpos de agua poco profundos y abundantes en biomasa vegetal. En el río Cruces, la especie encuentra condiciones estables, vegetación sumergida como alimento y cinturones e islas de totoral (totorales) para anidar (CONAF 2019).
Huillín ( <i>Lontra provocax</i> )	Como hábitat prefiere las riberas o costas rocosas con troncos caídos y raíces, y los bosques riparianos con densa vegetación y protegidos del oleaje. Prefiere los ríos abiertos más que los arroyos y requiere una densa y compleja cobertura vegetal inmediatamente adyacente al agua (CONAF 2019). En el Santuario de la Naturaleza el huillín se alimenta principalmente del crustáceo <i>Samastacus spinifrons</i> y en menor medida de pancoras del género <i>Aegla</i> y peces. Los crustáceos son abundantes en ambientes de fondos someros y totorales cercanos a la ribera y ricos en raíces, restos leñosos, lodo y piedras (CONAF 2019).
Vegetación ripariana	Corresponde a un área de transición o ecotono entre ambientes acuáticos y terrestres. En el Santuario, la vegetación ripariana se localiza en las terrazas de inundación y otros territorios directamente adyacentes al cauce y sus cursos de agua tributarios, extendiéndose hasta los bosques riparianos (e.g. aquellos capaces de contribuir con hojas, ramas y troncos al cauce y terrazas de inundación del santuario), ubicada en todo el perímetro externo del cuerpo de agua del santuario (CONAF 2019).
Columna de agua	Fue definida por la comunidad integrada en el santuario como “todo el volumen de agua suprayacente a los cauces del Santuario de la Naturaleza” (CONAF 2019).
Sistemas naturales	Corresponde a la vegetación nativa remanente del lugar, incorporando los lugares donde existe bosque nativo y matorral arborescente obtenidos del Catastro de Usos de la tierra y Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF 2017).
Bosques pantanosos	Definidos como áreas naturalmente inundadas o saturadas, que soportan un importante componente de vegetación de tipo boscosa, adaptada a un suelo generalmente saturado y/o pobremente aireado (CONAF 2019).

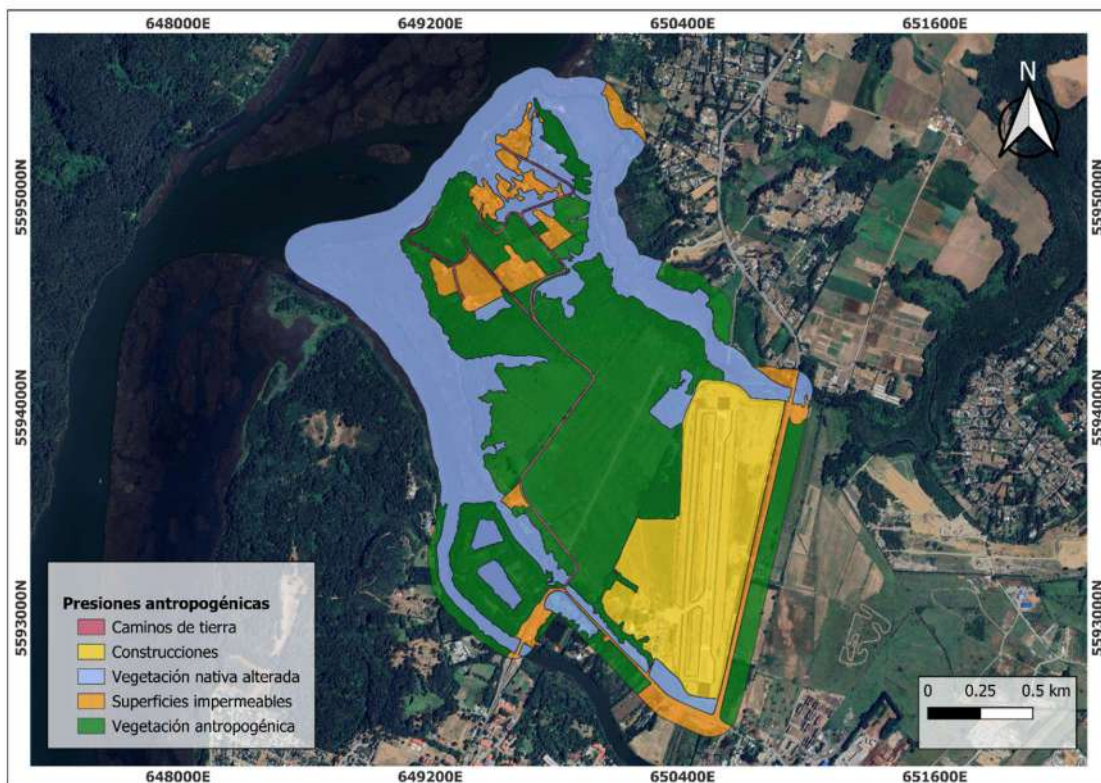
La información obtenida de los usos y formaciones vegetacionales descritos anteriormente se usó como proxy o sustitutos para llevar a cabo este ejercicio de priorización. Cada uso de suelo y formación vegetacional fue asociado al tipo de hábitat que requiere cada objeto. En este proceso, los humedales y sectores con especies palustres como *Schoenoplectus californicus* *Juncus procerus* se vincularon al hábitat del Cisne de cuello negro, mientras que las unidades ubicadas en torno a cursos de agua y vegetación ribereña se asociaron al Huillín. Por otra parte, formaciones dominadas por especies higrófilas se relacionaron con los objetos Bosques pantanosos y Vegetación ribereña, según correspondía. Para el objeto Columna de agua se asoció el uso cuerpos de agua. Finalmente, aquellas unidades conformadas por vegetación nativa, como bosque nativo y matorral arborescente nativo, se asignaron al objeto Sistemas naturales. Con esta asociación fue posible traducir la información vegetacional en una capa cartográfica que representa la presencia potencial de cada objeto de conservación dentro del área de estudio (figura 17).



**Figura 17.** Distribución potencial de cada objeto de conservación biológico en el sector Cabo Blanco Alto. 1) Hábitat potencial Huillín (*Lontra provocax*). 2) Hábitat potencial Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). 3) Distribución potencial Columna de agua. 4) Distribución potencial Vegetación ribereña. 5) Distribución potencial Bosque pantanoso. 6) Distribución potencial Sistemas Naturales. Fuente: Elaboración propia (2025).

### 3.3. Objetivo específico 3: Evaluar el nivel de presión antropogénica en el sector Cabo Blanco Alto, para la creación de costos de restauración.

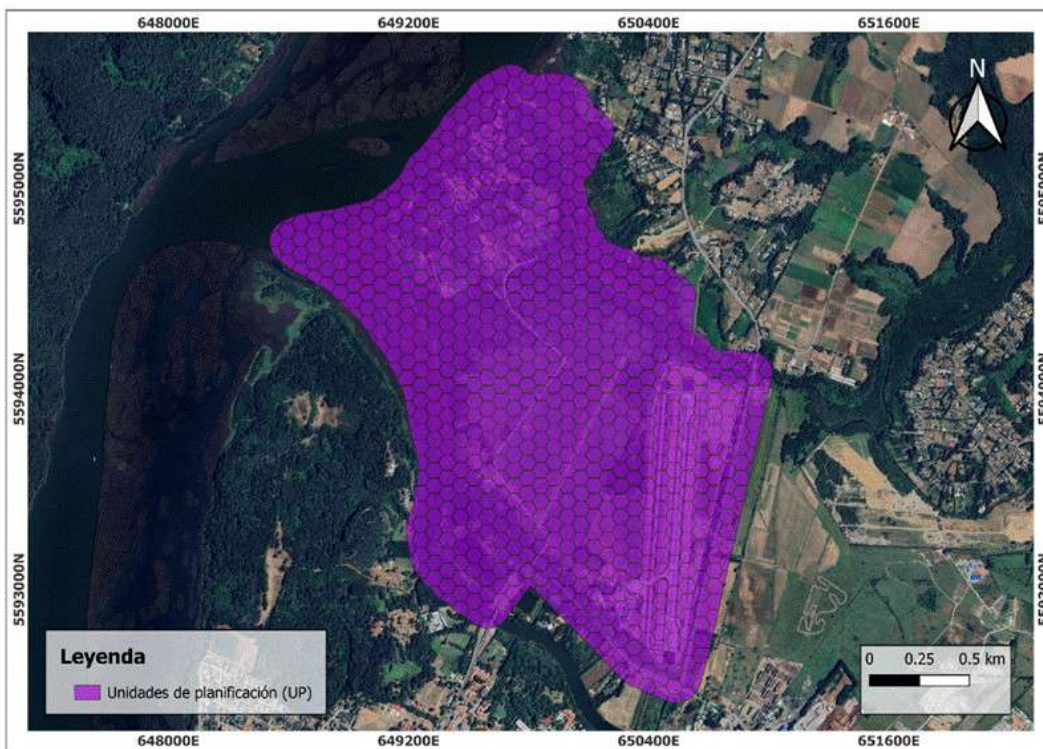
Para el sector de Cabo Blanco Alto las áreas sin signos observables de presiones antropogénicas corresponden a un 33,6% del área total, estas son los Cuerpos de Agua (38,5 ha), Humedales (68,5 ha), Bosque Nativo (34,0 ha) y Matorral Arborescente Nativo (1,1 ha). Si bien se identificaron parches de vegetación nativa, se identificó un sotobosque con una marcada presencia de especies exóticas invasoras como *Rubus ulmifolius*, *Ranunculus spp.* y *Hedera helix*, y la presencia de ganado. La proporción en que se encuentran estas especies no fue suficiente para categorizarlas como vegetación antropogénica y se consideró como Vegetación nativa alterada (cuadro 1). Por otra parte, los sectores definidos como antropizados, poseen distintos tipos de presión antropogénica, y abarcan una superficie de 280,3 ha (figura 18). La presión antropogénica dominante es Vegetación antropogénica con una superficie de 174,7 ha, seguido de la presencia de Construcciones cuya extensión es de 68,8 ha, principalmente atribuido al aeródromo Las Marías (figura 18). Le siguen los sectores con presencia de Superficies impermeables con 33,1 ha y los Caminos de tierra del sector con 4,58 ha (figura 18).



**Figura 18.** Distribución espacial presiones antropogénicas identificadas en el sector Cabo Blanco Alto. Fuente: Elaboración propia (2025).

### 3.4. Objetivo específico 4: Modelar áreas prioritarias para la restauración en el sector Cabo Blanco Alto, a través de priorización espacial

Los resultados obtenidos con Marxan permiten visualizar de manera integrada cómo se distribuyen las áreas con mayor potencial de restauración dentro del sector Cabo Blanco Alto, considerando simultáneamente, en las 855 unidades de planificación obtenidas (figura 19), los Objetos de Conservación, los costos derivados de las presiones antropogénicas y los criterios de compacidad espacial. A continuación, se detallan los escenarios evaluados y los principales patrones de selección obtenidos.

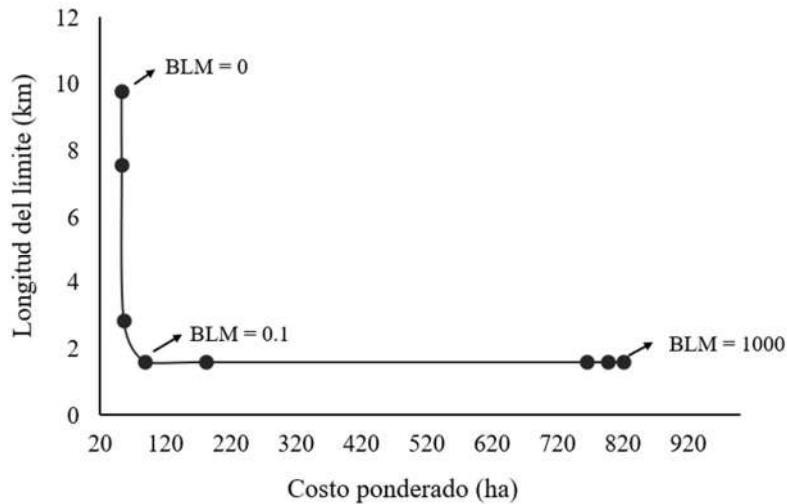


**Figura 19.** Unidades de planificación definidas para este ejercicio de priorización. Se determinaron 855 unidades de planificación. Fuente: Elaboración propia (2025).

#### 3.4.1. Calibración BLM

Respecto a la calibración del BLM, la curva evidencia el punto donde el rendimiento de la priorización es deficiente aumentando los costos del escenario priorizado. Después de este umbral o punto de inflexión, aumentos en el BLM incrementan significativamente los costos sin una reducción en

la longitud del límite, que se mantiene estable en 2 km (figura 20). Se determinó que el valor óptimo de BLM dentro de la serie de valores evaluados es 0,1, el cual permitió reducir la fragmentación de la solución disminuyendo la longitud del límite desde 10 km a 2 km, con un costo asociado de 90 ha (figura 20). Por lo que el valor 0,1 representó el equilibrio más eficiente para mejorar la compacidad del sistema sin comprometer los costos.



**Figura 20.** Curva de calibración del Modificador de Longitud del Límite (BLM), donde se identifica el punto de inflexión que define el valor óptimo de compacidad. Fuente: Elaboración propia (2025).

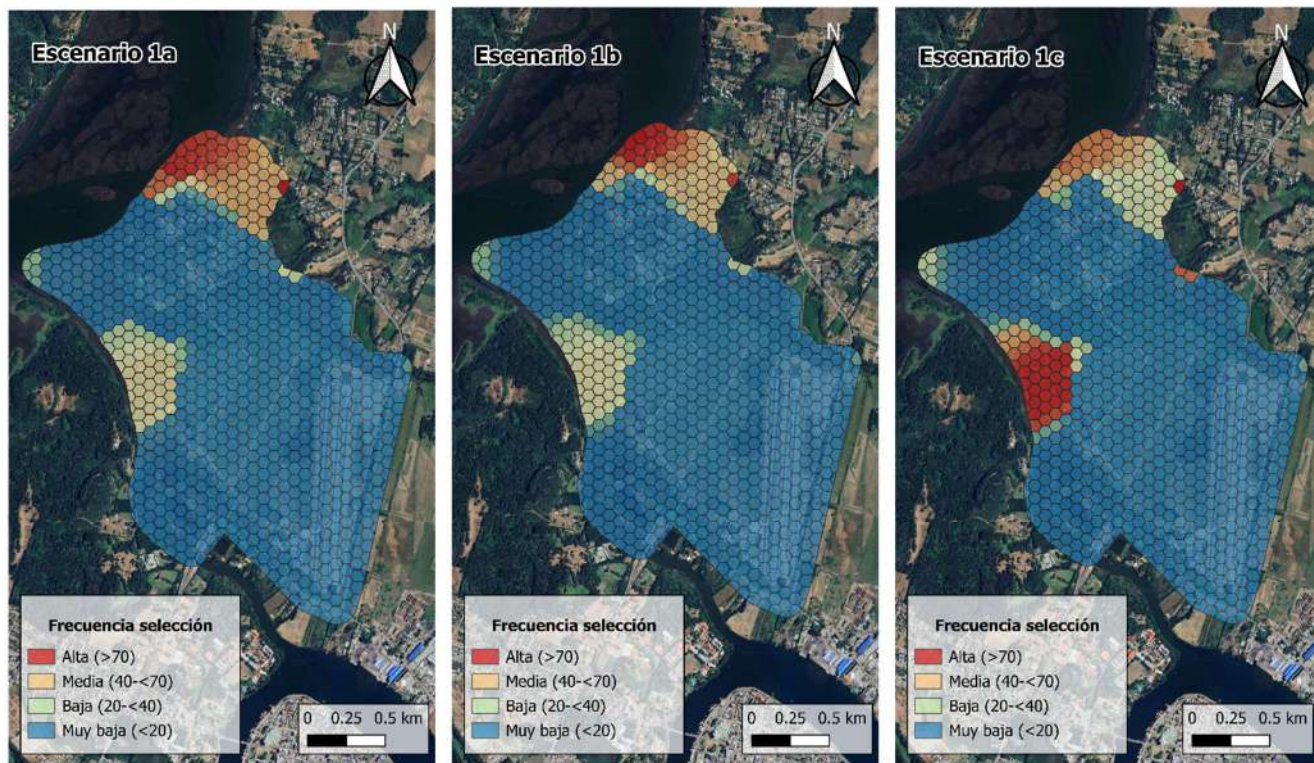
### 3.4.2. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad demostró que al multiplicar por 1,5 los factores de ponderación, agrupados en los tres set de costos (cuadro 2), no afectó de forma relevante la configuración espacial de los escenarios de priorización. Los coeficientes de correlación de rangos de Kendall ( $\tau$ ) se ubicaron entre 0,86 y 0,91, mientras que al incorporar la dependencia espacial mediante la prueba  $t$  modificada de Dutilleul, las correlaciones mantuvieron su significancia, con un p-valor = 0 en todas las comparaciones (cuadro 6).

**Cuadro 6.** Coeficientes de correlación de rangos de Kendall ( $\tau$ ) para evaluar el efecto del costo en la composición de la red y su configuración espacial. Fuente: Elaboración propia (2025).

	Escenario 1a	Escenario 1b	Escenario 1c
Escenario 1a	1,00	0,91	0,86
Escenario 1b	0,91	1,00	0,86
Escenario 1c	0,86	0,86	1,00

Lo anterior, indica que para los tres escenarios propuestos hay una similitud en la selección de sitios prioritarios (figura 21). Por otra parte, mediante este análisis se determinó que, frente a este cambio en los parámetros de costos utilizados, se utilizó el Set 1 de costos ponderados para los demás escenarios a priorizar al no tener diferencias significativas con los Set 2 y 3 (cuadro 2 y 6).



**Figura 21.** Comparación escenarios priorizados con los distintos set de costos. Para el escenario 1a se utilizó el Set 1 de costos ponderados, para el escenario 1b se utilizó el Set 2 y para el escenario 1c se utilizó el Set 3. Fuente: Elaboración propia (2025).

### 3.4.3. Escenarios de priorización

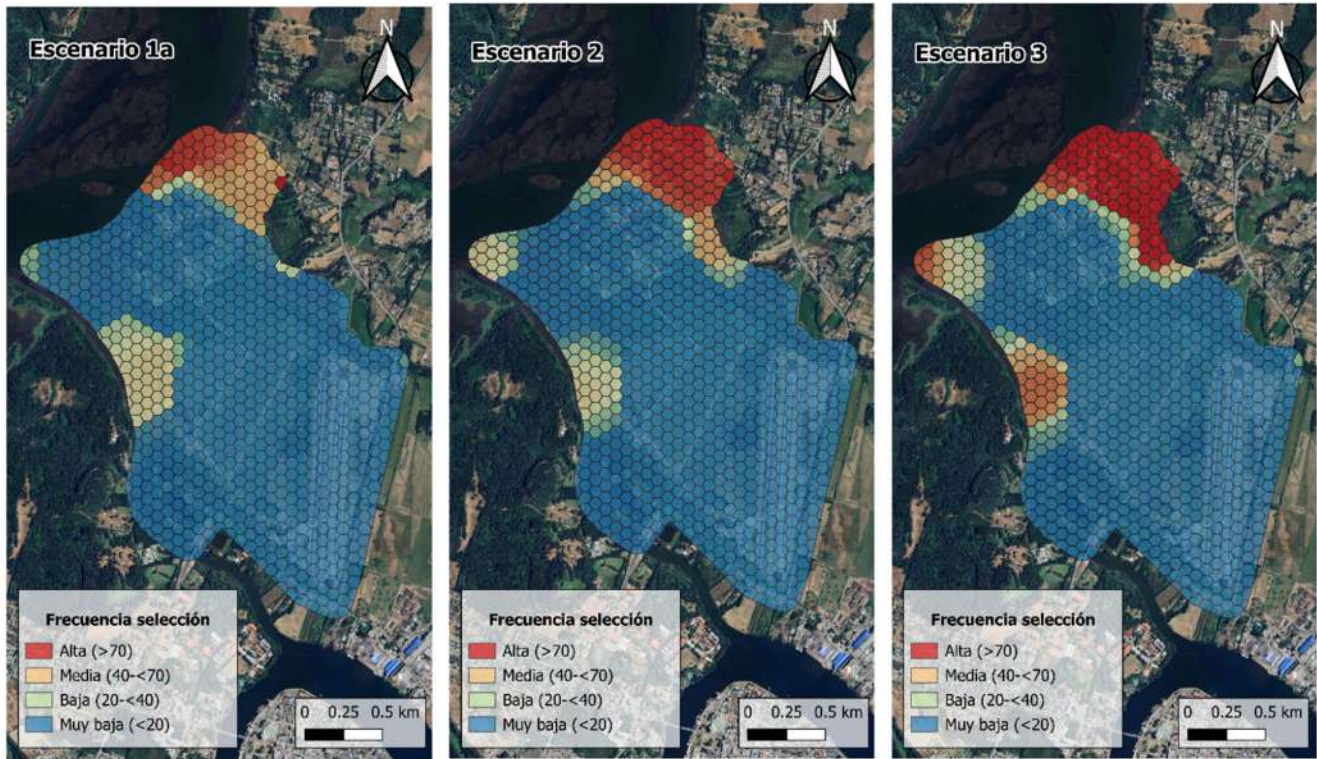
Finalmente, los escenarios de priorización con metas del 20% (Escenario 1a), con metas del 30% (Escenario 2) y del 40% (Escenario 3) se ejecutaron utilizando los parámetros previamente definidos, los cuales integraron los costos ponderados del Set 1 y el ajuste de BLM 0,1 (cuadro 7). Estas combinaciones permitieron observar cómo la selección de unidades de planificación respondió a las variaciones en metas, generando patrones espaciales comparables entre escenarios y facilitando la identificación de áreas con mayor consistencia en la priorización.

**Cuadro 7.** Parámetros de calibración de Marxan para ejecutar los distintos escenarios de priorización.  
Fuente: Elaboración propia (2025).

	Escenario	Costos	Metas de conservación	SPF	BLM
Análisis de sensibilidad	1a	Costos ponderados (Set 1)	20%	1	0,1
	1b	Costos ponderados (Set 2)	20%	1	0,1
	1c	Costos ponderados (Set 3)	20%	1	0,1
Aumento metas de conservación	2	Costos ponderados (Set 1)	30%	1	0,1
	3	Costos ponderados (Set 1)	40%	1	0,1

Mediante el mapeo de la frecuencia de selección de unidades de planificación fue posible visualizar la distribución espacial de las prioridades de restauración bajo los distintos niveles de metas establecidas en cada escenario. En general, las soluciones de Marxan mostraron patrones consistentes en la selección de unidades de planificación, especialmente en los sectores donde convergen los Objetos de Conservación (figura 17) y donde la estructura del paisaje presenta atributos más favorables para cumplir las metas de representación, es decir, lugares con menos costos de restauración asociados a las presiones antropogénicas (figura 18). La siguiente figura permite comparar estas tendencias entre los escenarios 1a (20%), 2(30%) y 3(40%), evidenciando cómo el aumento progresivo de las metas influye tanto en la extensión como en la frecuencia de selección las áreas priorizadas (figura 22). Para el escenario 1a las unidades seleccionadas fueron 66, mientras que para el escenario 2 se seleccionaron 99 unidades y para el escenario 3 se obtuvieron 129 unidades (figura 22).

El Escenario 1a corresponde a una meta del 20%, la selección de unidades de planificación se concentró principalmente en el sector norte del área de estudio, donde se observaron valores altos de frecuencia de selección (>70). Este patrón se complementa con áreas de prioridad media (40–<70) distribuidas hacia el río Caucau y algunas unidades puntuales hacia el estero Santa Rosa, lo que sugiere que, con una meta moderada, Marxan identifica un conjunto compacto de unidades suficientes para cumplir los objetivos sin expandirse de manera significativa hacia sectores con mayores costos (figura 22).



**Figura 22.** Comparación de escenarios priorizados con distintas metas. Para el escenario 1a se utilizaron metas del 20%, para el escenario 2 metas del 30% y para el escenario 3 metas del 40%. Fuente: Elaboración propia (2025).

Por otra parte, el escenario 2 al aumentar las metas a un 30% se produjo una expansión visible de las áreas priorizadas. Las unidades de prioridad alta se mantuvieron principalmente en el extremo norte, pero se observa un incremento importante de unidades clasificadas como prioridad media hacia el río Caucau y Cruces. Esta ampliación espacial refleja la mayor presión por incorporar unidades adicionales para satisfacer los requerimientos de representación, especialmente en aquellos OdeC con distribuciones más dispersas. Aun así, el núcleo de alta prioridad permanece estable, indicando que dichas unidades son clave para el cumplimiento de las metas incluso cuando la exigencia aumenta a 40 % en el escenario 3 (figura 22).

En relación al porcentaje de cumplimiento de las metas para cada objeto de conservación biológico en los escenarios evaluados, así como el costo promedio asociado a la restauración de las áreas seleccionadas para cada escenario, los resultados muestran que el cumplimiento de las metas de representación fue consistentemente alto en todos los escenarios evaluados para los seis Objetos de Conservación (cuadro 8). Para todos los escenarios se cumplió con más del 90% de representación.

**Cuadro 8.** Porcentaje cumplimiento de metas establecidas para cada objeto de conservación y el costo asociado del escenario de priorización. Los escenarios son 1a (20%), 2 (30%) y 3(40%). OdeC 1 = Huillín, OdeC 2 = Cisne de cuello negro, OdeC 3 = Columna de Agua; OdeC 4 = Vegetación ribereña, OdeC 5 = Bosques pantanosos y OdeC 6 = Sistemas naturales. Fuente: Elaboración propia (2025).

Escenario	Costo promedio escenario	Representación Objetos de Conservación (%)					
		OdeC 1	OdeC 2	OdeC 3	OdeC 4	OdeC 5	OdeC 6
1a	90,73	99,5	100	99,5	99,5	99,5	99,5
2	137,58	100	100	99,9	100	99,7	100
3	175,51	100	100	100	100	99,4	99,9

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo permite avanzar en la identificación de áreas prioritarias para la restauración ecológica en el sector Cabo Blanco Alto, logrando de manera íntegra los objetivos planteados en esta investigación. A través de la aplicación secuencial de la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC) y del uso del software Marxan como marco metodológico, en conjunto con la integración de información de gabinete, fotointerpretación, datos de terreno y análisis de presiones antropogénicas fue posible construir un marco robusto para comprender la estructura ecológica del paisaje y su grado de intervención. El enfoque metodológico permitió generar escenarios de restauración a escala local, caracterizar detalladamente trece usos de suelo y formaciones vegetacionales, lo que permitió definir el hábitat potencial y la distribución espacial de los Objetos de Conservación biológicos Huillín, Cisne de cuello negro, Columna de agua, Vegetación ribereña, Bosques pantanosos y Sistemas naturales. En cuanto a las soluciones espaciales orientadas a maximizar la representación de dichos objetos al menor costo, se encontró que el cumplimiento de las metas de representación fue consistentemente alto en todos los escenarios evaluados para los seis Objetos de Conservación.

#### **4.1. Objetivo específico 1: Caracterizar los usos de suelo y formaciones vegetacionales del sector Cabo Blanco Alto, mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y la verificación en terreno.**

Los resultados obtenidos a través de este objetivo son fundamentales, ya que establecen la línea base ecológica y espacial necesaria para la posterior modelación de áreas prioritarias para la restauración. Para la caracterización de la flora presente en el sector Cabo Blanco Alto, se evidencia un alto grado de intervención antrópica, lo que constituye un hallazgo crítico para la planificación de programas de restauración en la zona. De las 92 especies identificadas, más de la mitad de ellas tienen un origen antrópico (57%), mientras que la flora nativa representa un 44% del total de especies. Algunos autores mencionan que, como consecuencia de la apertura de los bosques, la relación de elementos autóctonos respecto a alóctonos es un índice de degradación o invasión de un lugar (Hauenstein *et al.* 2014).

Los resultados de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales presentes en el sector Cabo Blanco Alto reflejan un área muy fragmentada, con diversos estadios sucesionales y grados de intervención. Además, la composición vegetal evidencia lo reportado por autores como Aizman (2007), donde se reportan tres formaciones vegetacionales en el sector: a) formaciones palustres en las riberas del río Caucau y estero Santa Rosa, b) praderas secundarias producto de rellenos artificiales e introducción de ganado y c) formaciones boscosas del tipo pantanoso, todas ellas en un gradiente de intervención antrópica y formando un mosaico heterogéneo. Respecto a la primera formación, la extensión correspondiente a humedales en el área de estudio también evidencia la presencia de especies palustres como *Schoenoplectus californicus* y *Typha angustifolia* ubicadas a orillas de los ríos Caucau, río Cruces y el estero Santa Rosa, en ocasiones acompañadas por individuos de *Alnus glutinosa*, *Salix caprea* y *Salix babylonica*, y especies arbóreas nativas como *Drimys winteri* y *Luma apiculata*. La asociación palustre conformada por totoral es la más abundante en el centro-sur de Chile, esta especie se caracteriza por recuperar y estabilizar áreas inundadas (Hauenstein *et al.* 2002, Aizman 2007).

Respecto a la segunda formación correspondiente a praderas secundarias producto de rellenos artificiales e introducción de ganado, se evidencia en el área de estudio praderas en distintos estadios sucesionales, desde praderas secundarias conformadas mayormente por especies herbáceas hasta praderas con una marcada transición hacia sistemas de tipo matorral y matorral arborescente. En la vegetación ubicada a orilla de río, en sectores planos y con mayor humedad, existen praderas compuestas por *Juncus procerus*, *Parablechnum chilense* y *Lycopus europaeus*, al igual que Aizman

(2007) esta formación se observa en zonas con drenaje restringido y una fuerte alteración ganadera, y áreas donde el pantano de totora y cortadera disminuyen su importancia. Las praderas húmedas de *Juncus procerus* son una asociación secundaria común en el sur de Chile, que reemplaza al bosque pantanoso de temu y pitra y se utiliza intensivamente para uso ganadero (Hauenstein *et al.* 2002). Continuando en este gradiente de vegetación, las praderas secundarias compuestas por especies introducidas como *Holcus lanatus*, *Agrostis spp.* y *Lotus spp.*, representan ecosistemas artificiales que componen la matriz que rodea a los rodales de bosque pantanoso remanente del sector, reflejando una relación directa con las principales causas de su fragmentación, como son el drenaje de los suelos para habilitar terrenos para cultivos agrícolas, praderas de pastoreo y extracción de leña (Peña-Cortés *et al.* 2006). Sin embargo, existe una transición de estas praderas secundarias a formaciones vegetacionales compuestas por especies arbustivas formando matorrales o matorrales arborescentes en el sector, con especies como *Parablechnum chilense* y *Rubus ulmifolius* y en algunos casos individuos arbóreos exóticos como *Malus domestica*, *Pinus radiata*, *Acacia melanoxylon* y *Salix babylonica*. Se agregan individuos aislados del grupo de las mirtáceas, elementos arbóreos del bosque pantanoso, lo cual es un indicador de la factibilidad de colonización del área (Aizman 2007), lo que también ha sido observado por el curso de Restauración Ecológica de la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la Universidad Austral de Chile entre los años 2024-2025.

En relación con remanentes de bosque de temu-pitra, se observa que estos aparecen como parches aislados en una matriz fuertemente intervenida, lo que sugiere procesos de fragmentación avanzados que han reducido la continuidad histórica de esta comunidad. La dominancia de especies como *Myrceugenia exsucca* y *Blepharocalyx cruckshanksii*, acompañadas por *Drimys winteri*, confirma que se trata de un sistema altamente especializado, cuya presencia depende de la estabilidad de las condiciones hidrológicas locales, que se encuentran asociada a los esteros, riachuelos o ríos del sector y a depresiones donde se acumula agua (Hauenstein *et al.* 2002). Cabe mencionar, que dentro de las formaciones boscosas se obtuvo una composición dominada por especies del género *Nothofagus* (*N. dombeyi*, *N. alpina*, *N. obliqua*) cuya disposición en el paisaje y la similitud en las alturas de los individuos indican un origen antrópico. Además, en el sector norte del área de estudio se identificó una composición de especies distinta a la de bosque pantanoso, con la presencia de especies como *N. dombeyi*, *N. obliqua*, *Aextoxicon punctatum*, *Luma apiculata* y *Aristotelia chilensis*, principalmente en laderas suaves y cercanos a zonas habitacionales.

Finalmente, pese a que la selección de elementos “sustitutos” para representar la biodiversidad de un lugar continua en debate y se discuten las formas más apropiadas de incluir información de especies, tipos de hábitat o vegetación, la elección de usos de suelo y formaciones vegetacionales permite identificar áreas donde aún persisten remanentes de vegetación nativa y permite reconocer zonas con alta relevancia ecológica, tanto por su función como por su capacidad de sostener Objetos de Conservación definidos previamente. Algunos de estos usos de suelo y formaciones vegetacionales, entre sus variadas funciones, destacan por su contribución en los ciclos de vida de plantas y animales, proveyendo de hábitat, alimento, sitios de nidificación y refugio para numerosas especies de fauna silvestre (Hauenstein *et al.* 2014, MMA 2023, CONAF 2019).

#### **4.2. Definir Objetos de Conservación biológicos a partir de la caracterización de los usos de suelo y formaciones vegetacionales, revisión bibliográfica de potenciales objetos y la aplicación de criterios establecidos en la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC).**

El cumplimiento del Objetivo Específico 2, centrado en la definición de los Objetos de Conservación Biológicos, se ejecutó mediante un trabajo de gabinete que implicó una revisión bibliográfica y la aplicación de los criterios de la Planificación Sistemática de la Conservación (PSC). La selección de estos seis Objetos de Conservación se basa en criterios formales de la PSC, lo cual es coherente con la literatura que recomienda elegir objetos que sean ecológicamente relevantes, espacialmente identificables y sensibles a las decisiones de planificación (Margules & Sarkar 2007). Se representan en este ejercicio de priorización distintos niveles de organización ecológica, lo que permite capturar tanto procesos ecológicos locales como atributos estructurales del paisaje (Wilson *et al.* 2009).

Por otra parte, la selección de objetos contenidos en el Plan de manejo del Santuario Río Cruces y Chorocamayo permite que la selección no solo refleje criterios teóricos, sino también prioridades institucionales ya reconocidas para el territorio. La definición de estos objetos también es relevante al reflejar las presiones históricas del Santuario, como la afectación a la columna de agua, humedales, flora y fauna asociada por el desastre ambiental ocurrido en 2004 por celulosa Arauco, además se suman amenazas persistentes como la tala ilegal, el uso ganadero de las riberas y el deterioro de los bosques pantanosos del sector (CONAF 2019). Aquí se vuelve relevante la selección de los Objetos de Conservación Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), especie que históricamente ha sido una especie carismática y fundamental de la cultura de Valdivia convirtiéndolo en un ícono de la conservación de humedales (González 2024). De igual forma, la selección del Huillín (*Lontra provocax*)

también refuerza esta coherencia territorial, ya que se trata de una especie catalogada En Peligro cuyo hábitat depende directamente de elementos presentes en el área de estudio (MMA 2023). El Plan RECOGE documenta que el huillín enfrenta amenazas transversales en ambientes dulceacuícolas, entre ellas la pérdida de vegetación ribereña, la canalización y modificación de cursos de agua, la contaminación agrícola y la presencia de perros y ganado sin supervisión (MMA 2023).

Es importante mencionar que se deben incluir instancias de participación donde se convoque a personas con experiencia en la biodiversidad local (academia, servicios públicos, Guardaparques, ONGs, etc.) y habitantes del territorio para refinar y validar la selección de los Objetos de Conservación (CONAF 2017), ya que al tomar decisiones sobre un territorio es imprescindible que sus habitantes y otras partes interesadas participen activamente, entendiendo que la planificación debe ser un proceso de aprendizaje social, en que personas con diversas perspectivas desarrollen un marco común de entendimiento como base para la acción colectiva (Ramírez de Arellano *et al.* 2018).

#### **4.3. Evaluar el nivel de presión antropogénica en el sector Cabo Blanco Alto, para la evaluación de los costos de restauración.**

Existen variadas formas de incorporar el costo a un ejercicio de PSC, todas ellas obedecen a los objetivos para los cuales se propone el ejercicio (Ramírez de Arellano *et al.* 2018). Tradicionalmente la elección de costos ha sido el uso de valores económicos, de oportunidad o relacionados a la superficie de las unidades de planificación, generalmente para ejercicios de selección de áreas prioritarias para planes de conservación (Serra-Sogas *et al.* 2020). Sin embargo, en la última década se ha ampliado su utilización para incluir otros valores asociados a servicios ecosistémicos y selección de sitios para restauración ecológica (Ramírez de Arellano *et al.* 2018). Actualmente, los planes de restauración utilizan cada vez más componentes de la PSC para asignar los esfuerzos de restauración (Gilby *et al.* 2021).

En esta investigación, la incorporación de las presiones antropogénicas como costos de restauración refleja un indicador ecológico que sintetiza el nivel de degradación del ecosistema (Goyette *et al.* 2021). Áreas sometidas a presiones más intensas revelan una mayor dificultad y esfuerzo para restaurar dichos sitios, siendo consideradas como área más “costosas”. El uso de costos que reflejan el grado de impacto humano ha sido utilizado por autores como Zhang *et al.* (2020), la intensidad del uso

del suelo se refleja en un índice adimensional donde las áreas urbanas construidas tienen un mayor peso que tierras agrícolas o bosques y arbustos.

Este procedimiento permitió representar de manera explícita la heterogeneidad del paisaje en el sector Cabo Blanco Alto en función del grado de degradación y establecer un gradiente de esfuerzo de restauración (Goyette *et al.* 2021). El sector presenta una marcada intervención humana con un 66% del área total con presencia de presiones antropogénicas. Cabo Blanco se ha enfrentado a cambios en la estructura del paisaje relacionados al despeje de vegetación nativa para la habilitación de áreas para agricultura y ganadería, implicando una mayor presencia de especies introducidas que actúan invadiendo las áreas despejadas, lo que responde a que exista una superficie de 174,7 ha de Vegetación antropogénica. Del mismo modo, un hallazgo importante para la gestión de acciones de restauración es la condición de la Vegetación nativa alterada. Si bien estas zonas se consideran de menor costo para la restauración, presentan un sotobosque degradado por especies invasoras y la presencia de ganado, lo que sugiere que la recuperación de estos lugares no dependerá únicamente de las acciones de restauración que permitan la regeneración natural, como por ejemplo el cercado, sino que requerirá acciones de mayor esfuerzo como el control de amenazas y manejo de especies exóticas invasoras.

Durante los últimos años, la presencia de construcciones, superficies impermeables y caminos de tierra responde al incremento en la demanda de suelo para la expansión periurbana en Valdivia, fundamentalmente para la construcción de viviendas e infraestructura a través de parcelaciones de agrado y loteos irregulares (Guerra y Lara 2017, Marchant *et al.* 2023). Lo que explicaría la presencia de estas presiones antropogénicas en el área de estudio, y la evidencia de un proceso acelerado de periurbanización (Marchant *et al.* 2023). Reconocido este proceso de expansión de la ciudad, es clave que se generen instancias de planificación para un uso sustentable del territorio, y donde mediante procesos participativos con los propietarios y actores claves de Cabo Blanco Alto, los insumos de este estudio puedan ser considerados para restaurar aquellas áreas donde se encuentren los Objetos de Conservación aquí definidos, o nuevos objetos que podrían ser de importancia para los actores claves. La metodología utilizada en este estudio posee la flexibilidad suficiente para incorporar estos nuevos valores, por lo que estos resultados podrían ser la base de una planificación estratégica local.

#### **4.4. Objetivo específico 4: Modelar áreas prioritarias para la restauración en el sector Cabo Blanco Alto, a través de priorización espacial.**

Para este ejercicio de priorización la construcción y calibración del modelo evidencia que el desempeño de Marxan depende de un equilibrio adecuado entre compacidad, costo e información ecológica, y que este equilibrio no es arbitrario, sino que emerge del funcionamiento del propio paisaje y de la forma en que los Objetos de Conservación se distribuyen en él. En primer lugar, la calibración del Modificador de Longitud del Límite (BLM) es una etapa crítica, ya que regula la tendencia del modelo a generar soluciones más compactas o más dispersas (Serra-Sogas *et al.* 2020). Al incrementar el BLM más allá de 0.1, Marxan solo genera soluciones más costosas sin un beneficio adicional en la estructura espacial.

En relación al análisis de sensibilidad realizado sobre los costos de la priorización, estos sugieren que, aun cuando el costo modula la selección de unidades de planificación, no existe una diferencia significativa en la configuración espacial de los escenarios de priorización, situación similar reportada por Goyette *et al.* (2021). Al multiplicar en 1,5 los factores de ponderación se observa la selección de las mismas unidades de planificación, sin embargo, existen diferencias en la frecuencia de selección de dichas unidades. Cuando se incorporan las variaciones asociadas a metas de representación del 20%, 30% y 40%, y el hecho de que todos los Objetos de Conservación alcancen altos niveles de representación incluso bajo metas exigentes sugiere que las categorías ambientales utilizadas como sustitutos de biodiversidad se distribuyen en el territorio de manera suficientemente amplia como para ser capturadas por Marxan sin requerir cambios drásticos en los costos o en la estructura de selección. Sin embargo, la alta representación también podría dar indicios de que metas más ambiciosas podrían no necesariamente mejorar la calidad de la restauración. Pues se observa la selección de las mismas área núcleo orientadas al sector norte del área de estudio en todos los escenarios priorizados, cercanas al Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo y una tercera zona hacia el río Caucau. Esto podría estar explicado por la distribución de los Objetos de Conservación utilizados, ya que la mayoría convergen en estas mismas zonas y que son estos los que condicionan la selección de unidades de planificación y tienen mayor influencia que el costo de las unidades.

Finalmente, los escenarios priorizados y su relación con la restauración ecológica indican que los sectores seleccionados tienen una baja presencia de presiones antropogénicas y que contienen una alta representatividad de áreas que contribuyen a la persistencia de los Objetos de Conservación, por lo que

los costos de restaurar estas áreas no debiesen ser altos. Si bien existen otras áreas relevantes desde el punto de vista de los Objetos de Conservación, como por ejemplo los parches de bosque pantanoso cercano al aeródromo las Marías, los costos de restaurar en esa zona podrían ser altos, por lo que las acciones podrían no ser factibles. En ese sentido, la hiperfocalización de zonas para restaurar podría ser una ventaja para priorizar la restauración al corto plazo. Nuevos procesos de priorización espacial podrían ir dando resultados adaptativos, que se moldeen al avance de la restauración en Cabo Blanco Alto. Entre algunas de las acciones de restauración, se recomienda considerar el estudio de vegetación del presente estudio, sugiriendo la eliminación o manejo de especies exóticas como *Rubus ulmifolius*, *Hedera hélix* *Alnus glutinosa* (entre otras) presentes en la mayoría de las áreas muestreadas y que forma parte de la vegetación antropogénica mapeada del sector. Del mismo modo, las áreas priorizadas se superponen con las zonas donde existe Vegetación nativa alterada, que se enfrenta a presiones relacionadas con la presencia de especies introducidas, presencia de ganado y el incremento de zonas habitacionales (Peña-Cortés *et al.* 2006, Marchant *et al.* 2023).

#### **4.5. Limitaciones**

Entre las principales limitaciones de esta investigación destaca, en primer lugar, la disponibilidad y resolución de la información espacial utilizada. Si bien la fotointerpretación y los datos de terreno permitieron actualizar el catastro de usos de suelo y formaciones vegetacionales de CONAF, la heterogeneidad del paisaje y las restricciones de acceso a ciertos sectores condicionaron el alcance del muestreo, generando vacíos en áreas donde la verificación directa no fue posible. Asimismo, el uso de sustitutos o proxys vegetacionales para representar la distribución de los Objetos de Conservación implica asumir que estas categorías reflejan adecuadamente sus requerimientos ecológicos, lo cual siempre conlleva cierto grado de incertidumbre asociada a la dinámica natural de los ecosistemas, especialmente en ambientes ribereños y palustres altamente variables. Finalmente, si bien Marxan es una herramienta robusta para apoyar la toma de decisiones, la calidad de las soluciones está condicionada por la calidad y completitud de los insumos espaciales elaborados, por lo que los resultados deben interpretarse como propuestas preliminares que requieren de procesos de validación social, técnica y territorial más amplios.

#### **4.6. Proyecciones**

Los resultados de esta propuesta buscan ser un insumo o guía para la toma de decisiones de diversos actores clave, como el Centro de Humedales Río Cruces (CEHUM), para la proyección de

estrategias y acciones de restauración en el sector de Cabo Blanco Alto, en la ciudad de Valdivia. Esta investigación ofrece un marco metodológico para avanzar hacia un proceso de planificación de la restauración a escala local, con criterios ecológicos como la representatividad de los Objetos de Conservación y el nivel de degradación reflejado en presiones antropogénicas. Además, se integran los fundamentos y etapas de la Planificación Sistemática de la Conservación y la priorización espacial en ejercicios que van más allá de la selección de sitios para la conservación, siendo aplicada en procesos de restauración de ecosistemas.

La selección de estas áreas permitiría recuperar la conectividad de áreas naturales entre el Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo y los humedales priorizados por el Gobierno Regional, ya que en su mayoría las zonas priorizadas se concentran en sectores cercanos a las actuales áreas protegidas del lugar. La recuperación de estas zonas podría reforzar la integridad del sistema y mejorar las condiciones de hábitat para especies sensibles como el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y el Huillín (*Lontra provocax*), y disminuir la fragmentación del paisaje en un contexto de fuerte presión urbana.

A futuro, la replicabilidad de esta metodología en paisajes marcados por la expansión urbana y con presencia de humedales podría ser una oportunidad para contar con una herramienta de priorización que permita orientar esfuerzos de restauración de forma sistemática mediante un proceso iterativo. En conjunto, la incorporación de variables sociales, económicas o de gobernanza, permitiría profundizar en análisis más integrales y participativos aportando insumos para discusiones futuras sobre ordenamiento territorial y protección de humedales urbanos.

## 5. REFERENCIAS

- Aizman F. 2007. Propuesta de Ordenación Predial y Restauración Ecológica del Fundo Cau-Cau, Comuna de Valdivia. Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. 91 p.
- Ball I, H Possingham, M Watts. 2009. Marxan and relatives: software for spatial conservation prioritization. In Moilanen A, K Wilson, H Possingham eds. 2009. Spatial conservation prioritization: quantitative methods and computational tools. Oxford University Press. 304 p.
- BCN (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, CL). s.f. Mapas vectoriales. Consultado 01 oct. 2024. Disponible en [https://www.bcn.cl/siit/mapas\\_vectoriales](https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales)
- Brum F, C Graham, G Costa, S Hedges, C Penone, V Radeloff, C Rondinini, R Loyola, A Davidson. 2017. Global priorities for conservation across multiple dimensions of mammalian diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29): 7641-7646. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1706461114>
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2017. Manual para la planificación del manejo de las áreas protegidas del SNASPE. Santiago, Chile. 230 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2019. Plan de Manejo Monumento Nacional y Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter. Valdivia, Chile. 378 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2021. Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile al año 2020. Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales. Santiago, Chile. 76 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2022. “Manual de Cartografía del Catastro de los Recursos Vegetacionales y usos de la tierra”, actualizado; incluyendo las mejoras tecnológicas; procedimientos actuales; definiciones, lineamientos y protocolos para terreno empleados en la elaboración del Catastro de CONAF. Chile. 99 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2024. Catastro de los Recursos Vegetacionales de Chile al año 2024. Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales. Santiago, 70 p.

- Correa-Araneda F, J Urrutia, R Figueroa. 2011. Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 84(3): 325-340. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000300002>
- Domisch S, K Kakouei, J Martínez-López, K Bagstad, A Magrath, S Balbi, F Villa, A Funk, T Hein, F Borgwardt. 2019. Social equity shapes zone-selection: Balancing aquatic biodiversity conservation and ecosystem services delivery in the transboundary Danube River Basin. *Science of the Total Environment*, (656): 797-807. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.348>
- Duarte M, PC Guerrero, G Carvallo, RO Bustamante. 2014. Conservation network design for endemic cacti under taxonomic uncertainty. *Biological Conservation*, 176: 236-242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.028>
- Dudley N, S Stolton (eds.). 2022. Buenas prácticas para alcanzar el objetivo 30x30 (2a edición, octubre de 2022). The Nature Conservancy and Equilibrium Research. 126 p.
- Fernández I, N Morales. 2016. Prioritization of sites for plant species restoration in the Chilean Biodiversity Hotspot: A spatial multi-criteria decision analysis approach. *Restoration Ecology*, 24(5): 599–608. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12354>
- Ferrier S, B Wintle. 2009. Quantitative Approaches to Spatial Conservation: Matching the Solution to Need. In Moilanen A, K Wilson, H Possingham eds. 2009. Spatial conservation prioritization: quantitative methods and computational tools. Oxford University Press. 304 p.
- Fischer J, M Riechers, J Loos, B Martin-Lopez, V M Temperton. 2021. Making the UN Decade on Ecosystem Restoration a social-ecological endeavour. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(1): 20–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.08.018>
- Gann G, T McDonald, B Walder, J Aronson, C Nelson, J Jonson, J Hallett, C Eisenberg, M Guariguata, J Liu, F Hua, C Echeverría, E Gonzales, N Shaw, K Decler, K Dixon. 2019. Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. Segunda Ed. *Restoration Ecology* 27: Issue S.
- Gilby B, A Olds, C Brown, R Connolly, C Henderson, P Maxwell, T Schlacher. 2021. Applying systematic conservation planning to improve the allocation of restoration actions at multiple spatial scales. *Restoration Ecology*, 29(5): e13403. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.13403>

- González-Sáez F I. 2024. Abundancia y tendencia poblacional del Cisne de Cuello Negro (*Cygnus melancoryphus*) entre los años 2010 y 2022 en su rango de distribución natural. Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniera en Conservación de Recursos Naturales. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 49 p
- Goyette J-O, J Cimon-Morin, P Mendes, M Thériault, S Pellerin, M Poulin. 2021. Planning wetland protection and restoration for the safeguard of ecosystem service flows to beneficiaries. *Landscape Ecology*, 36(9): 2691–2706. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01267-x>
- Guerra F, M Lara. 2017. ¿Públicos o privados?: Desafíos para la protección de los humedales urbanos y periurbanos de Valdivia a partir de la regulación de los cauces naturales. *Revista de Derecho Ambiental* 5(8): 184-206. ISSN 0718-0101
- Hauenstein E, F Peña-Cortés, C Bertrán, J Tapia, L Vargas-Chacoff, O Urrutia. 2014. Composición florística y evaluación de la degradación del bosque pantanoso costero de temu-pitra en la Región de La Araucanía, Chile. *Gayana Botánica*, 71(1): 43–57. ISSN 0016-5301
- Hernández J, M Serra, L Faúndez. 2000. Manual de métodos y criterios para la evaluación y monitoreo de la flora y la vegetación. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 37 p.
- Holl K. 2023. Introducción a la restauración ecológica. CDMX, México. 198 p. ISBN: 978-1-938128-29-5 ebook.
- Humedales Los Ríos. 2022. Diagnóstico integral de los humedales de la Región de Los Ríos. Gobierno Regional de Los Ríos. Consultado 10 oct. 2025. Disponible en <https://humedaleslosrios.cl/estudio/>
- Hui L, H Wang, J Liu, X Ye, B Han, Y Xia, L Zhang, L Jiao. 2025. Identifying priority conservation areas based on systematic conservation planning analysis in the Loess Plateau, China. *Global Ecology and Conservation*, 58: e03495. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03495>
- Jellinek S. 2017. Using prioritization tools to strategically restore vegetation communities in fragmented agricultural landscapes. *Ecological Management & Restoration*, 18(1): 45-53. DOI: <https://doi.org/10.1111/emr.12224>

- Marchant C, M Riesco, Y Monje-Hernández. 2023. Crecimiento y fragmentación del periurbano valdiviano. Efectos del urbanismo neoliberal en una ciudad intermedia del sur de Chile. *EURE* (Santiago), 49(147): 1-25. DOI: <https://doi.org/10.7764/EURE.49.147.09>
- Margules C, S Sarkar. 2007. *Systematic Conservation Planning*. Cambridge University Press. Cambridge, England. 270 p. ISBN 978-0-521-70344-4
- Margules C, S Sarkar. 2009. *Planeación sistemática de la conservación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México DF.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura, CL), CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL), MMA (Ministerio del Medio Ambiente, CL). 2021. *Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030*. Santiago, Chile. 82 p.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente, CL). 2022. *Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile*. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile” por EDÁFICA Suelos y Medio Ambiente. Santiago, Chile. 200 p.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente, CL). 2023. *Plan de Recuperación, Conservación y Gestión del Huillín (*Lontra provocax*)*. Consultora Huella Natureza. Santiago, Chile. 104 p.
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2025. *Listado de Especies Clasificadas desde el 1° al 19° Proceso de Clasificación RCE (actualizado a junio de 2025)*. Gobierno de Chile.
- Peña M, B Johnson. 2023. Evaluación del cambio paisajístico reciente del humedal costero Río Maipo, Chile. *GeoFocus - Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 32: 27- 41. DOI: <http://dx.doi.org/10.21138/GF.823>
- Peña-Cortés F, P Gutiérrez, G Rebolledo, M Escalona, E Hauenstein, C Bertrán, R Schlatter, J Tapia. 2006. Determinación del nivel de antropización de humedales como criterio para la planificación ecológica de la cuenca del Budi, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 36: 75-91.
- QGIS Development Team. 2025. *Sistema de información geográfica QGIS*. Asociación QGIS. Versión 3.38.1-Grenoble. Disponible en <http://www.qgis.org>

- R Core Team. 2024. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Ramírez de Arellano P, G Carrasco, D Alarcón, R Briones, B Reyes. 2018. Capítulo 11: Planificación sistemática para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos aplicada a la Cordillera de Nahuelbuta. In Pérez-Quezada J, P Rodrigo eds. *Metodologías Aplicadas para la Conservación de la Biodiversidad en Chile*. Santiago, Chile. 552 p.
- Rodrigues A, T Brooks. 2007. Shortcuts for biodiversity conservation planning: the effectiveness of surrogates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 38: 713–737.
- Rodríguez R, C Marticorena, D Alarcón, C Baeza, L Cavieres, V L Finot, N Fuentes, A Kiessling, M Mihoc, A Pauchard, E Ruiz, P Sanchez, A Marticorena. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica*, 75(1): 1–430. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-66432018000100001>
- Sadoti G, T Rodhouse, K Vierling. 2010. Spatial dependence in Northern Flicker habitat–reproduction relationships: an application of Dutilleul’s modified t-test. *The Condor*, 112(2): 363–368. DOI: <https://doi.org/10.1525/cond.2010.090045>
- Serra-Sogas N, A Kockel, E Game, H Grantham, H Possingham, J McGowan. 2020. *Marxan User Manual: For Marxan version 2.43 and above*. The Nature Conservancy (TNC), Arlington, Virginia, United States, and Pacific Marine Analysis and Research Association (PacMARA), Victoria, British Columbia, Canada.
- Valderrábano M, C Nelson, E Nicholson, A Etter, J Carwardine, J Hallett, J McBreen, E Botts. 2023. *La ciencia de la evaluación del riesgo ecosistémico al servicio de la restauración de ecosistemas: una guía para la aplicación de la Lista Roja de Ecosistemas a la restauración (1a ed.)*. IUCN, International Union for Conservation of Nature. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.19.es>
- Vázquez G, J Garcia, G Castillo, F Escobar, A Guillén, M Martínez, K Mehltreter, R Novelo, E Pineda, V Sosa, C Valdepinó, A Campos, C Landgrave, E Montes de Oca, A Ramírez, J Galindo. 2015. *Ecosistemas ribereños: un paisaje fragmentado*. CONABIO. *Biodiversitas*, 119: 7-11.

- Ware C, K Williams, J Harding, B Hawkins, T Harwood, G Manion, G Perkins, S Ferrier. 2018. Improving biodiversity surrogates for conservation assessment: A test of methods and the value of targeted biological surveys. *Diversity and Distributions*, 24(9), 1333-1346. DOI: 10.1111/ddi.12766
- Watts M, I Ball, R Stewart, C Klein, K Wilson, C Steinback, R Lourival, L Kircher, H Possingham. 2009. Marxan with Zones: Software for optimal conservation-based land-and sea-use zoning. *Environmental Modelling & Software* 24.12 (2009): 1513-1521. DOI:
- Wilson K, M Cabeza, C Klein. 2009. Fundamental Concepts of Spatial Conservation Prioritization. In Moilanen A, K Wilson, H Possingham eds. 2009. Spatial conservation prioritization: quantitative methods and computational tools. Oxford University Press. 304 p.
- Zhang X, Zhang X, Zhang L, Gu K, X Gu. 2025. Coupling Marxan and InVEST Models to Identify Ecological Protection Areas: A Case Study of Anhui Province. *Land*, 14(7): 1314. DOI: <https://doi.org/10.3390/land14071314>

## ANEXOS

### Anexo 1: Tablas COT y Braun-Blanquet

Categoría de cubrimiento de acuerdo con metodología COT

COBERTURA %	CATEGORÍA DE COBERTURA	CÓDIGO	ÍNDICE
1 – 5	Muy escasa	me	1
5 – 10	Escasa	e	2
10 – 25	Muy clara	mc	3
25 – 50	Clara	c	4
50 – 75	Poco densa	pc	5
75 – 90	Densa	d	6
90 – 100	Muy densa	md	7

GRADO DE ARTIFICIALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO
Vegetación en estado natural	Estructura primaria no modificada. Composición florística netamente autóctona. Sin signos de intervención antrópica.	1
Vegetación semi-natural	Estructura inicial modificada. Composición florística mayoritariamente autóctona. Evidencia de intervención antrópica (Ej: Explotación, corta, despepado; movimientos de tierra, presencia de caminos u otras interrupciones en la continuidad de las formaciones vegetales).	50
Vegetación artificial	Estructura primaria totalmente modificada. Composición florística mayoritariamente alóctona. Evidencia de intervención antrópica (Ej: Explotación, corta, despepado; movimientos de tierra, presencia de caminos u otras interrupciones en la continuidad de las formaciones vegetales).	100

Categorías de posición topográfica.

Código	Posición Topográfica
1	Terreno plano
2	Terraza
3	Cumbre escarpada
4	Cumbre redondeada
5	Alto ladera
6	Media ladera
7	Bajo ladera
8	Ladera escarpada
9	Depresión abierta
10	Depresión cerrada
11	Ladera
12	Lomajes
13	Dunas

Metodo de Braun-Blanquet (BrB)

Código	Cobertura (%)
<i>r</i>	1 a 2 individuos, cobertura muy baja menor al 0,1%.
signo +	Individuos con cobertura menor al 1%.
1	Varios individuos, pero con cobertura menor al 5%.
2	Cobertura del 5 al 25%
3	Cobertura del 25 al 50%
4	Cobertura del 50 al 75%
5	Cobertura mayor al 75%

**Anexo 2: Catálogo florístico.**

<b>Especie</b>	<b>Categoría de Conservación</b>	<b>Origen geográfico</b>
<b>Herbáceas</b>		
<i>Acanthus mollis</i>	No aplica	Introducida
<i>Adiantum chilense</i>	LC (RCE)	Nativa
<i>Agrostis spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	No aplica	Introducida
<i>Blechnum hastatum</i>	LC (RCE)	Nativa
<i>Carex phleoides</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Cirsium vulgare</i>	No aplica	Introducida
<i>Crocasmia × crocosmiiflora</i>	No aplica	Introducida
<i>Cyperus eragrostis</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Egeria densa</i>	No aplica	Introducida
<i>Equisetum bogotense</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Galega officinalis</i>	No aplica	Introducida
<i>Greigia sphacelata</i>	No evaluada (NE)	Endémica
<i>Holcus lanatus</i>	No aplica	Introducida
<i>Holcus mollis</i>	No aplica	Introducida
<i>Hypochaeris spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Isolepis spp.</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Juncus procerus</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Lotus spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Lycopus europaeus</i>	No aplica	Introducida
<i>Mentha aff. aquatica</i>	No aplica	Introducida
<i>Mentha aff. piperita</i>	No aplica	Introducida
<i>Myosotis spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Nertera granadensis</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Oxalis spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Parentucellia viscosa</i>	No aplica	Introducida
<i>Plantago lanceolata</i>	No aplica	Introducida
<i>Plantago major</i>	No aplica	Introducida
<i>Poaceae 1</i>	No aplica	Introducida
<i>Poaceae 2</i>	No aplica	Introducida
<i>Polygonum aff. hydropiperoides</i>	No aplica	Introducida
<i>Polygonum persicaria</i>	No aplica	Introducida

<i>Polystichium sp.</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Polystichum aff. plicatum</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Prunella vulgaris</i>	No aplica	Introducida
<i>Ranunculus spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Rubus ulmifolius</i>	No aplica	Introducida
<i>Rumex spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Schoenoplectus californicus</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Senecio fistulosus</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Senecio spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Solanum spp.</i>	No aplica	Introducida
<i>Synammia feuillei</i>	No evaluada (NE)	Endémica
<i>Taraxacum officinale</i>	No aplica	Introducida
<i>Trifolium pratense</i>	No aplica	Introducida
<i>Trifolium repens</i>	No aplica	Introducida
<i>Typha angustifolia</i>	No aplica	Introducida
<b>Trepadoras</b>		
<i>Boquila trifoliolata</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Calystegia sepium</i>	No aplica	Introducida
<i>Cichorium intybus</i>	No aplica	Introducida
<i>Cissus striata</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Hedera helix</i>	No aplica	Introducida
<i>Lapageria rosea</i>	No evaluada (NE)	Endémica
<i>Luzuriaga radicans</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Mitraria coccinea</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<b>Arbustivas</b>		
<i>Aristotelia chilensis</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Baccharis sagittalis</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Genista monspessulana</i>	No aplica	Introducida
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Parablechnum chilense</i>	LC (RCE)	Nativa
<i>Rhamnus aff. diffusus</i>	No evaluada (NE)	Endémica
<i>Ulex europaeus</i>	No aplica	Introducida

**Arbóreas**

<i>Acacia dealbata</i>	No aplica	Introducida
<i>Acacia melanoxylon</i>	No aplica	Introducida
<i>Acer pseudoplatanus</i>	No aplica	Introducida
<i>Aextoxicon punctatum</i>	LC (RCE)	Nativa
<i>Alnus glutinosa</i>	No aplica	Introducida
<i>Amomyrtus luma</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Betula pendula</i>	No aplica	Introducida
<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	No evaluada (NE)	Endémica
<i>Castanea sativa</i>	No aplica	Introducida
<i>Drimys winteri</i>	LC (RCE)	Endémica
<i>Eucalyptus globulus</i>	No aplica	Introducida
<i>Gevuina avellana</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Ilex aquifolium</i>	No aplica	Introducida
<i>Laureliopsis philippiana</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Lomatia dentata</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Luma apiculata</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Malus domestica</i>	No aplica	Introducida
<i>Maytenus boaria</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Myrceugenia exsucca</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Nothofagus alpina</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Nothofagus dombeyi</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Nothofagus obliqua</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Pinus radiata</i>	No aplica	Introducida
<i>Populus nigra</i>	No aplica	Introducida
<i>Quercus robur</i>	No aplica	Introducida
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	No evaluada (NE)	Nativa
<i>Salix babylonica</i>	No aplica	Introducida
<i>Salix caprea</i>	No aplica	Introducida
<i>Sophora cassioides</i>	No evaluada (NE)	Endémica

---

Total = 92 especies

**Anexo 3: Tabla caracterización vegetación Bosque nativo.**

**Cuadro COT Bosque Nativo**

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Posición Topográfica</b>	<b>Grado de artificialización</b>	<b>Especies dominantes</b>	<b>Tipo biológico</b>	<b>Altura</b>	<b>Cobertura COT</b>
4	1	50	<i>Nothofagus dombeyi</i>	Árboles	8 - 12	5
4	1	50	<i>Nothofagus alpina</i>	Árboles	8 - 12	4
4	1	50	<i>Nothofagus obliqua</i>	Árboles	8 - 12	3
9	1	1	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Árboles	8 - 12	6
9	1	1	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Árboles	8 - 12	6
9	1	1	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	8 - 12	5
18	1	1	<i>Drimys winteri</i>	Árboles	4 - 8	5
18	1	1	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Árboles	4 - 8	4
18	1	1	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	4 - 8	3
18	1	1	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	4
42	1	50	<i>Drimys winteri</i>	Árboles	>12	7
42	1	50	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	4 - 8	3
42	1	50	<i>Boquila trifoliolata</i>	Herbáceas	>2	4
56	2	50	<i>Nothofagus dombeyi</i>	Árboles	>12	6
56	2	50	<i>Nothofagus obliqua</i>	Árboles	>12	6
56	2	50	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	2 - 4	3
56	2	50	<i>Aristotelia chilensis</i>	Arbusto	>2	3

**Cuadro Braun Blanquet Bosque Nativo**

<b>Especies / Puntos de muestreo</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>42</b>	<b>56</b>
<i>Acer pseudoplatanus</i>					1
<i>Adiantum chilense</i>					1
<i>Aextoxicon punctatum</i>					r
<i>Amomyrtus luma</i>				2	
<i>Aristotelia chilensis</i>					3
<i>Blechnum hastatum</i>		1		2	+
<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>		4			
<i>Boquila trifoliolata</i>		3	2	3	1
<i>Carex phleoides</i>					+
<i>Cissus striata</i>		3	2	3	3
<i>Cyperus eragrostis</i>				+	
<i>Drimys winteri</i>		r	4	5	
<i>Genista monspessulana</i>					r
<i>Gevuina avellana</i>					r
<i>Hedera helix</i>		5	1	2	r
<i>Luma apiculata</i>		4	2	3	3
<i>Luzuriaga radicans</i>				2	
<i>Lycopus europaeus</i>			2		
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>				1	
<i>Myosotis spp.</i>					+
<i>Myrceugenia exsucca</i>		4	3	1	r
<i>Nertera granadensis</i>				1	
<i>Nothofagus alpina</i>	2				
<i>Nothofagus dombeyi</i>	4				4
<i>Nothofagus obliqua</i>	3				3
<i>Oxalis spp.</i>					1
<i>Parablechnum chilense</i>			3	2	+
<i>Ranunculus spp.</i>	4				r
<i>Rhamnus diffusus</i>					+
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>				r	
<i>Rubus ulmifolius</i>	5	+	2		1
<i>Synammia feuillei</i>					r

**Anexo 4: Tabla caracterización vegetación Bosque mixto.**

**Cuadro COT Bosque Mixto**

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Posición Topográfica</b>	<b>Grado de artificialización</b>	<b>Especies dominantes</b>	<b>Tipo biológico</b>	<b>Altura</b>	<b>Cobertura COT</b>
1	1	1	<i>Betula pendula</i>	Árboles	>12	2
1	1	1	<i>Salix babylonica</i>	Árboles	8 - 12	6
1	1	1	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	3
1	1	1	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	4 - 8	3
1	1	1	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Árboles	2 - 4	3
1	1	1	<i>Aristotelia chilensis</i>	Arbusto	>2	3
1	1	1	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	5
19	1	1	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	3
19	1	1	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	4 - 8	4
19	1	1	<i>Aristotelia chilensis</i>	Arbusto	2 - 4	3
19	1	1	<i>Myrceugenia exsucca</i>	Árboles	2 - 4	4
19	1	1	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	6
22	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	6
22	1	50	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	6
23	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	6
23	1	50	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	6
24	4	50	<i>Acacia melanoxylon</i>	Árboles	>12	7
26	4	100	<i>Nothofagus obliqua</i>	Árboles	8 - 12	2
26	4	100	<i>Castanea sativa</i>	Árboles	8 - 12	5
26	4	100	<i>Acacia melanoxylon</i>	Árboles	4 - 8	5
26	4	100	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Árboles	<2	3
38	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	5
38	1	50	<i>Calystegia sepium</i>	Herbáceas	1 - 2	5
38	1	50	<i>Hedera helix</i>	Herbáceas	1 - 2	4

### Cuadro Braun Blanquet Bosque Mixto

<b>Especies / Puntos de muestreo</b>	1	19	22	23	24	26	38
<i>Acacia melanoxylon</i>					5	4	
<i>Acer pseudoplatanus</i>					2	4	
<i>Agrostis spp.</i>	+						1
<i>Alnus glutinosa</i>	3	2	5	5			3
<i>Amomyrtus luma</i>					r		
<i>Aristotelia chilensis</i>	3	2			r		
<i>Betula pendula</i>	2						
<i>Blechnum hastatum</i>					1		
<i>Calystegia sepium</i>							4
<i>Castanea sativa</i>						4	
<i>Cichorium intybus</i>							r
<i>Cissus striata</i>	r	3	1				1
<i>Crocsmia × crocosmiiflora</i>							r
<i>Cyperus eragrostis</i>	1		r				
<i>Drimys winteri</i>	r		2				
<i>Greigia sphacelata</i>					+		2
<i>Hedera helix</i>	3		2			1	3
<i>Holcus lanatus</i>	1					3	
<i>Ilex aquifolium</i>	r				r		
<i>Juncus procerus</i>		r					
<i>Lapageria rosea</i>					+		
<i>Laureliopsis philippiana</i>					1		
<i>Lomatia dentata</i>					r		
<i>Lotus spp.</i>							1
<i>Luma apiculata</i>	2	3	2	r	r	1	
<i>Lycopus europaeus</i>			2	3			
<i>Mitraria coccinea</i>	1						
<i>Myrceugenia exsucca</i>	+	3			1		
<i>Nothofagus obliqua</i>						2	
<i>Parablechnum chilense</i>	5	5	5	5			
<i>Pinus radiata</i>						4	
<i>Polystichum aff. plicatum</i>					r		
<i>Quercus robur</i>						r	
<i>Ranunculus spp.</i>							3
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	r						
<i>Rubus ulmifolius</i>	r	3	2	3		1	1
<i>Rumex spp.</i>						1	1
<i>Salix babylonica</i>	4	r	r				
<i>Solanum spp.</i>							1
<i>Sophora cassioides</i>					r		
<i>Taraxacum officinale</i>						1	
<i>Trifolium repens</i>							1

## Anexo 5: Tabla caracterización vegetación Plantación.

### Cuadro COT Plantación

Punto de muestreo	Posición Topográfica	Grado de artificialización	Especies dominantes	Tipo biológico	Altura	Cobertura COT
8	1	100	<i>Eucalyptus globulus</i>	Árboles	>12	5
8	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	5
8	1	100	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	6
10	1	100	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	6
10	1	100	<i>Lycopus europaeus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
10	1	100	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
12	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	5
12	1	50	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	6
12	1	50	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	3
12	1	50	<i>Hedera helix</i>	Herbáceas	1 - 2	4
12	1	50	<i>Cissus striata</i>	Herbáceas	1 - 2	4
13	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	6
13	1	50	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	4
13	1	50	<i>Hedera helix</i>	Herbáceas	1 - 2	5
14	1	50	<i>Salix babylonica</i>	Árboles	4 - 8	4
14	1	50	<i>Acacia melanoxylon</i>	Árboles	4 - 8	4
14	1	50	<i>Acacia dealbata</i>	Árboles	4 - 8	4
15	1	100	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	4 - 8	6
15	1	100	<i>Eucalyptus globulus</i>	Árboles	8 - 12	5
15	1	100	<i>Pinus radiata</i>	Árboles	4 - 8	3
16	1	100	<i>Eucalyptus globulus</i>	Árboles	8 - 12	4
16	1	100	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	4 - 8	5
16	1	100	<i>Ulex europaeus</i>	Arbusto	>2	3
21	1	100	<i>Populus nigra</i>	Árboles	>12	7
28	1	50	<i>Salix caprea</i>	Árboles	8 - 12	5
28	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	5
28	1	50	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	4
28	1	50	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	3
28	1	50	<i>Cyperus eragrostis</i>	Herbáceas	1 - 2	3
53	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	>2	6

### Cuadro Braun Blanquet Plantación

<b>Especies / Puntos de muestreo</b>	8	10	12	13	14	15	16	21	28	53
<i>Acacia dealbata</i>					2					
<i>Acacia melanoxylon</i>					3					
<i>Agrostis spp.</i>								2		
<i>Alisma plantago-aquatica</i>		2				1				
<i>Alnus glutinosa</i>		5	5	5		5	5		4	5
<i>Amomyrtus luma</i>				r						
<i>Aristotelia chilensis</i>				r						r
<i>Blechnum hastatum</i>			+							
<i>Calystegia sepium</i>	1									
<i>Cissus striata</i>			5			1				
<i>Cyperus eragrostis</i>					2				2	
<i>Drimys winteri</i>										2
<i>Eucalyptus globulus</i>	4					4	3			
<i>Hedera helix</i>			5	4						r
<i>Holcus lanatus</i>					3					
<i>Isolepis spp.</i>										r
<i>Juncus procerus</i>					r	r				
<i>Lotus spp.</i>	5				1					
<i>Luma apiculata</i>				+					1	+
<i>Lycopus europaeus</i>		3							2	r
<i>Myrceugenia exsucca</i>					r					r
<i>Parablechnum chilense</i>			4						4	2
<i>Pinus radiata</i>						2				
<i>Polystichium sp.</i>										r
<i>Populus nigra</i>								5		
<i>Ranunculus spp.</i>								3	2	r
<i>Rubus ulmifolius</i>	3		3	3	1				3	2
<i>Salix babylonica</i>					3					
<i>Salix caprea</i>									4	
<i>Senecio spp.</i>								4		
<i>Ulex europaeus</i>				1			1			

## Anexo 6: Tabla caracterización vegetación Matorral

### Cuadro COT Matorral

Punto de muestreo	Posición Topográfica	Grado de artificialización	Especies dominantes	Tipo biológico	Altura	Cobertura COT
17	1	50	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	6
17	1	50	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	>2	5
17	1	50	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
17	1	50	<i>Lycopus europaeus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4

### Cuadro Braun Blanquet Matorral

<b>Especies / Puntos de muestreo</b>	17
<i>Lotus spp.</i>	3
<i>Lycopus europaeus</i>	3
<i>Parablechnum chilense</i>	5
<i>Rubus ulmifolius</i>	4

**Anexo 7: Tabla caracterización vegetación Matorral arborescente nativo**

**Cuadro COT Matorral arborescente nativo**

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Posición Topográfica</b>	<b>Grado de artificialización</b>	<b>Especies dominantes</b>	<b>Tipo biológico</b>	<b>Altura</b>	<b>Cobertura COT</b>
20	1	50	<i>Aristotelia chilensis</i>	Arbusto	4 - 8	4
20	1	50	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	4 - 8	5
20	1	50	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	4
20	1	50	<i>Holcus lanatus</i>	Arbusto	0,5 - 1	6

**Cuadro Braun Blanquet Matorral arborescente nativo**

<b>Especies / Puntos de muestreo</b>	<b>20</b>
<i>Agrostis spp.</i>	3
<i>Aristotelia chilensis</i>	1
<i>Boquila trifoliolata</i>	2
<i>Holcus lanatus</i>	4
<i>Juncus procerus</i>	r
<i>Lotus spp.</i>	2
<i>Luma apiculata</i>	3
<i>Lycopus europaeus</i>	3
<i>Parablechnum chilense</i>	3
<i>Ranunculus spp.</i>	3
<i>Rubus ulmifolius</i>	2

**Anexo 8: Tabla caracterización vegetación Matorral arborescente exótico**

**Cuadro COT Matorral arborescente exótico**

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Posición Topográfica</b>	<b>Grado de artificialización</b>	<b>Especies dominantes</b>	<b>Tipo biológico</b>	<b>Altura</b>	<b>Cobertura COT</b>
25	1	100	<i>Malus domestica</i>	Árboles	4 - 8	3
25	1	100	<i>Salix babylonica</i>	Árboles	4 - 8	2
25	1	100	<i>Pinus radiata</i>	Árboles	4 - 8	3
25	1	100	<i>Acacia melanoxylon</i>	Árboles	4 - 8	2
25	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	5
52	1	100	<i>Acacia melanoxylon</i>	Árboles	2 - 4	3
52	1	100	<i>Aristotelia chilensis</i>	Arbusto	>2	4
52	1	100	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Arbusto	>2	4
52	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	>2	5

### Cuadro Braun Blanquet Matorral arborescente exótico

<b>Especies / Puntos de muestreo</b>	<b>25</b>	<b>52</b>
<i>Acacia melanoxylon</i>	2	2
<i>Aristotelia chilensis</i>	r	4
<i>Cissus striata</i>		r
<i>Equisetum bogotense</i>		r
<i>Holcus lanatus</i>	4	
<i>Holcus mollis</i>	1	
<i>Lotus spp.</i>		+
<i>Luma apiculata</i>		r
<i>Malus domestica</i>	4	
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>		4
<i>Pinus radiata</i>	3	
<i>Poaceae 1</i>	4	
<i>Poaceae 2</i>	2	
<i>Polygonum persicaria</i>		r
<i>Ranunculus spp.</i>		1
<i>Rubus ulmifolius</i>	4	4
<i>Rumex spp.</i>	1	+
<i>Salix babylonica</i>	3	
<i>Senecio spp.</i>	2	
<i>Taraxacum officinale</i>	2	

## Anexo 9: Tabla caracterización vegetación Matorral – Pradera

Cuadro COT Matorral – Pradera

Punto de muestreo	Posición Topográfica	Grado de artificialización	Especies dominantes	Tipo biológico	Altura	Cobertura COT
5	1	1	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	7
5	1	1	<i>Cyperus eragrostis</i>	Herbáceas	1 - 2	3
5	1	1	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	1 - 2	4
5	1	1	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	4
5	1	1	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	4
27	1	50	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	6
27	1	50	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
27	1	50	<i>Lycopus europaeus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
37	1	50	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	3
37	1	50	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	4
37	1	50	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Herbáceas	1 - 2	4
43	1	100	<i>Ulex europaeus</i>	Arbusto	1 - 2	4
43	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	4
43	1	100	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
43	1	100	<i>Senecio spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
45	1	100	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	1 - 2	6
45	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	4
45	1	100	<i>Senecio spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
50	1	100	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
50	1	100	<i>Rumex spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
50	1	100	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
55	1	100	<i>Ulex europaeus</i>	Arbusto	>2	4
55	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	>2	4
55	1	100	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
55	1	100	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3

**Cuadro Braun Blanquet Matorral – Pradera**

<b>Especies / Puntos de muestreo</b>	<b>5</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>
<i>Acacia melanoxylon</i>			r				
<i>Agrostis spp.</i>	4	2				2	3
<i>Betula pendula</i>						r	
<i>Cirsium vulgare</i>					r		
<i>Cyperus eragrostis</i>	3						
<i>Drimys winteri</i>		5					
<i>Holcus lanatus</i>	4	5	3	4	4		2
<i>Hypochaeris spp.</i>							1
<i>Juncus procerus</i>		2				3	2
<i>Lotus spp.</i>	5	4	2	2			2
<i>Lycopus europaeus</i>	3	3					
<i>Mentha aff. aquatica</i>						1	
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>			3	1			
<i>Parablechnum chilense</i>		3					
<i>Plantago lanceolata</i>							1
<i>Prunella vulgaris</i>							1
<i>Ranunculus spp.</i>	4	1					2
<i>Rubus ulmifolius</i>	3		3	4	3		3
<i>Rumex spp.</i>		1	1	2	1	3	
<i>Salix caprea</i>						r	
<i>Senecio spp.</i>				3	2		1
<i>Taraxacum officinale</i>				2			
<i>Trifolium pratense</i>							2
<i>Ulex europaeus</i>				4			3

## Anexo 10: Tabla caracterización vegetación Pradera

### Cuadro COT Pradera

Punto de muestreo	Posición Topográfica	Grado de artificialización	Especies dominantes	Tipo biológico	Altura	Cobertura COT
3	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	4
3	1	100	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	1 - 2	4
3	1	100	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	4
3	1	100	<i>Ranunculus spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	3
6	1	100	<i>Senecio spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
6	1	100	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
6	1	100	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
6	1	100	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
7	1	100	<i>Senecio spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
11	1	100	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	6
11	1	100	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	1 - 2	4
11	1	100	<i>Lycopus europaeus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
11	1	100	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
11	1	100	<i>Ranunculus spp.</i>	Herbáceas	0 - 0,5	6
29	1	50	<i>Parablechnum chilense</i>	Arbusto	1 - 2	4
29	1	50	<i>Senecio spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
29	1	50	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	5
29	1	50	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
29	1	50	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
29	1	50	<i>Trifolium repens</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
30	1	50	<i>Senecio spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
31	1	50	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	1 - 2	5
31	1	50	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
31	1	50	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
32	1	50	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	1 - 2	5
32	1	50	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	1 - 2	5
32	1	50	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
32	1	50	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
32	1	50	<i>Ranunculus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
33	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	4
33	1	100	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	4
33	1	100	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
33	1	100	<i>Ranunculus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	2
34	1	100	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
34	1	100	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
34	1	100	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	1 - 2	3
34	1	100	<i>Rumex spp.</i>	Herbáceas	0 - 0,5	2
35	1	100	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	4
35	1	100	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
35	1	100	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	1 - 2	3
35	1	100	<i>Rumex spp.</i>	Herbáceas	0 - 0,5	2
36	1	100	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	1 - 2	4
36	1	100	<i>Agrostis spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	4
36	1	100	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
36	1	100	<i>Ranunculus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	2
44	1	100	<i>Ulex europaeus</i>	Arbusto	1 - 2	4
44	1	100	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceas	1 - 2	5
44	1	100	<i>Taraxacum officinale</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
44	1	100	<i>Cirsium vulgare</i>	Herbáceas	0,5 - 1	3
51	1	100	<i>Senecio spp.</i>	Herbáceas	1 - 2	5
51	1	100	<i>Ranunculus spp.</i>	Herbáceas	0 - 0,5	4

### Cuadro Braun Blanquet Pradera

Especies / Puntos de muestreo	3	6	7	11	29	30	31	32	33	34	35	36	44	51
<i>Agrostis spp.</i>		4		2	3	1	3	3	3	3	3	3		+
<i>Alisma plantago-aquatica</i>						+								
<i>Cirsium vulgare</i>													2	
<i>Cyperus eragrostis</i>				2	1			1						
<i>Holcus lanatus</i>	3	4		2	4			3		2	2		3	
<i>Juncus procerus</i>				3			3	3	2	1	1	2		
<i>Lotus spp.</i>	3	3	r	2	3		2	2	2	2	2	2		
<i>Luma apiculata</i>					r									
<i>Lycopus europaeus</i>			+	4	2	1		2						
<i>Malus domestica</i>				3										
<i>Mentha aff. aquatica</i>							2							
<i>Mentha aff. piperita</i>							1							
<i>Parablechnum chilense</i>				3	2									
<i>Parentucellia viscosa</i>					1									
<i>Plantago lanceolata</i>									1			1		+
<i>Plantago major</i>														+
<i>Populus nigra</i>													r	
<i>Prunella vulgaris</i>	r				2									1
<i>Ranunculus spp.</i>	2		r	4	3	2	2	3	2	1	1	2		3
<i>Rubus ulmifolius</i>	3				1			1	3			3	+	
<i>Rumex spp.</i>		6	r		2	+	1	r		+	+			1
<i>Senecio spp.</i>		4	3	2	4	3		1						4
<i>Taraxacum officinale</i>						1							3	+
<i>Trifolium pratense</i>		1			1	1		1						1
<i>Trifolium repens</i>		+		1	3	1				+	+			
<i>Ulex europaeus</i>													3	

## Anexo 11: Tabla caracterización vegetación Humedal

### Cuadro COT Humedales

Punto de muestreo	Posición Topográfica	Grado de artificialización	Especies dominantes	Tipo biológico	Altura	Cobertura COT
2	1	1	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	>2	7
2	1	1	<i>Cyperus eragrostis</i>	Herbáceas	>2	7
39	1	100	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	4
39	1	100	<i>Salix caprea</i>	Árboles	4 - 8	5
39	1	100	<i>Typha angustifolia</i>	Herbáceas	1 - 2	3
40	1	100	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	4
40	1	100	<i>Salix caprea</i>	Árboles	8 - 12	4
40	1	100	<i>Cyperus eragrostis</i>	Herbáceas	1 - 2	3
41	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	>12	4
41	1	50	<i>Luma apiculata</i>	Árboles	4 - 8	5
41	1	50	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	1 - 2	4
41	1	50	<i>Cyperus eragrostis</i>	Herbáceas	1 - 2	2
41	1	50	<i>Lotus spp.</i>	Herbáceas	0,5 - 1	2
54	1	1	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	1 - 2	7
54	1	1	<i>Cyperus eragrostis</i>	Herbáceas	1 - 2	4
57	1	1	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	>12	5
57	1	1	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	>2	5
57	1	1	<i>Egeria densa</i>	Herbáceas	-	5
58	1	1	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	>2	7
59	1	50	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	5
59	1	50	<i>Salix babylonica</i>	Árboles	8 - 12	4
59	1	50	<i>Cyperus eragrostis</i>	Herbáceas	>2	5
59	1	50	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	>2	3
60	1	1	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	>2	7
61	1	1	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	>2	7
62	1	1	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	>2	7
63	1	1	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	>2	7
64	1	1	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	5
64	1	1	<i>Salix babylonica</i>	Árboles	8 - 12	5
65	1	1	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	>2	7
66	1	1	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	5
66	1	1	<i>Salix babylonica</i>	Árboles	8 - 12	5
66	1	1	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	>2	5
67	1	1	<i>Alnus glutinosa</i>	Árboles	8 - 12	5
67	1	1	<i>Salix babylonica</i>	Árboles	8 - 12	5
67	1	1	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	>2	5
68	1	1	<i>Juncus procerus</i>	Herbáceas	>2	7
69	1	1	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Herbáceas	>2	7

### Cuadro Braun Blanquet Humedales

Especies / Puntos de muestreo	2	39	40	41	54	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
<i>Alisma plantago-aquatica</i>							1											
<i>Alnus glutinosa</i>		3	3	3		3	1	4					4		4	4		
<i>Aristotelia chilensis</i>			r															
<i>Baccharis sagittalis</i>				+														
<i>Calystegia sepium</i>		r		4	r													
<i>Cyperus eragrostis</i>	5		3	4	3			4					r					
<i>Drimys winteri</i>						r												
<i>Egeria densa</i>						3	2											
<i>Juncus procerus</i>					5			+		5	5				4	4	5	
<i>Lotus spp.</i>				3	+													
<i>Luma apiculata</i>				4														
<i>Lycopus europaeus</i>			2		+													
<i>Maytenus boaria</i>															r			
<i>Mentha aff. aquatica</i>				4														
<i>Myrceugenia exsucca</i>															r			
<i>Myriophyllum aquaticum</i>							r											
<i>Parablechnum chilense</i>						2	1								+			
<i>Polygonum aff. hydropiperoides</i>					1													
<i>Rubus ulmifolius</i>		1	2	2				2					1					
<i>Salix babylonica</i>								3					3		3	3		
<i>Salix caprea</i>		3	3															
<i>Schoenoplectus californicus</i>	5	+		4		3	5	2	5			5		5				5
<i>Senecio fistulosus</i>				2														
<i>Typha angustifolia</i>		2																
<i>Ulex europaeus</i>		r																