

Informe consultoría de apoyo a la gestión del retiro de
ramas escombros y chipeo

Programa de recuperación integral del Santuario de la
Naturaleza Humedal Río Maipo

Dr. Narkis Morales

Dr. Eduardo Arellano

Nadia Rojas

Eco Technica Limitada

4 de agosto, 2023

Contenido

1.	Introducción.....	3
1.1.	Objetivo.....	3
2.	Revisión bibliográfica.....	4
2.1.	Humedales en Chile	4
2.2.	Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo	4
2.3.	Marco normativo y políticas públicas para la conservación de los humedales en Chile	5
2.4.	Principales factores de degradación en los humedales costeros de la zona central de Chile	6
2.5.	Continuo de la restauración de ecosistemas	7
2.6.	Componentes de los procesos de restauración	8
2.7.	Casos de restauración ecológica en humedales costeros en Chile	9
3.	Metodología	11
3.1.	Área de estudio	11
3.2.	Caracterización de suelo	14
3.3.	Caracterización de flora	15
3.4.	Caracterización de fauna	16
3.4.1.	Aves	16
3.4.2.	Insectos	16
3.4.3.	Micromamíferos.....	17
4.	Resultados	18
4.1.	Caracterización de suelos	18
4.1.1.	Descripción de calicatas	21
4.2.	Caracterización de flora	25
4.2.1.	Resultados generales	25
4.2.2.	Resultados específicos	25
4.3.	Caracterización de fauna	29
4.3.1.	Aves	29
4.3.2.	Insectos	31
4.3.3.	Micromamíferos.....	34
5.	Estado actual de zonas de uso intensivo	35
6.	Plan de remediación y rehabilitación: criterios generales.....	38
7.	Referencias	45

1. Introducción

Los humedales son definidos por la Convención RAMSAR como las áreas de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, además de las extensiones de agua marina con profundidad de marea baja inferior a seis metros (RAMSAR, 1994). Estos ecosistemas son altamente productivos, son hábitats de especies de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados y proveen múltiples bienes y servicios ecosistémicos como el abastecimiento de agua, la pesca, el mantenimiento de las napas freáticas (RAMSAR, 2007), y proveen múltiples servicios ecosistémicos como el control de inundaciones, la reposición de aguas subterráneas, la estabilización de la costa y contra los eventos climáticos extremos, la depuración de las aguas, actúan como reservorios de biodiversidad, proveen productos y valores culturales, la recreación y el turismo (Barbier et al., 2011; Blackwell & Pilgrim, 2011; Osland et al., 2018; RAMSAR, 2000).

Entre 1970 y 2015 se perdieron alrededor del 35% de los humedales a nivel mundial, principalmente debido al cambio climático, el crecimiento de la población, la urbanización y los cambios en el uso de suelo, mientras que los humedales aun existentes se encuentran amenazados por diversos factores como el drenaje de agua, la contaminación, el uso inapropiado, las especies invasoras, la sedimentación derivada de la deforestación y la erosión de suelo aguas arriba (CMNUCC, 2018).

La restauración de los humedales es una oportunidad valiosa y rentable para recuperar y potenciar los bienes y servicios ecosistémicos que estos ecosistemas proveen, con beneficios que pueden ser muy superiores a los costos de la restauración (Alexander & McInnes, 2012). De aquí la necesidad de avanzar hacia la restauración y rehabilitación de humedales con altos niveles de degradación debido al uso histórico que han tenido, como el Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo.

1.1. Objetivo

El objetivo de este reporte es entregar apoyo a la gestión de retiro de ramas, escombros y chipeo de dos sitios del Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo, la zona de producción de compost y la zona de acopio de ramas, en el marco del Programa de recuperación integral desarrollado por la Fundación Cosmos. Con este fin se realizó una caracterización de suelos, flora y fauna (insectos, aves y mamíferos) para poder asesorar en el desarrollo de un plan de remediación y rehabilitación que incluya recomendaciones generales para las zonas evaluadas.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Humedales en Chile

En Chile hay más de 4,5 millones de hectáreas de humedales, abarcando el 5,9% del territorio nacional, aun cuando no hay consenso sobre el número y superficie total a nivel nacional que abarcan estos ecosistemas debido a la falta de información (p.e. las turberas de las regiones de Los Lagos y Aysén) (Ministerio del Medio Ambiente, 2018). Estos ecosistemas se caracterizan por ser hábitats de alta diversidad de especies con alto nivel de endemismo de especies animales y vegetales (Ministerio de Medio Ambiente et al., 2017). Estos ecosistemas se concentran principalmente en las regiones de Aysén (444.200 ha), Magallanes (288.600 ha) y Los Ríos (129.300 ha) (Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

En Chile, con casi 6.500 km de costa, la distribución de los humedales costeros decrece en latitud de sur a norte, donde emergen esparcidos por la costa formando un corredor con alta productividad, biodiversidad y endemismo (Navarro et al., 2021). Estos ecosistemas proveen múltiples servicios ecosistémicos como la protección contra tormentas, el control de la erosión, el control de las inundaciones, el control de los sedimentos y la contaminación del agua, el secuestro de carbono, la mantención del clima, la provisión de materias primas y alimentos, el turismo y la recreación además de valores culturales, espirituales y religiosos (Barbier, 2018).

En la región de Valparaíso específicamente, se han identificado alrededor de 80 humedales costeros, los que contemplan desembocaduras de esteros y ríos (p.e. la desembocadura del Río Maipo y Las Salinas de Pullally), lagunas costeras (p.e. el humedal El Membrillo y la Laguna Las Docas), tranques (p.e. el tranque Cachahua) y pozas estacionales (Contreras-López et al., 2017).

2.2. Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo

De acuerdo al Inventario Nacional de Humedales (MMA), la desembocadura del Río Maipo corresponde a un humedal marino y costero, estuarino e intermareal de 68,73 ha (Código HUR-05-32) y su tipología es humedal asociado al límite urbano. El año 2020 el Decreto 1 del MMA declaró Santuario de la Naturaleza al Humedal Río Maipo, por ser un “hábitat singular y de importancia en la región al ser sitio de nidificación, alimentación, refugio y descanso de especies de aves limnícolas, acuáticas, terrestres y marinas”, además de definir en su artículo tercero los siguientes como objetos de conservación: el humedal, las dunas, la avifauna, los mamíferos nativos, la ictiofauna, la

rana chilena y el paisaje y deja la administración a la Fundación Cosmos. Adicionalmente, el Decreto Alcaldicio N°2215 (Municipalidad de Santo Domingo, 2013) establece los usos permitidos y las actividades prohibidas en los humedales. Por una parte, los usos permitidos son:

- Actividades orientadas a la conservación y mejora de la cubierta vegetal, la fauna, los suelos, el paisaje y la calidad de las aguas.
- Las visitas y actividades didácticas y científicas para la divulgación de los valores naturales del ecosistema
- Actividades para el seguimiento y evaluación del ecosistema

Por otra parte, algunas de las 19 actividades o usos prohibidos son:

- Las actividades que directa o indirectamente puedan producir la alteración hidrológica del humedal
- El daño a la fauna silvestre
- La modificación del régimen hidrológico
- Las modificaciones a la morfología del humedal, relleno, extracción de materiales y alteración topográfica
- Extracción y procesamiento de áridos
- Los vertidos sólidos y líquidos que afecten negativamente la calidad de las aguas
- La eliminación o deterioro de la vegetación
- Introducción de especies de flora y fauna exóticas
- La captura de animales silvestres, la destrucción de refugios
- Botar residuos sólidos domiciliarios de cualquier tipo.

2.3. Marco normativo y políticas públicas para la conservación de los humedales en Chile

Chile ha suscrito múltiples compromisos nacionales e internacionales para la protección y el uso racional de los humedales. Específicamente la normativa nacional referida a la protección de los humedales incluye:

- El Decreto N° 771 (Ministerio de Relaciones Exteriores, 1981) adhiere a la Convención sobre los Humedales RAMSAR, tratado intergubernamental que entrega el marco para la conservación y el uso racional de los humedales.
- La Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales (1970) define a los Santuarios de la Naturaleza como “aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuyas conservaciones sea de interés para la ciencia o para el Estado”.
- La Ley N° 19.300 de las bases generales de medio ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 1994) regula la evaluación ambiental para la ejecución de obras o actividades que puedan alterar los ecosistemas y en particular los humedales.

- La Ley N° 21.202 de protección de humedales urbanos (Ministerio de Medio Ambiente, 2020) que modifica múltiples cuerpos legales para la protección, conservación y preservación de los humedales urbanos. De acuerdo al último listado de Humedales Urbanos Declarados (MMA, 2023), hay 100 humedales declarados, que abarcan una superficie de 10.951 ha. Específicamente, en la región de Valparaíso hay registrados 18 humedales urbanos, que abarcan una superficie de 1.333 ha.

Por otra parte, entre las políticas públicas atinentes a la conservación de los humedales, las más relevantes son:

- La Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 - 2030 (Ministerio de Medio Ambiente et al., 2017) con objetivos que consideran la protección y restauración de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, promover el uso sustentable de la biodiversidad y desarrollar una institucionalidad robusta, buena gobernanza y distribución justa y equitativa de los beneficios de la biodiversidad, etc.
- La Estrategia Nacional de conservación de aves (2021 - 2030) (Ministerio de Medio Ambiente, 2022) que reconoce el drenaje y relleno de humedales como una amenaza de medio alcance y alta severidad e irreversibilidad para las aves de estos ecosistemas.
- El Plan Nacional de Protección de Humedales (2018 – 2022) (Ministerio del Medio Ambiente, 2018) que priorizó en su primera etapa 40 humedales a nivel nacional. Específicamente, en la región de Valparaíso se priorizaron 3 humedales; Dunas de Longotoma Salinas de Pullally (634 ha), Tunquén (151 ha) y Zaino Laguna del Copín (6.741 ha).

2.4. Principales factores de degradación en los humedales costeros de la zona central de Chile

Los humedales costeros son ecosistemas altamente dinámicos y vulnerables. A nivel mundial se estima que el 63% de los humedales costeros se han perdido desde 1900 (Davidson, 2014). Estos ecosistemas han sido transformados para uso urbano, como basureros, rellenos sanitarios, además de recibir desechos líquidos escurridos y son fragmentados con caminos (Mishra, 2014). Las principales amenazas que enfrentan los humedales costeros que generan grandes niveles de degradación son la urbanización, la contaminación del recurso hídrico, la desviación del cauce y la deforestación (Rivillas-Ospina et al., 2017).

Los humedales costeros de Chile central, son ambientes altamente dinámicos y frágiles, y dependen de una gran variedad de factores naturales y antrópicos, como por ejemplo la variabilidad hidrológica y climática, el alto contenido energético litoral, la variabilidad en la disposición de sedimentos, la sismicidad y los procesos tectónicos de la costa chilena, que generan cambios morfológicos de gran magnitud en los sectores costeros (Contreras-López et al., 2017).

Las principales causas de la pérdida y la degradación de los humedales son los cambios de uso de suelo de gran extensión y en particular a agricultura y pastoreo, la desviación de agua por la construcción de represas, diques y canales, el desarrollo de infraestructura en valles y zonas costeras, y la contaminación del aire, el agua y el exceso de nutrientes (Ramsar, n.d.). En consecuencia, las mayores preocupaciones derivadas de las acciones que se desarrollan en los humedales costeros de Chile son; los cambios en la vegetación que afectan los hábitats de la vida silvestre, la perturbación a la fauna del humedal, los cambios en el balance hídrico que alteran la naturaleza del humedal y los cambios en la calidad del agua que alteran la ecología y la sustentabilidad de la vida silvestre (Ministerio de Medio Ambiente & ONU, 2021).

2.5. Continuo de la restauración de ecosistemas

La restauración de ecosistemas hace referencia a una amplia gama de intervenciones que tienen por objetivo la reparación de un ecosistema dentro de un continuo (Figura 1). En uno de los extremos del continuo está la reducción de los impactos sociales, mientras que en el otro extremo está la restauración ecológica, la que tiene por objetivo asistir la recuperación de un ecosistema a la trayectoria que hubiera tenido si la degradación no hubiera ocurrido, considerando el cambio climático (Valderrábano et al., 2021). Este marco conceptual considera cuatro grandes categorías (Gann et al., 2019); (1) **la reducción de impactos** que considera tanto la reducción de impactos y el mejoramiento de la gestión de los ecosistemas; (2) la **remediación**, consiste en el proceso de transformar sitios altamente degradados, como botaderos o sitios mineros, adecuados para el cultivo u otros usos humanos; (3) la **rehabilitación** es el proceso de restituir un nivel de funcionalidad del ecosistema donde no se pretende hacer restauración ecológica, sino proveer bienes y servicios ecosistémicos; (4) la **restauración ecológica** que consiste en el proceso de asistencia para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido a un ecosistema de referencia considerando el cambio climático.



Figura 1. El continuo de la restauración considera una variedad de actividades e intervenciones que pueden mejorar las condiciones ambientales y revertir la degradación del ecosistema y la fragmentación del paisaje. Hacia la derecha del continuo, la salud ecológica, la biodiversidad, y la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos aumentan. Modificado de Gann et al. (2019).

2.6. Componentes de los procesos de restauración

Las prácticas involucradas en el proceso de restauración se han organizado en 5 componentes, aun así los procesos de restauración no son lineales y algunos subcomponentes dentro de los componentes pueden ser desarrollados en simultaneo o en diferente orden al presentado (FAO et al., 2023);

- (1) la **evaluación** considera la identificación y evaluación de las condiciones ecológicas, culturales y socio-ecológicas necesarias para identificar la perturbación para posteriormente definir los objetivos. En esta fase es crítico el compromiso de los *Stakeholders* (partes interesadas) y titulares de derechos y de la incorporación de todos los tipos de conocimiento. Por otro lado, este proceso permite realizar un catastro de los servicios ecosistémicos presentes y determinar su estado actual, lo que permite un proceso de valoración de los servicios ecosistémicos y como al mejorar o incorporar nuevos servicios, estos pueden entregar nuevos beneficios o los actuales incrementarse.
- (2) el **plan y diseño** tiene por objetivo co-definir los objetivos para el proyecto de restauración y determinar las actividades apropiadas según el contexto socio-ecológico y financiero. El plan deberá ser producto de un proceso de toma de decisiones informadas, y un proceso participativo que incluya a todos los *Stakeholders* y titulares de derechos, además de expertos.
- (3) la **implementación** es la ejecución de las actividades en terreno para alcanzar los objetivos establecidos de manera que se maximicen los retornos para la biodiversidad, la salud e

integridad del ecosistema, la mitigación del cambio climático y la salud y el bienestar humano. Esta fase debe ser realizada en el contexto de la gobernanza participativa, la justicia y equidad social, promoviendo condiciones de trabajo justas y seguras, proveyendo oportunidades inclusivas para el compromiso, el co-manejo, la toma de decisiones, la integración del conocimiento y la mejora de los medios de subsistencia de los *Stakeholders*, titulares de derechos y grupos subrepresentados.

- (4) la **gestión continua** o mantención considera las actividades necesarias para completar las actividades planeadas a corto y largo plazo, una vez completada la implementación de las actividades iniciales del proyecto.
- (5) el **monitoreo y la evaluación** consiste en la evaluar en qué medida las actividades de restauración se implementaron según lo planeado, el grado de recuperación y de logro de las metas y objetivos y los efectos ecológicos, culturales o socio-ecológicos resultantes del proyecto. Esta fase permite la gestión continua sea adaptativa.

2.7. Casos de restauración ecológica en humedales costeros en Chile

En Chile se han realizado múltiples iniciativas de restauración ecológica en humedales, siendo la más importante el proyecto GEF Humedales costeros, iniciativa desarrollada por el Ministerio de Medio Ambiente y ONU Medio Ambiente, donde se priorizaron cinco humedales para desarrollar experiencias piloto. A partir de los resultados de este proyecto se identificaron diversas acciones de restauración para los humedales costeros pilotos, tales como (GEF humedales costeros, 2022b);

- Acciones relacionadas con la contaminación: Plan de fitorremediación, filtración de aguas lluvias con estructuras artificiales, zanjas depuradoras y filtrantes, etc.
- Acciones relacionadas a la pérdida de biodiversidad: Plan de restauración para hábitats de fauna, habilitación de pasos para la fauna silvestre, reforestación, cercados, etc.
- Acciones relacionadas a la degradación y erosión: reforestación de bosque nativo, diques de contención, control de especies exóticas, remoción de escombros y microbasurales, exclusión de ganado, etc.

El humedal de Mantagua en la Región de Valparaíso fue una de las cinco experiencias pilotos del proyecto GEF y corresponde al tramo final del estero Mantagua cuya desembocadura por lo general se encuentra cerrada por una barra de arena generando un estuario que se conecta con el mar solo durante las crecidas. Este humedal se encuentra amenazado principalmente por la presión inmobiliaria, la extracción de aridos desde dunas cercanas, el paso de vehículos 4x4, la pesca y caza furtiva, actividades desreguladas de campistas, y la introducción de ganado (GEF humedales costeros, 2022a). A través de metodologías participativas se identificaron tres objetos de conservación; el ecosistema de humedal, los sitios arqueológicos, y la memoria colectiva, valor

paisajístico científico y recreativo (Flores Toro et al., 2022). Para los cuales se identificaron y priorizaron múltiples acciones de restauración (Contreras López et al., 2021);

- Para el corto plazo: la limpieza del estuario por evento de contaminación, la delimitación de la línea de playa, la vinculación de protección entre el humedal de Mantagua y el corredor biológico Casablanca-Peñuelas-Quilpue, y la restauración de la vegetación al interior del estuario.
- Para el corto a mediano plazo: el control y regulación de los cursos de agua, la fiscalización, la reforestación de quebradas y cursos de agua y la conservación del bosque esclerófilo.
- Para el mediano a largo plazo: la implementación de pasos de fauna en los caminos principales, la restauración de la vegetación aledaña al humedal, la restauración de la albufera y pasos de fauna y la reforestación de dunas con especies nativas.

Otro caso de relevancia para la Región de Valparaíso es el de La Reserva Nacional El Yali, que desde 2013 cuenta con un plan de restauración desarrollado por la Universidad de Playa Ancha junto al Ministerio de Medio Ambiente y CONAF, en el marco de un acuerdo de cooperación con Parks Canada. Los principales factores que afectan las características ecológicas del humedal son; la extracción ilegal de peces y anfibios, la eutroficación de las lagunas, el uso de pesticidas y fertilizantes en suelos tributarios, la introducción de ganado doméstico, el ingreso de vehículos motorizados, la tenencia irresponsable de mascotas que cazan aves y comen huevos, la contaminación por residuos sólidos traídos por las corrientes marinas, entre otros (RAMSAR, 2012). Para lo cual, las primeras medidas de restauración propuestas fueron la reconstrucción de las dunas arrasadas por el tsunami de 2010 y el manejo integrado de la flora del lugar, en particular de las plantaciones de especies introducidas como pinos y eucaliptos (Meza Ramírez et al., 2013).

3. Metodología

3.1. Área de estudio

El Santuario de la naturaleza Humedal Río Maipo, de aproximadamente 60,3 ha y se encuentra en la desembocadura del río Maipo en las comunas de Santo Domingo y San Antonio, provincia de San Antonio, Región de Valparaíso (Consejo de Monumentos Nacionales de Chile, 2020) (Figura 2). El santuario limita al noroeste con una zona de uso intensivo correspondiente al puerto de San Antonio. El lugar corresponde a un humedal costero en el delta del río Maipo, con un clima mediterráneo de lluvia invernal e influencia costera (Rioseco & Tesser, n.d.). Su temperatura media anual es de 12,9 °C y su precipitación media anual de 270.33 mm en los últimos 10 años (DGAC, n.d.). Los suelos están clasificados por el CIREN como Misceláneos, es decir que, por razones de diversa índole no existen antecedentes que permitan clasificar taxonómicamente los suelos, o que tienen poco o casi nada de suelos naturales o bien, son inaccesibles para un estudio ordenado.

La caracterización de flora, fauna y suelo se realizó en dos tres sitios específicos al interior del Santuario dependiendo del componente (Figura 2):

1. **Zona de producción de compost**, con 15.854 m² de superficie ubicada al oeste del camino principal y al sur de las oficinas del parque. Este sitio consiste en una parcela rectangular delimitada por un cerco y que al momento de muestreo se encontraba en producción activa de compost, presencia de pilas, trabajadores y maquinaria. El sitio no cuenta con vegetación. El sitio no cuenta con vegetación. Según imágenes satelitales analizadas, esta actividad se viene realizando desde el año 2016 dedicada específicamente al manejo de restos vegetales de origen público como lo son de las áreas verdes, parques, plantas ornamentales de la comuna.
2. **Zona de acopio de ramas y escombros**, con una superficie de 10.985 m² ubicada al noroeste de las oficinas del parque. Este sitio considera una zona de acopio de escombros delimitada por un cerco y una zona abierta con la presencia de pilas de ramas y vegetación. Al momento de muestreo la zona de acopio se encontraba activa. La revisión de imágenes satelitales muestra que esta actividad se viene realizando desde hace al menos 17 años (Figura 3).
3. **Zona intermedia**, con una superficie de 16.762 m² ubicada entre ambas zonas de uso intensivo (zona compost y acopio ramas) sin intervención aparente, al menos en el último tiempo, cubierta por una mezcla de vegetación nativa y especies introducidas. Esta zona sufrió un incendio en el año 2006, luego de lo cual fue usada como zona de acopio de ramas y escombros. En el año 2018 los desechos fueron removidos y la vegetación fue totalmente eliminada, para ser posteriormente abandonada (Figura 3).

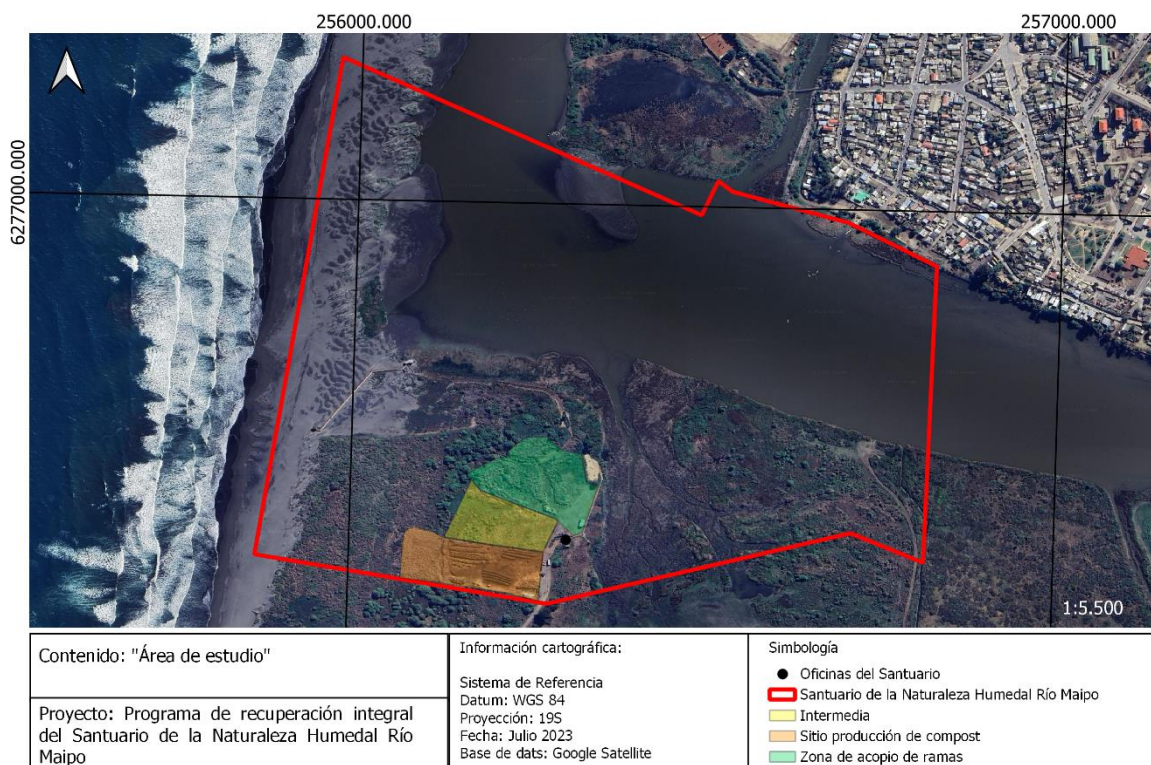


Figura 2. Mapa del área de estudio, Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo. En naranja la zona de producción de compost, en amarillo la zona intermedia y en verde la zona de acopio de ramas.

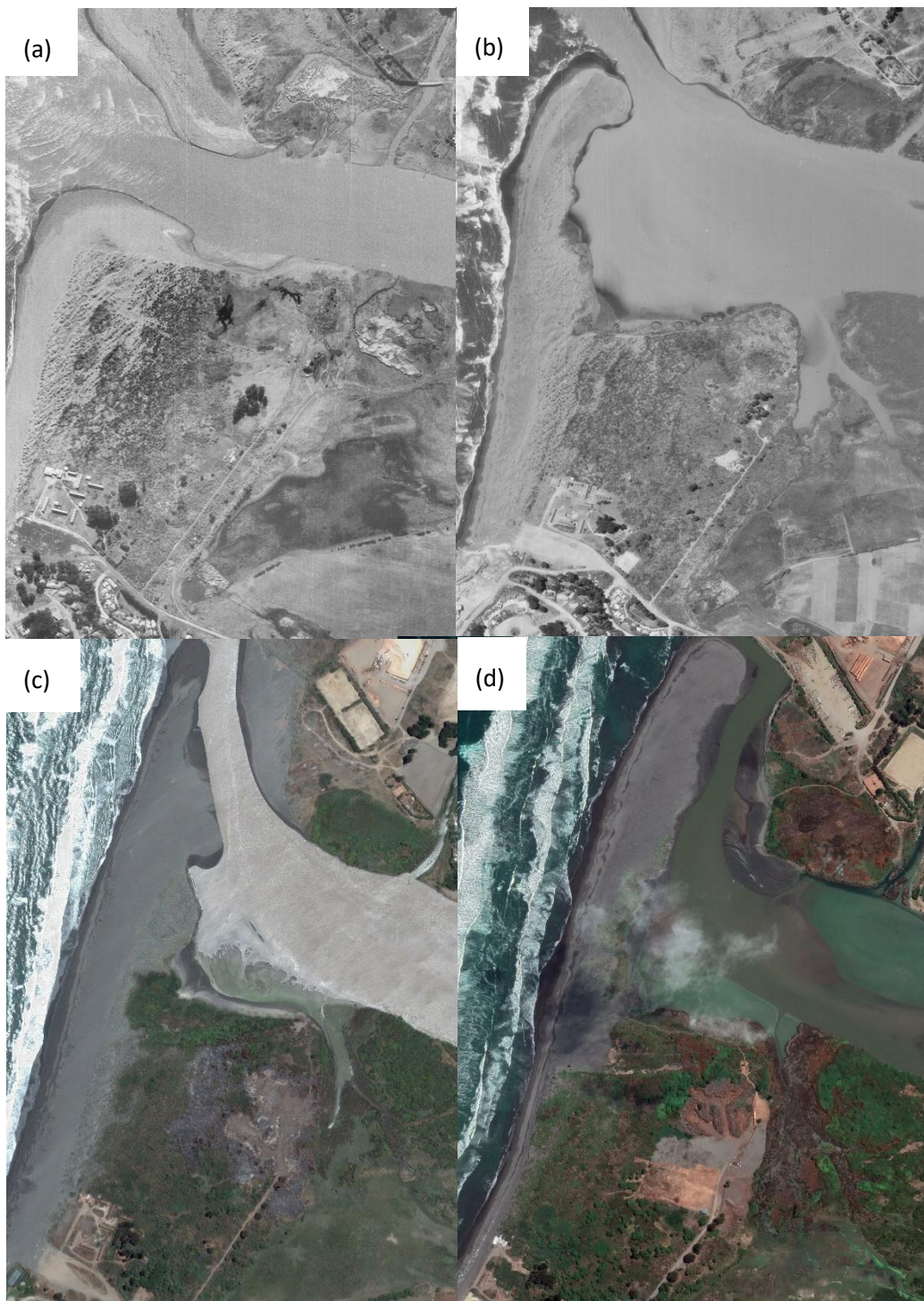


Figura 3 Fotografías áreas de la zona de estudio (a) vuelo CH-30 año 1980 (1:30000), y (b) vuelo FONDEF año 1992 (1:20000), (c) fotografía satelital año 2006 (Maxar technologies) y (d) fotografía satelital año 2019 (Maxar technologies).

3.2. Caracterización de suelo

Se describieron dos calicatas para cada una de las zonas en estudio; la zona de compost (calicatas 1 y 2) y la zona de acopio de ramas (calicatas 2 y 3) (Figura 4). Las calicatas fueron realizadas con una retroexcavadora el día lunes 5 de junio de 2023. Para la descripción se consideró la definición de las estratas, la descripción de las profundidades, el color Munsell, la estructura, consistencia, poros y raíces para cada estrata. Adicionalmente, en cada estrata se colectaron muestras de 2 kg y se analizaron en el Laboratorio Agroanálisis de la Pontificia Universidad Católica de Chile para pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponible, nitrógeno total y carbono total, y proporciones de arena, limo y arcilla. Finalmente, en la primera estrata de cada calicata se colectó una muestra de volumen conocido para la evaluación de la densidad aparente, la que fue secada y pesada en el Laboratorio de Restauración y Suelos de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

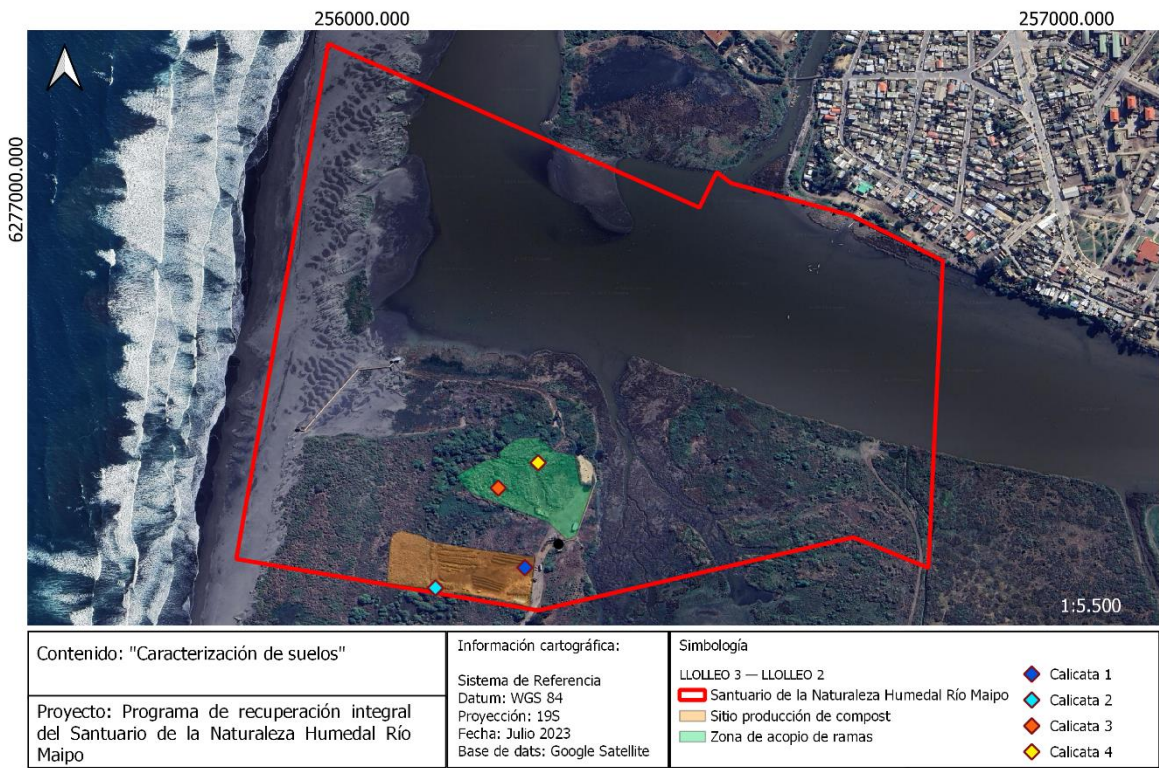


Figura 4. Mapa de la ubicación de las calicatas para la caracterización de suelo en el Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo. Los rombos indican cada calicata.

3.3. Caracterización de flora

Se evaluaron las tres zonas descritas en la sección 3.1 Área de estudio, que corresponde a la zona producción de compost, zona de acopio de ramas y escombros y zona intermedia. En la zona de producción de compost, debido a que zona está desprovista de vegetación, se identificaron las especies localizadas en los bordes del cerco (440 m en total) con un rango de 2 metros hacia afuera (440 m x 2m). Para la zona de acopio de ramas e intermedia se realizaron dos transectos de 80 m de largo en cada una (Figura 5). Y se identificaron todas las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas observadas a dos metros por cada lado del transecto (80m x 4m). Cada especie fue identificada a nivel de especie, además de su hábito (hierba anual, bienal, o perenne, subarbusto, arbusto o árbol), origen (endémico, nativo o introducido) y si se trata o no de una especie asilvestrada (Pauchard, 2017). Además, se recorrió cada zona para anotar cualquier especie que no fue detectada en los transectos.

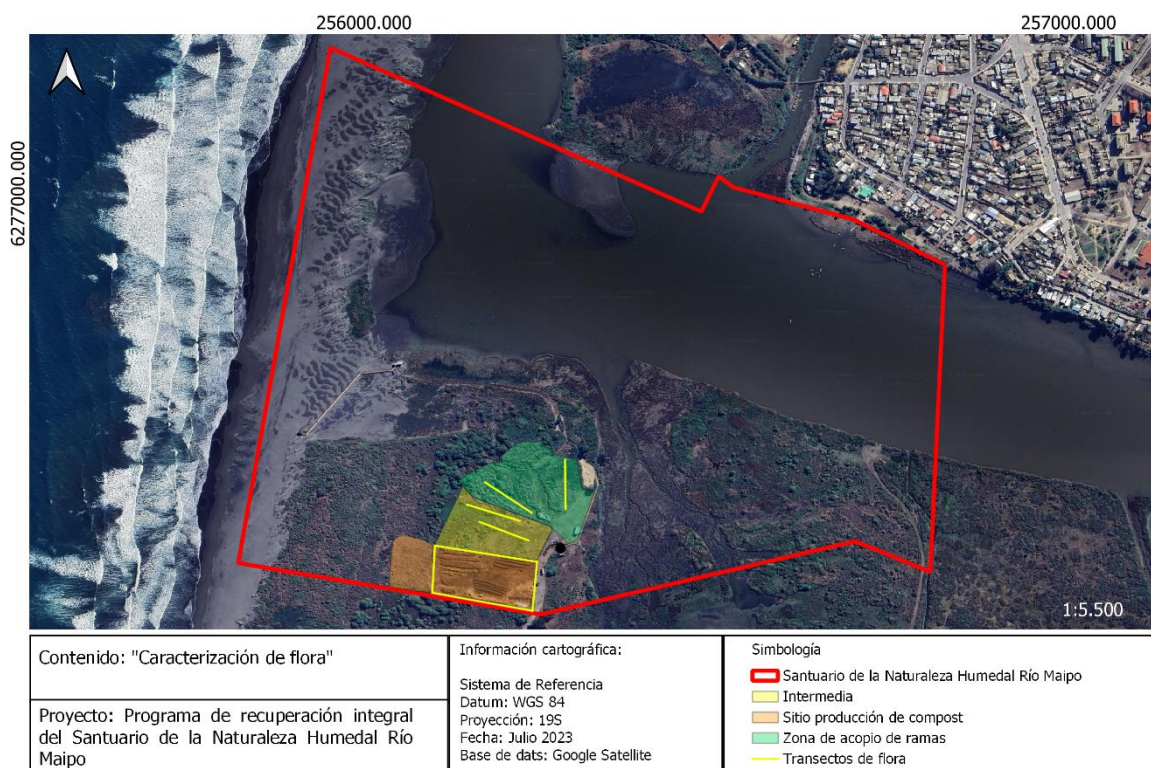


Figura 5. Mapa de la ubicación de los transectos para la caracterización de flora en el Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo. Las líneas amarillas indican cada transecto.

3.4. Caracterización de fauna

3.4.1. Aves

Se realizaron cuatro puntos de conteo distribuidos al azar y separados sistemáticamente cada 125 m. Los puntos de conteo no se realizaron dentro de las zonas descritas anteriormente (compost, acopio ramas e intermedia), debido a que el área de influencia derivada de su capacidad de movimiento, especialmente de grandes distancias, hacía imposible poder diferenciar el uso de cada una de las zonas de interés por parte de las especies identificadas. Cada punto de conteo duró seis minutos durante los cuales se registraron los individuos de manera visual y/o auditivamente dentro de un radio de 50 m.

3.4.2. Insectos

Se utilizaron trampas tipo pitfall para la captura de los organismos que caminan en el suelo o vuelan cercano a él (organismos epigeos). Se dispusieron tres líneas de trampeo con cinco trampas cada una lo cual nos otorga un total de 15 trampas para el sitio de estudio (Figura 6). Una línea fue ubicada cerca de las pilas de compostaje, otra cerca de la zona de depósito de ramas y una entre estas dos líneas antes mencionadas. Las trampas se mantuvieron por tres noches seguidas, retirándose al cuarto día. Los individuos colectados se traspasaron a tubos de 50 mL con alcohol de 95° y la etiqueta con código de trampa. Las muestras fueron limpiadas y clasificadas con la ayuda de una lupa estereoscópica, se guardaron las morfoespecies en tubo de 1.5 mL con su respectivo etiquetado para la realización del análisis.



Figura 6. Proceso de colección de invertebrados y traspaso a tubos para su posterior identificación.

3.4.3. Micromamíferos

Se dispusieron un total de 30 trampas tipo Sherman, las cuales se distribuyeron en tres líneas de muestreo, una por zona con 10 trampas cada una (Figura 7). Las trampas se prepararon usando algodón como refugio y avena como cebo. Las trampas se ubicaron en zonas que tenían huellas de pasos de fauna o madrigueras bien cubiertas para el tránsito de micromamíferos. Las trampas se dejaron por tres noches, activándose todos los días cerca de las 17.00 hrs y revisándose cada mañana cerca de las 9.00 hrs. Todos los individuos capturados fueron identificados a nivel de especie, para luego ser liberados. Una vez revisadas las trampas se desinfectaban con alcohol, se cambiaba el algodón y el cebo. Además, se instalaron tres cámaras trampa por tres noches en los sectores de acumulación de ramas.



Figura 7. Trampa tipo Sherman instalada e individuo capturado.

4. Resultados

4.1. Caracterización de suelos

De manera general, los suelos superficiales son de textura franco arenosa a arenosa en superficie (en los primeros 16 a 37 cm del perfil) con presencia de residuos en la calicata 1 de la zona de compost y en la calicata 4 en la zona de ramas. Los residuos consistieron en restos de basura en la zona de compost (calicata 1) y escombros de construcción de la zona de ramas (calicata 4) (Tabla 1). Se midieron altos contenidos de materia orgánica en las estratas de textura franco arenosas y arenofrancas (6,08 – 17,12%) y bajos contenidos de MO en las estratas de textura arenosa (0,17 – 0,63%). El pH varió entre neutro y fuertemente alcalino entre las estratas, con valores que oscilaron entre 7,02 y 9,93. Suelos variables en términos de salinidad, tanto entre calicatas como entre las estratas, observándose estratas libres de sales (0,26-0,41 mS/cm), muy bajas en sales (0,76-0,89 mS/cm), muy ligeramente salinas (1,14-1,49 mS/cm), y una estrata medianamente salina (6,06 mS/cm). En la primera estrata se midió fósforo disponible medio (20 mg/kg en la calicata 3), alto (111 mg/kg en la calicata 2) y extremadamente alto (215 y 180 mg/kg en las calicatas 1 y 4, respectivamente) y potasio muy alto (460 -6001 mg/kg). En la figura 8 se muestra una representación gráfica de las estratas de cada una de las calicatas evaluadas en ambas zonas; las calicatas 1 y 2 corresponden a la zona de producción de compost y las calicatas 3 y 4 a la zona de acopio de ramas.

Por una parte, en la zona de producción de compost (calicatas 1 y 2) se observó un suelo altamente perturbado con suelo de relleno y presencia de residuos plásticos y vidrios a lo largo del metro de perfil evaluado. Se observó una primera estrata de entre 16 y 32 cm de profundidad de textura franco arenosa con presencia de ramas, una segunda estrata de entre 43 y 62 cm de profundidad de textura arenosa con pedregosidad y una tercera estrata debajo de los 75 cm de profundidad de textura franco arenosa en la calicata más cercana a la zona con vegetación (calicata 1) y de textura arenosa en la calicata más cercana al camino (calicata 2).

Por otra parte, en la zona de acopio de ramas (calicatas 3 y 4) se observó un suelo aún más perturbado, con una estrata de material de relleno de construcción en la calicata 4, principalmente ladrillos y cemento. Se observó una primera estrata de entre 25 y 37 cm de textura arenosa (calicata 3) y franco arenosa (calicata 4). En esta última calicata se evidenció la presencia de una estrata de material de relleno altamente compactado. Luego se observó una estrata de textura arenosa hasta el nivel freático que apareció entre los 72 (calicata 3) y 90 cm (calicata 4) de profundidad.

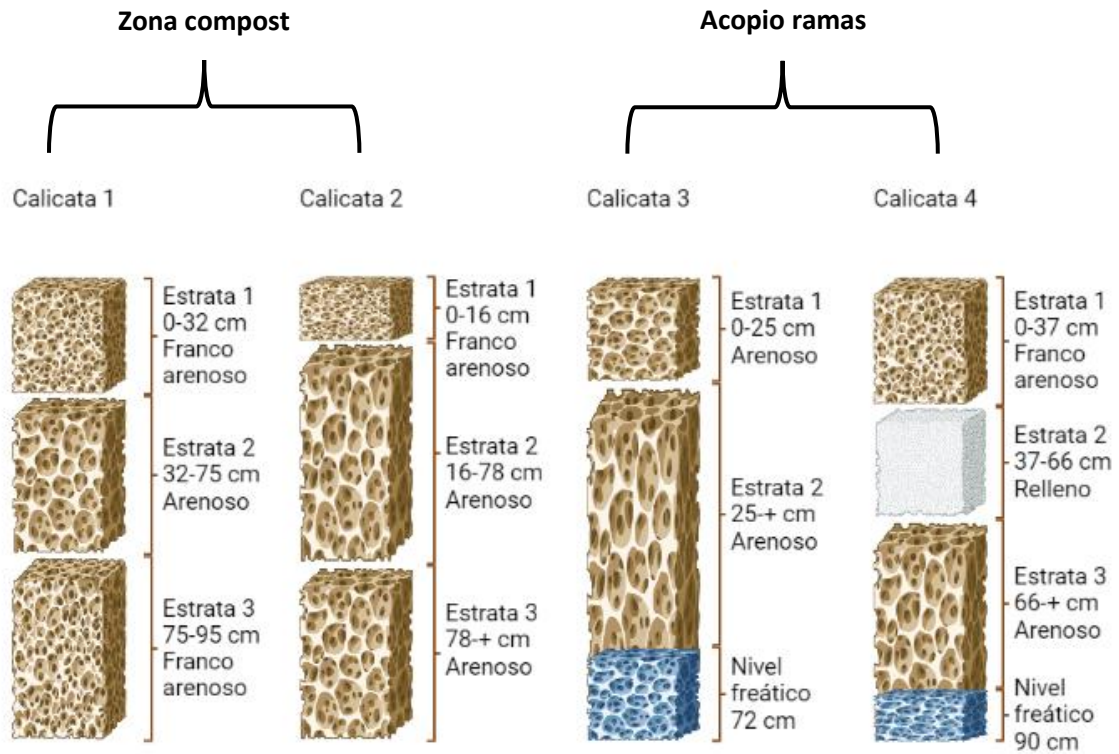


Figura 8. Representación gráfica de las estratas presentes en las calicatas descritas, profundidad de la estrata (cm) y textura de suelo. Las calicatas 1 y 2 se encuentran en la zona de producción de compost y las calicatas 3 y 4 en la zona de acopio de ramas.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas de las estratas evaluadas en cada calicata. CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; N: nitrógeno; P: fósforo; K: potasio y Da: densidad aparente.

Estrata	Zona de producción de compost						Zona de acopio de ramas			
	Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		Calicata 4	
	1	2	3	1	2	3	1	2	1	3
Profundidad (cm)	0-32	32-75	75-95	0-16	16-78	>78	0-25	>25	0-37	>66
PROPIEDADES QUÍMICAS										
pH en suspensión	8,18	8,42	7,94	7,36	7,02	9,93	8,6	8,52	7,63	8,63
CE (mS/cm)	6,06	0,76	1,17	1,14	0,26	0,41	0,31	0,4	1,49	0,89
MO (%)	17,12	0,4	6,08	7,36	0,17	0,24	0,63	0,18	9,45	0,25
DISPONIBLES										
N (mg/kg)	21	9	80	109	25	7	7	4	72	12
P Olsen (mg/kg)	215	15	122	111	3	2	20	15	180	18
K (mg/kg)	6001	620	1045	923	169	194	460	345	1481	625
TOTALES										
Nitrógeno (N) (%)	0,71	0,02	0,17	0,37	0,01	0,01	0,03	0,01	0,43	0,01
Carbono (C) (%)	9,93	0,23	3,53	4,27	0,1	0,14	0,37	0,1	5,48	0,14
PROPIEDADES FÍSICAS										
Da (gr/cm ³)	0,93			0,52			1,32		1,09	
Arcilla (%)	6	2	6	6	2	2	2	2	6	2
Limo (%)	20	8	16	20	4	4	10	6	16	6
Arena (%)	74	90	78	74	94	94	88	92	78	92
Textura	Franco arenosa	Arenosa	Areno francosa	Franco arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Areno francosa	Arenosa

4.1.1. Descripción de calicatas

Calicata 1: cercana al camino principal en la zona de compost

En la calicata 1, ubicada más cercana al camino principal del Parque en la zona de compost, se observó la presencia de tres estratas en el primer metro de profundidad de suelo, de profundidades 32 cm (estrata 1), 43 cm (estrata 2), y 20 cm (estrata 3) desde la superficie (Tabla 2). La primera estrata (0-32 cm) presentó una textura franco arenosa, pH moderadamente alcalino de 8,18, medianamente salino con una CE de 6,06 mS/cm y altos contenidos de MO (17%), siendo la estrata con mayor CE y MO de todas las estratas descritas, fósforo extremadamente alto, potasio disponible muy alto y extremadamente rico en nitrógeno total. La segunda estrata (32-75 cm) presentó una textura arenosa, pH moderadamente alcalino de 8,42, muy bajo en sales con una CE de 0,76 mS/cm y 0,4% de MO, siendo la estrata con menor contenido de MO del perfil, fósforo medio, potasio disponible muy alto y extremadamente pobre en nitrógeno. Finalmente, la tercera estrata (75-95 cm) tuvo una textura Areno francosa, pH moderadamente alcalino de 7,94, muy bajo en sales con una CE de 0,76 mS/cm y altos contenidos de MO (6,08%), fósforo medio, potasio disponible muy alto y rico en nitrógeno total.

Tabla 2. Descripción de la calicata 1 ubicada en la zona de producción de compost.

0-32	Color 2.5 Y 2.5/1 en seco y 2.5 YR 2.5/1 en húmedo; franco arenosa; granular finos débiles; friable; plástico y levemente adhesivo; pH 8,18; medianamente salino y altos contenido de materia orgánica; Fosforo Olsen extremadamente alto; potasio disponible muy alto; extremadamente rico en nitrógeno total; presencia de ramas y residuos plástico y vidrio.
32-75	Color 5 Y 3/1 en seco y 2.5 Y 3/2 en húmedo; arenosa; sin estructura; suelto; no plástico y no adhesivo; pH 8,42 moderadamente alcalino; muy bajo en sales; fosforo Olsen medio; potasio disponible muy alto; extremadamente pobre en nitrógeno total; presencia de piedras, residuos plástico y vidrio.
75-95	Color 5 Y 2.5/2 en seco y 2.5 YR 2.5/1 en húmedo; areno francosa; granular medios moderados; suelto; levemente plástico y no adhesivo; pH 7,94 moderadamente alcalino; muy ligeramente salino; fosforo Olsen alto; potasio disponible muy alto; rico en nitrógeno total; Presencia de raíces finas poco abundantes y de piedras, residuos plástico y vidrio.

Calicata 2: cercana al deslinde sur del Santuario en la zona de compost

En la calicata 2, ubicada más cercana al deslinde sur del Santuario en la zona de compost, se observó la presencia de tres estratas en el primer metro de profundidad de suelo, de profundidades 16 cm (estrata 1), 62 cm (estrata 2), y 22 cm (estrata 3) desde la superficie (Tabla 3). La primera estrata (0-16 cm) presentó una textura franco arenosa, pH neutro de 7,36, muy ligeramente salino con una CE de 1,14 mS/cm y altos contenidos de MO (7,36%), siendo la estrata con mayor CE y MO del perfil, fósforo alto, potasio disponible muy alto y extremadamente rico en nitrógeno total. La segunda estrata (16-78 cm) presentó una textura arenosa, pH neutro de 7,02, libre de sales con una CE de 0,26 mS/cm y 0,17% de MO, siendo la estrata con menor contenido de MO del perfil, fósforo bajo, potasio disponible medio y extremadamente pobre en nitrógeno. Finalmente, la tercera estrata (> 78 cm) tuvo una textura Arenosa, pH fuertemente alcalino de 9,93, libre de sales con una CE de 0,41 mS/cm y bajos contenidos de MO (0,24%), fósforo bajo, potasio disponible medio y extremadamente pobre en nitrógeno total.

Tabla 3. Descripción de la calicata 2 ubicada en el deslinde sur del Parque en la zona de compost

0-16	Color 2.5 Y 3/1 en seco y 7.5 YR 3/1 en húmedo; Franco arenosa; granular finos débiles; Friable; plástico y levemente adhesivo; pH 7,36 neutral; muy ligeramente salino; alto contenido de materia orgánica; fósforo Olsen muy alto; potasio disponible muy alto; extremadamente rico en nitrógeno total.
16-78	Color 2.5 Y 7/1 en seco y 2.5 Y 3/2 en húmedo; Arenosa; sin estructura; Suelto; no plástico y no adhesivo; pH 7,02 neutral; libre de sales; bajo contenido de materia orgánica; fósforo Olsen bajo; potasio disponible medio; extremadamente pobre en nitrógeno total.
>78	Color 2.5 Y 5/1 en seco y 2.5 Y 2.5/1 en húmedo; Arenosa; sin estructura; Suelto; levemente plástico y no adhesivo; pH 9,93 fuertemente alcalino; libre de sales; bajo contenido de materia orgánica; fósforo Olsen bajo; potasio disponible medio; extremadamente pobre en nitrógeno total.

Calicata 3: cercana al camino principal en la zona de acopio de ramas

En la calicata 3, ubicada más cercana al camino principal del Parque en la zona de acopio de ramas, se observó la presencia de dos estratas en el primer metro de profundidad de suelo, de profundidades 25 cm (estrata 1), 47 cm (estrata 2), desde la superficie y hasta el nivel freático a los 72 cm (Tabla 4). La primera estrata (0-25 cm) presentó una textura arenosa, pH fuertemente alcalino de 8,6, libre de sales con una CE de 0.31 mS/cm y bajo contenido de MO (0,63%), fosforo medio, potasio disponible muy alto y extremadamente pobre en nitrógeno total. La segunda estrata (>25 cm) presentó una textura arenosa, pH fuertemente alcalino de 8,52, libre de sales con una CE de 0,4 mS/cm y bajo contenido de MO (0.18%), fosforo medio, potasio disponible muy alto y extremadamente pobre en nitrógeno.

Tabla 4. Descripción de la calicata 3 ubicada cercana al camino principal en la zona de acopio de ramas.

0-25	Color 2.5 Y 3/2 en seco y 2.5 Y 3/1 en húmedo; Arenosa; Granular finos débiles; suelto; levemente plástico y no adhesivo; pH 8,6 fuertemente alcalino; libre de sales; bajo contenido de materia orgánica; fosforo Olsen medio; potasio disponible muy alto; extremadamente rico en nitrógeno total; Raíces finas abundantes y muy finas abundantes; Poros finos abundantes y muy finos abundantes
>25	Color 2.5 Y 4/1 en seco y 2.5 Y 3/1 en húmedo; Arenosa; Sin estructura; Suelto; no plástico y no adhesivo; pH 8,52 fuertemente alcalino; libre de sales; bajo contenido de materia orgánica; fosforo Olsen medio; potasio disponible muy alto; medio en nitrógeno total.

Calicata 4: cercana al mirador en la zona de acopio de ramas

En la calicata 4, ubicada más cercana al mirador del Santuario en la zona de acopio de ramas, se observó la presencia de tres estratas en el primer metro de profundidad de suelo, de profundidades 37 cm (estrata 1), 29 cm (estrata 2), y 24 cm (estrata 3) desde la superficie hasta el nivel freático a los 90 cm (Tabla 5). La primera estrata (0-37 cm) presentó una textura areno francosa, pH levemente alcalino de 7,63, muy ligeramente salino con una CE de 1,49 mS/cm y altos contenidos de MO (9,45%), siendo la estrata con mayor CE y MO del perfil, fósforo extremadamente alto, potasio disponible muy alto y extremadamente rico en nitrógeno total. La segunda estrata (37-66 cm) consistió en una capa de material de relleno de construcción principalmente escombros de ladrillos y cemento altamente compactado. Finalmente, la tercera estrata (> 66 cm) tuvo una textura arenosa, pH fuertemente alcalino de 8,63, muy bajo en sales con una CE de 0,89 mS/cm y bajos contenidos de MO (0.25%), fósforo medio, potasio disponible muy alto y extremadamente pobre en nitrógeno total.

Tabla 5. Descripción de la calicata 4 ubicada más cercana al mirador en la zona de acopio de ramas.

0-37	Color 5 YR 2.5/1 en seco y 2.5 YR 2.5/1 en húmedo; Areno francosa; granular finos débiles; friable; levemente plástico y no adhesivo; pH 7,63 débilmente alcalino; muy ligeramente salino; alto contenido de materia orgánica; fósforo Olsen extremadamente alto; potasio disponible muy alto; extremadamente rico en nitrógeno total; Raíces finas y muy finas abundantes; Poros finas y muy finas abundantes.
37-66	Material de relleno de construcción, principalmente ladrillos y cemento, altamente compactado.
>66	Color 2.5 Y 4/1 en seco y 2.5 Y 3/1 en húmedo; Arenosa; Sin estructura; Suelto; no plástico y no adhesivo; pH 8,63 fuertemente alcalino; muy bajo en sales; bajo contenido de materia orgánica; fósforo Olsen medio; potasio disponible muy alto; extremadamente pobre en nitrógeno total.

4.2. Caracterización de flora

4.2.1. Resultados generales

En los sectores evaluados para el periodo analizado (invierno), se detectó un total de 39 especies vegetales de las cuales el 66.7% corresponde a especies introducidas ($n= 26$) y el 33.3% a especies nativas ($n=13$). De las especies introducidas el 73% corresponde a especies asilvestradas ($n= 19$). Se observaron diferencias entre zonas evaluadas, la zona con un mayor número de especies asilvestradas fue el perímetro de la zona de chipeo seguido por la zona de ramas y la zona intermedia, con 11, 9 y 7 respectivamente. Todas las zonas tienen presencia de especies asilvestradas siendo la zona intermedia la que tiene un menor número de especies con 11, pero en todas las zonas el porcentaje del número de especies asilvestradas del total de especies detectadas sobrepasa el 59%. Asimismo, hay presencia de especies nativas en todas las zonas, entre 7 a 9 especies según la zona evaluada. La zona con menor número de especies nativas fue la zona intermedia. Las abundancias también varían siendo la especie exótica miosporo (*Myoporum laetum*) la más abundante en la zona perimetral de la zona de chipeo. En la zona intermedia la especie nativa brea (*Tessaria absinthioides*) es la más abundante. En la zona de ramas la especie que domina la especie exótica es la malva (*Malva assurgentiflora*). Cabe señalar que en las dos zonas de uso intensivo las especies dominantes son especies introducidas y clasificadas como asilvestradas. Si bien en la zona intermedia domina una especie nativa, una de las especies codominante corresponde a una especie asilvestrada.

4.2.2. Resultados específicos

En la zona de compost se registraron un total de 24 especies de flora, 8 correspondieron a especies nativas, 1 endémica y 15 especies introducidas, de estas últimas 11 están catalogadas como especies asilvestradas. (Figura 9). En esta zona las especies más abundantes fueron miosporo (*Myoporum laetum*) (arbusto introducido e asilvestrado), brea (*Tessaria absinthioides*) (arbusto nativo) y Chocho (*Lupinus arboreus*) (arbusto introducido e asilvestrado). En la zona de intermedia se registraron 18 especies vegetales; 5 especies nativas, 2 endémicas y 11 introducidas, de estas últimas 7 están catalogadas como especies asilvestradas. En esta zona la especie más abundante fue brea (*Tessaria absinthioides*) (arbusto nativo). Y en la zona de acopio de ramas se registraron un total de 22 especies vegetales; 7 especies nativas, 2 endémicas y 13 introducidas, de estas últimas 9 están catalogadas como especies asilvestradas. En esta zona la especie más abundante fue malva (*Malva*

assurgentiflora) (arbusto introducido e asilvestrado). Si bien en Chile algunas de estas especies no han sido catalogadas como invasoras, estas están descritas como invasoras en otros países, como por ejemplo el miosporo (*Myoporum laetum*) (California Invasive Plant Council, 2000). En la Tabla 6 se presenta el listado de las especies de flora presentes en cada una de las zonas en evaluación.

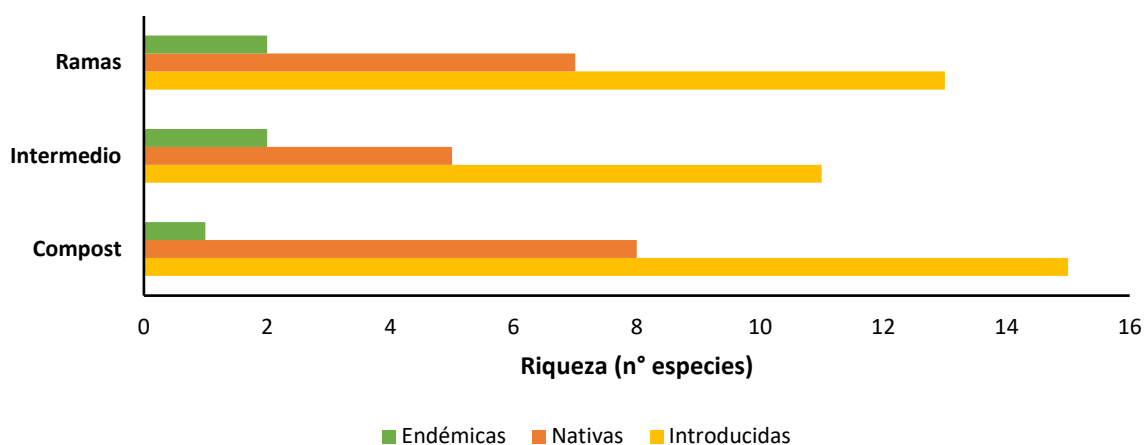


Figura 9. Número de especies endémicas, nativas e introducidas en cada zona en estudio (zona de compost, zona intermedia y zona de ramas).

Tabla 6. Listado de especies de flora presentes (P) en la zona de producción de compost (Compost), zona de acopio de ramas (Ramas) y zona Intermedia, además del hábito de vida y el origen de la especie. * Indica aquellas especies asilvestradas según (Pauchard, 2017).

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Origen	Zona		
				Compost	Ramas	Intermedia
Dragón	<i>Antirrhinum majus</i>	Hierba bienal o perenne	Introducido	P		
Romerillo	<i>Baccharis linearis</i>	Arbusto	Nativo	P	P	
Gaultro	<i>Baccharis macraei</i>	Arbusto	Endémico			
Chilca	<i>Baccharis racemosa</i>	Arbusto	Nativo	P	P	
Nabo*	<i>Brassica rapa</i>	Hierba anual o bienal	Introducido	P		
Correhuela Mayo*	<i>Calystegia sepium</i>	Arbusto trepador	Introducido			
Planta de hielo*	<i>Carpobrotus edulis</i>	Hierba anual	Introducido	P	P	P
Abrepuño*	<i>Centaurea calcitrapa</i>	Hierba anual o bienal	Introducido			
Palqui	<i>Cestrum parqui</i>	Arbusto	Nativo	P		P
Achicoria*	<i>Cichorium intybus</i>	Hierba anual o bienal	Introducido			
Cardo Común*	<i>Cirsium vulgare</i>	Hierba anual o bienal	Introducido			
Cicuta*	<i>Conium maculatum</i>	Hierba anual o bienal	Introducido	P		
Cabello de ángel	<i>Cuscuta chilensis</i>	Hierba parásita anual	Nativo		P	
Dimorfoteca	<i>Dimorphotheca sp</i>	-	Introducido	P	P	
Orgullo de Madeira	<i>Echium candicans</i>	Arbusto	Introducido	P	P	
Pingo-pingo	<i>Ephedra chilensis</i>	Arbusto	Nativo		P	
Manzanillon *	<i>Glebionis coronaria</i>	Hierba anual	Introducido	P	P	
Cola de León	<i>Leonotis leonurus</i>	Arbusto	Introducido			P
Chocho*	<i>Lupinus arboreus</i>	Arbusto	Introducido	P	P	
Coralillo	<i>Lycium chilense</i>	Arbusto	Nativo	P	P	P
Malva	<i>Malva arborea</i>	Arbusto	Introducido		P	P
Malva*	<i>Malva assurgentiflora</i>	Arbusto	Introducido	P	P	P
Malva del campo*	<i>Malva sylvestris</i>	Hierba anual	Introducido	P	P	P

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Origen	Zona		
				Compost	Ramas	Intermedia
Maitén	<i>Maytenus boaria</i>	Árbol	Nativo	P		
Quilo	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Arbusto	Nativo	P		P
Miosporo*	<i>Myoporum laetum</i>	Arbusto o árbol pequeño	Introducido	P	P	P
Albicia amarilla	<i>Paraserianthes lophantha</i>	Árbol pequeño	Introducido	P	P	P
Palma Canaria	<i>Phoenix canariensis</i>	Palma	Introducido			P
Higuerilla*	<i>Ricinus communis</i>	Hierba o subarbusto perenne	Introducido	P	P	P
Zarzamora*	<i>Rubus ulmifolius</i>	Arbusto	Introducido		P	
Vinagrillo*	<i>Rumex acetosella</i>	Hierba perenne	Introducido	P		
Molle	<i>Schinus latifolia</i>	Árbol	Endémico		P	P
Senecio*	<i>Senecio angulatus</i>	Arbusto trepador	Introducido		P	P
Cardo mariano*	<i>Silybum marianum</i>	Hierba anual o bienal	Introducido	P		
Hierba mora	<i>Solanum furcatum</i>	Hierba perenne	Nativo	P	P	P
Serilla	<i>Solanum pinnatum</i>	Subarbusto	Endémico	P	P	P
Brea	<i>Tessaria absinthioides</i>	Arbusto	Nativo	P	P	P
Falsa espinaca*	<i>Tetragonia tetragonoides</i>	Hierba anual	Introducido			P
Clonqui *	<i>Xanthium spinosum</i>	Hierba anual	Introducido			

4.3. Caracterización de fauna

4.3.1. Aves

En el periodo analizado (invierno), se detectaron 24 especies de aves diferentes, una de ellas endémica y todas en categoría de riesgo menor (Tabla 7). Algunas de estas especies se encuentran tanto en la ciudad como en zonas naturales (e.g. zorzal, tordo, peuco). Aunque debido a sus restricciones dietarias o de hábitat otras se pueden solo observar en zonas naturales (e.g. carpinterito, chunco). En términos de los hábitos dietarios la gran mayoría (83%) incorpora dentro de su dieta semillas y/o insectos. Además, hay algunas especies de depredadores generalistas como el peuco (*Parabuteo unicinctus*) y el chunco (*Glaucidium nana*). Hay dos especies que tienen requerimientos más específicos como el picaflor (*Sephanoides sephaniodes*) que se alimenta exclusivamente de polen y néctar, y el carpinterito (*Dryobates lignarius*) que se alimenta de gusanos, larvas e insectos específicamente en troncos podridos.

Tabla 7. Lista de especies identificadas en los cuatro puntos de muestreo.¹ Fuente Aves de Chile, *Especie endémica.

Nombre común	Nombre científico	Alimentación ¹
Mero	<i>Agriornis lividus</i>	Insectos, huevos, vertebrados y mamíferos pequeños
Cachudito	<i>Anairetes parulus</i>	Pequeños insectos, semillas
Codorniz	<i>Callipepla californica</i>	Semillas, hojas, granos e invertebrados
Jote cabeza colorada	<i>Cathartes aura</i>	Carroña
Viudita	<i>Colorhamphus parvirostris</i>	Insectos
Tortolita cuyana	<i>Columbina picui</i>	Semillas y granos
Tordo	<i>Curaeus curaeus</i>	Omnívoro
Carpinterito	<i>Dryobates lignarius</i>	Gusanos, larvas e insectos
Chunco	<i>Glaucidium nana</i>	Aves, insectos, mamíferos y reptiles
Tijeral	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Insectos
Tenca	<i>Mimus thenca</i>	Omnívoro
Peuco	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Conejos, ratones, sapos y lagartijas
Diucón	<i>Pyrope pyrope</i>	Insectos, frutos silvestres
Yal	<i>Rhopospina fruticeti</i>	Semillas, frutos e insectos
Churrin del norte*	<i>Scytalopus fuscus</i>	Insectos y larvas
Picaflor	<i>Sephanoides sephaniodes</i>	Polen y néctar
Chirihue	<i>Sicalis luteola</i>	Semillas
Jilguero	<i>Spinus barbatus</i>	Semillas
Golondrina Chilena	<i>Tachycineta leucopyga</i>	Insectos
Chercan	<i>Troglodytes aedon</i>	Insectos
Zorzal	<i>Turdus falcklandii</i>	Lombrices, caracoles, frutos
Bandurrilla de los bosques	<i>Upucerthia saturator</i>	Insectos
Tortola	<i>Zenaida auriculata</i>	Semillas
Chincol	<i>Zonotrichia capensis</i>	Semillas, frutas y artrópodos



Figura 10. Fotografías de aves identificados en las zonas de muestreadas.

4.3.2. Insectos

a) Resultados generales

Para el periodo analizado (invierno), se detectaron un total de 51 especies diferentes. Se observó que las zonas con mayor riqueza fue la zona de chipeo y compostaje, seguido por la zona de intermedia y la zona con acumulación de ramas, con un total de 28, 27 y 23 morfoespecies diferentes. Los órdenes más abundantes fueron Collembola en la zona de compostaje (65%) y la zona de acumulación de ramas (64%). El orden más abundante en la zona intermedia fue Díptera con 49%.

Los cambios en abundancias y composición pueden estar asociados, especialmente del orden Collembola, a la disponibilidad de biomasa disponible. Las especies del orden Collembola son reconocidas por ser descomponedores primarios por lo que hay una correlación directa entre abundancia y cantidad de biomasa disponible. Justamente este escenario es el que se observa en las zonas de chipeo y acumulación de ramas. Por otro lado, en zonas de regeneración natural la literatura sugiere que hay una disminución de especies del orden Collembola y un aumento de especies de insectos, lo que se justamente se observa en la zona intermedia.

b) Resultados específicos

En la zona de compostaje se detectaron solo 8 órdenes, de los cuales el con un mayor número de morfoespecies fue el orden Coleóptera con 10, seguido del orden Díptera con 6 y el orden Aranea con 5. El resto de los órdenes estuvieron subrepresentados con 3 morfoespecies para Himenóptera y solo 1 para los órdenes Acari, Collembola, Dermáptera y Hemíptera (Tabla 8). Se colectaron un total de 737 individuos en la zona de compostaje, siendo el orden Collembola y Díptera los más abundantes, con 64.6% y 20.9% respectivamente. Cabe destacar que los individuos del orden Collembola colectados correspondieron a una sola morfoespecie. El resto de los individuos identificados representaron el 12.5%, donde los órdenes Coleóptera, Himenóptera y Acari representaron el 4.9%, 3.9% y 3.7% del total respectivamente. Con menos del 2% los órdenes Aránea, Dermáptera y Hemíptera fueron los menos abundantes (Tabla 9).

La zona de acumulación de ramas se identificaron 10 órdenes distintos, siendo Coleóptera el que tuvo una mayor representación de morfoespecies con 6 y seguido por Díptera con 6 morfoespecies diferentes. Los órdenes con un número intermedio de morfoespecies fueron Aránea e Himenóptera con 3 respectivamente y Hemíptera con 2 morfoespecies. Los órdenes subrepresentados fueron

Blattodea, Collembola, Diplopoda e Isópoda con una morfoespecie respectivamente. En esta zona de acumulación de ramas se colectó un total de 898 individuos, de los cuales el 70% correspondió al orden Collembola, el 12.2% a Díptera y el 10.2% al orden Isópoda. Cabe destacar que el orden Collembola estaba representado solo por una morfoespecie. Menos del 1% correspondió a 4 órdenes de los identificados, aunque este bajo porcentaje representa a 6 morfoespecies diferentes que corresponde al 26% de las morfoespecies identificadas (Tabla 8 y Tabla 9).

En la zona intermedia se detectaron 12 órdenes diferentes siendo los órdenes Coleóptera y Díptera los que tuvieron un mayor número de morfoespecies con 7 y 6 respectivamente. El orden Aránea tuvo un número de morfoespecies intermedio con 4 morfoespecies. Los 9 órdenes restantes tuvieron un número de entre 1 a 2 morfoespecies (Tabla 8). Se colectaron un total de 334 individuos, los cuales provenían en su mayoría solo de 3 órdenes, Díptera (49.1%), Collembola (19.5%) y Coleóptera (11.1%). Un segundo grupo de órdenes concentro el 17.4% del total de individuos, representado por Acari (9%), Isópoda (6%) e Himenóptera (2.4%). El porcentaje de individuos restante (3%) se divide entre 6 órdenes. Es interesante destacar que algunos de los órdenes están representados solo por una morfoespecie como por ejemplo Orthoptera y Psocoptera.



Figura 11. Ejemplo de insectos del orden Coleóptera identificados en las zonas de muestreadas.

Tabla 8. Riqueza (N° de morfoespecies) relativa (%) por orden y zona muestreada.

Orden	Compostaje		Ramas		Intermedia		Total
	N° especies	%	N° especies	%	N° especies	%	
Acari	1	3.6	0	0.0	1	3.7	2
Aranea	5	17.9	3	13.0	4	14.8	12
Blattodea	0	0.0	1	4.3	1	3.7	2
Coleoptera	10	35.7	6	26.1	7	25.9	23
Collembola	1	3.6	1	4.3	1	3.7	3
Dermaptera	1	3.6	0	0.0	1	3.7	2
Diplopoda	0	0.0	1	4.3	1	3.7	2
Diptera	6	21.4	4	17.4	6	22.2	16
Hemiptera	1	3.6	2	8.7	0	0.0	3
Hymenoptera	3	10.7	3	13.0	2	7.4	8
Isopoda	0	0.0	1	4.3	1	3.7	2
N.N.	0	0.0	1	4.3	0	0.0	1
Orthoptera	0	0.0	0	0.0	1	3.7	1
Psocoptera	0	0.0	0	0.0	1	3.7	1
Total	28	100	23	100	27	100	278

Tabla 9. Abundancia (N° de individuos) y abundancia relativa (%) por orden y zona muestreada.

Orden	Compostaje		Ramas		Intermedia		Total
	N° especies	%	N° especies	%	N° especies	%	
Acari	27	3.7	0	0.0	30	9.0	57
Aranea	11	1.5	3	0.3	4	1.2	18
Blattodea	0	0.0	2	0.2	1	0.3	3
Coleoptera	36	4.9	30	3.3	37	11.1	103
Collembola	476	64.6	629	70.0	65	19.5	1170
Dermaptera	1	0.1	0	0.0	2	0.6	3
Diplopoda	0	0.0	1	0.1	1	0.3	2
Diptera	154	20.9	110	12.2	164	49.1	428
Hemiptera	3	0.4	2	0.2	0	0.0	5
Hymenoptera	29	3.9	28	3.1	8	2.4	65
Isopoda	0	0.0	92	10.2	20	6.0	112
N.N.	0	0.0	1	0.1	0	0.0	1
Orthoptera	0	0.0	0	0.0	1	0.3	1
Psocoptera	0	0.0	0	0.0	1	0.3	1
Total	737	100	898	100	334	100	2169

4.3.3. Micromamíferos

En el periodo analizado (invierno), solo se detectaron dos especies de micromamíferos, una nativa ratón oliváceo (*Abrothrix olivacea*) y otra introducida invasora rata noruega (*Rattus norvegicus*) (figura 12). La abundancia del ratón oliváceo fue mayor en la zona intermedia, seguida por la zona de chipeo y la zona de acumulación de ramas, con 6, 3 y 1 individuo capturado. La abundancia del guarén fue mayor en la zona de ramas con 9 individuos capturados. La zona de chipeo e intermedia tuvieron el mismo de individuos capturados que correspondió a 4 individuos capturados. Los datos indican que el ratón oliváceo está haciendo uso mayoritariamente de la zona intermedia y la zona de chipeo, aunque probablemente la zona de chipeo la use solo para alimentarse y no como refugio (Tabla 10). Las cámaras trampa solo registraron un individuo de rata noruega (*Rattus norvegicus*) usando el espacio de acumulación de ramas (figura 13).

Tabla 10. Número de individuos capturados por zona muestreada.

Nombre común	Nombre científico	Zona chipeo	Zona ramas	Zona intermedia
Rata noruega	<i>Rattus norvegicus</i>	4	9	4
Ratón oliváceo	<i>Abrothrix olivacea</i>	3	1	6



Figura 12. Individuo capturado e individuo liberado ratón oliváceo (*Abrothrix olivacea*).



Figura 13. Individuo captado por las cámaras trampa rata noruega (*Rattus norvegicus*)

5. Estado actual de zonas de uso intensivo

Las tres zonas evaluadas consisten en áreas altamente perturbadas, ya sea en el pasado o en la actualidad, algunos de ellas con factores de perturbación en acción (zona compostaje) otros estables. El principal factor de perturbación en la zona de producción de compost es la actividad en sí misma, dado que considera el armado y volteo de pilas de compost además del tránsito de maquinaria pesada. Por otra parte, los principales factores de perturbación de la zona de acopio de ramas son la presencia de desechos de distinto origen (e.g. escombros, vidrio, plásticos) y presencia de especies introducidas (e.g. *Rattus norvegicus*). Por otro lado, hay una baja probabilidad de que las ramas se descompongan, generando zonas que son difíciles de colonizar por plantas. La zona intermedia, no presenta factores de perturbación activos, pero si un proceso de invasión por especies introducidas (e.g. miosporo). Por otro lado, las tres zonas han estado expuestas a incendios en el pasado (e.g. año 2006) que han favorecido la pérdida de cubierta vegetal y la colonización de especies introducidas.

Todas las zonas requieren de alguna intervención que tenga como objetivo la recuperación de estas. Los objetivos definidos variaran debido a que algunas zonas han estado bajo presión por mayor tiempo y de forma continua, las recomendaciones deberían ser diferentes para cada una de las zonas. Siendo la zona de compostaje junto con la de acumulación de ramas, las zonas que requerirán de actividades más invasivas para mejorar las condiciones de sitio. De las tres zonas solo una zona (intermedia) tiene las condiciones que propiciarían una rehabilitación sin mayores

problemas. En esta zona se observa un proceso sucesional primario, dominado por una especie nativa, pero con especies codominantes introducidas. La presencia actual de especies vegetales nativas, micromamíferos nativos e insectos, indicarían que no hay problemas *a priori* que puedan impedir el establecimiento de plantas. Para todas las zonas, hay que considerar que hay ciertas limitaciones por el tipo de suelo, la napa freática, salinidad y algunos nutrientes en altas concentraciones, que requieren un monitoreo constante.

De todas maneras, para todas las zonas evaluadas, se prevé que la trayectoria futura, sin mediar intervención, derive en sistemas nuevos donde potencialmente dominen especies introducidas. Por ejemplo, el caso de Miosporo (*Myoporum laetum*) donde las imágenes aéreas y satelitales muestran el avance y la colonización de diferentes áreas del santuario por parte de esta especie en los últimos 30 años. Esta especie es reconocida por competir con las especies nativas, debido a su alta producción de semillas y su alta tasa de crecimiento en comparación con las especies nativas, puede colonizar rápidamente las zonas donde se encuentra. Por otro lado, tiene un grado de inflamabilidad alto que puede acelerar la propagación de incendios (California Invasive Plant Council, 2000).

El estado actual de cada zona se resume en la Figura 144, donde se muestran distintos atributos de las áreas y su actual nivel de recuperación.

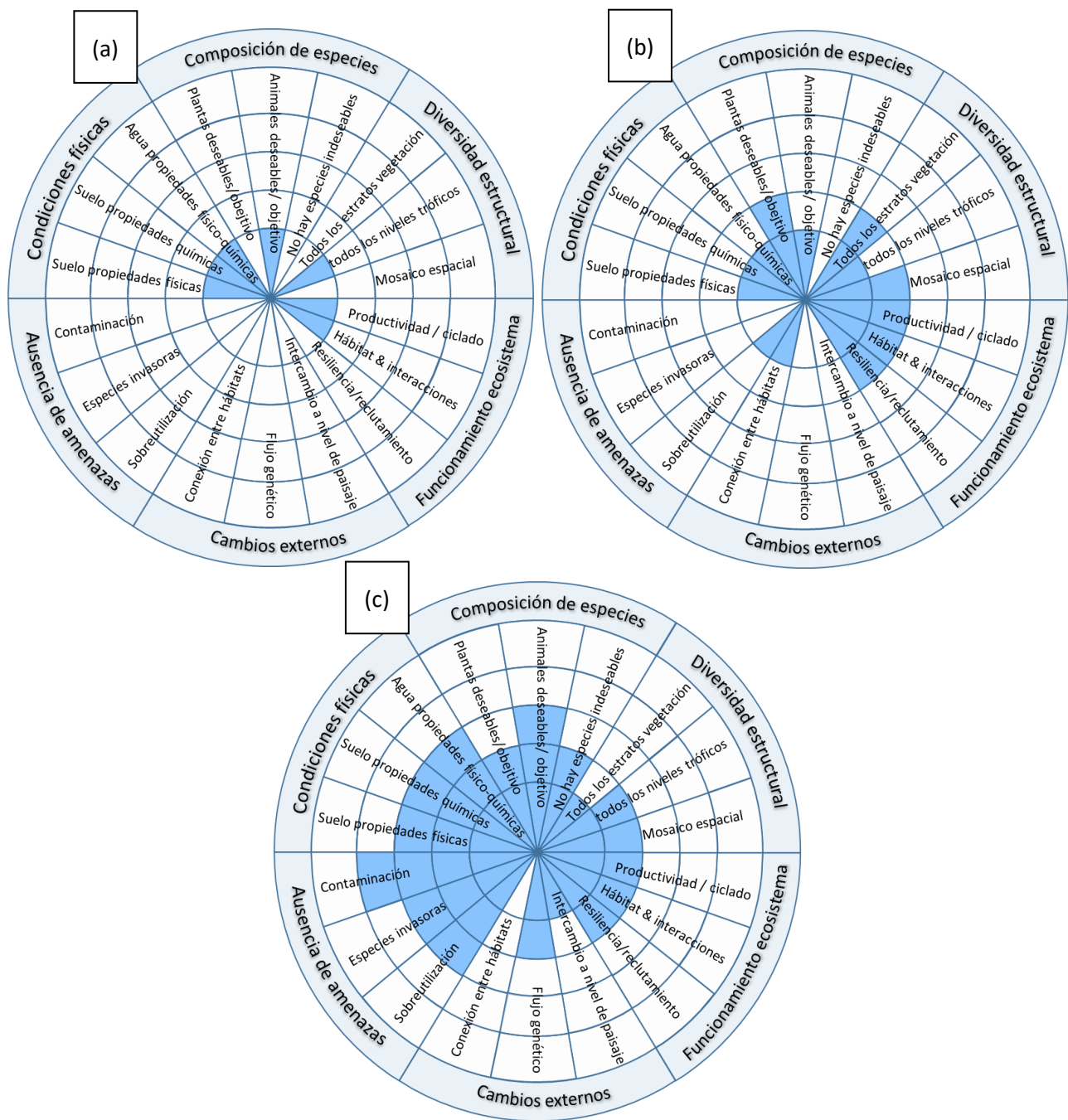


Figura 144. Diagramas indican el estado actual de los sitios utilizando la información recopilada y las observaciones hechas en terreno, (a) zona compostaje, (b) zona acumulación de ramas y (c) zona intermedia. Los diagramas permiten comparar la recuperación de los sitios luego de realizar las actividades de rehabilitación, basados en McDonald et al. 2016.

6. Plan de remediación y rehabilitación: criterios generales

La condición de suelo refleja altos niveles de perturbación por acumulación de materiales de distinto tipo en superficie. La opción de remoción de desechos debe ser evaluada siempre que no se generen perturbaciones mayores de compactación. Por ejemplo, realizar remociones manuales o usar maquinaria que pueda recoger los desechos desde los senderos sin ingresar a las zonas de acumulación que son sensibles a la compactación. Los triturados de poda o compost se pueden utilizar como una cubierta superior para favorecer el control de malezas (chipeado de ramas) y ayudar a la nueva estrategia de revegetación que se defina, ya que los suelos arenosos pueden ser un impedimento en la estrategia de revegetación natural. Los niveles de subida de la napa freática y las concentraciones de fósforo en las estratas inferiores indican que las aguas que descargan en el humedal están afectadas por los usos de las aguas que descargan a los “afluentes” y afectan las propiedades del suelo, pero no deberían ser un problema para la adaptación del tipo de vegetación que crece en el sector. La condición arenosa, limitará la capacidad de retención de agua, por lo que se debe evaluar la condición de estrés hídrico durante el verano en las fases iniciales de arraigo de vegetación (2 años). En el proceso de recuperación de los suelos, será clave controlar la salinidad, reducir la compactación por tráfico y adaptarse a la condición de texturas arenosas dominantes en el lugar.

En términos de especies a usar en las zonas reclamadas y/o rehabilitadas se recomienda utilizar las especies nativas ya presentes en el lugar en una primera instancia. Aunque esto estará supeditado a las especies disponibles en los viveros, al menos durante el primer año. De ser necesarios, se puede coleccionar material vegetativo (e.g. semillas) de las especies no disponibles en los viveros para que sean producidas a pedido. Los análisis del componente suelo muestran que hay algunas restricciones especialmente en profundidad, ya sea por cercanía de la napa freática a las estratas superiores de suelo, niveles alterados de algunos parámetros y/o por impedimentos mecánicos a la penetración de las raíces (relleno de escombros en la zona de acopio de ramas). Por esto se recomienda preferir especies nativas que ya estén creciendo en el lugar, evidencia inequívoca de que se pueden desarrollar bajo las condiciones actuales de sitio. Toda intervención, debe considerar el uso de exclusiones o cercos para evitar la herbivoría. Se pueden emplear metodologías de plantación, ya sea usando núcleos (zona acumulación de ramas) o extensiva (zona de chipeo), siempre y cuando se limite el acceso a herbívoros. Se recomienda diseñar un programa de erradicación de especies vegetales exóticas, especialmente asilvestradas e invasoras, de corto,

mediano y largo plazo. Además de un programa de monitoreo continuo. La razón principal se centra en que las zonas intervenidas (chipeo y acumulación de ramas), serán zonas con condiciones ideales para la colonización de especies generalistas. Este plan de erradicación debe considerar intervenciones paulatinas que no pongan en peligro las fuentes de alimento de la fauna nativa. Especialmente especies con dietas específicas (e.g. néctar) y sensibles a cambios de temporada como por ejemplo el picaflor (*Sephanoides sephaniodes*). Si esto no es posible, se debe evaluar suplementar la dieta de estas especies especialmente durante invierno donde hay una mayor escasez de alimento. En el caso del picaflor, bebederos de agua con azúcar pueden ser instalados en lugares estratégicos. Si bien este estudio no detectó otras especies de mamíferos nativos, hay registros de zorros (*Lycalopex spp*) y quiques (*Galictis cuja*). Este último se podría ver afectado por la remoción de ramas, ya que podría ser una zona que utiliza como refugio. Se recomienda realizar un proceso de captura y relocalización hacia una zona donde pueda tener el mismo nivel de protección como, por ejemplo, la Reserva Nacional el Yali. De no ser posible trasladarlos, se puede contactar un centro de rescate de fauna para evaluar su estadía en ese lugar hasta que se puedan generar nuevamente zonas que puedan servir de refugio.

Como recomendación general se debe elaborar un plan de erradicación focalizado en la especie rata noruega (*Rattus norvegicus*) principalmente debido a que se alimenta de semillas y plántulas, otros animales pequeños, así como también de huevos de aves. Este plan se debe ejecutar de manera intensiva hasta disminuir la densidad de rata noruega que no presente competencia para la especie nativa ratón oliváceo (*Abrothrix olivácea*). Se sugiere que el programa de erradicación contemple el uso de trampas, evitando el uso de cebos o veneno. Los individuos de la especie objetivo deben ser sometidos a eutanasia, previamente anestesiados, por medio de dislocación cervical. Este plan debe ser desarrollado y ejecutado por profesionales certificados con el respectivo permiso del SAG. De todas maneras, se recomienda que en el mediano o largo plazo se invierta en el cercado de todo el santuario para evitar la recolonización de especies de mamíferos introducidos (e.g. [Xcluder®](#)). Las actividades de erradicación deberían realizarse antes de la remoción de las ramas para evitar que esta especie colonice las zonas que habita el ratón oliváceo (*Abrothrix olivácea*) y debe mantenerse en el tiempo como control y monitoreo. No se espera un impacto mayor sobre el ratón oliváceo al realizar actividades de remoción de rama, ya que esas zonas son usadas en mayor medida por la rata noruega.

Se sugiere realizar las actividades de la zona de compostaje primero para generar nuevo hábitat para los roedores y otra fauna nativa. Luego intervenir la zona de acumulación de ramas para

terminar con la zona intermedia. Además, se recomienda hacer una evaluación de zonas que ya están alteradas que puedan servir como zonas de acumulación de material y maquinaria, para no habilitar otras zonas y evitar un mayor impacto de las actividades.

Debido a que el área estudiada presenta tres zonas con diferentes niveles de degradación y factores de alteración, esta sección se entregaran recomendaciones específicas por zona, las que se presentan de manera resumida en la Tabla 11:

a) Zona compostaje

Una de las primeras actividades será la eliminación de las actividades industriales intensivas. Si bien se deben eliminar las pilas de volteo, el compost producido puede ser utilizado en las actividades de plantación. Debido al constante tránsito de maquinaria, el suelo puede presentar un cierto grado de compactación, por lo que un subsolado superficial es recomendable junto con la integración de materia orgánica (e.g compost). Posterior a esta actividad se deben monitorear algunas variables de suelo como contenido de materia orgánica, nitrógeno, pH, conductividad y compactación, para cerciorarse que las actividades realizadas no han cambiado negativamente las condiciones para el establecimiento de plantas. Se sugiere comenzar por la reintroducción de especies nativas de etapas sucesionales primarias tanto herbáceas como arbustivas, de preferencia ya presentes en el santuario como *Baccharis* spp, brea (*Tessaria absinthioides*), esparto (*Solanum pinnatum*), molle (*Schinus latifolius*), quilo (*Muehlenbeckia hastulata*) y palqui (*Cestrum parqui*). El objetivo es lograr una cobertura vegetal rápida que genere múltiples estratos. La plantación se debe realizar de forma aleatoria o en grupos de individuos. Se recomienda el uso de protección contra herbívoros, individual (e.g. shelters, malla) y/o un cierre perimetral apropiado. Se recomienda el uso de ahoyadora para realizar los orificios de plantación junto con técnicas de facilitación (e.g. nodriza, nucleación). Evitar plantaciones en hilera que visualmente dan una apariencia artificial y que tampoco cumplirán con algunos servicios ecosistémicos esperados. Es crítico evitar la compactación del suelo por lo que se sugiere no usar maquinaria de ningún tipo una vez preparada y plantada la zona.

El tamaño de las plantas es importante por lo que, se deben evitar excesivamente grandes o demasiado pequeñas; dependiendo de la especie un tamaño apropiado es entre 20 a 35 cm. Se debe trabajar con el vivero seleccionado para realizar un manejo de las plantas que disminuya el estrés post trasplante, como por ejemplo disminuir el riego en semanas previas al trasplante, entre otras. La zona tiene buena disponibilidad hídrica debido a la influencia marina y la cercanía de la napa

freática, por lo que se debe ser cuidadoso con el riego. Por último, es recomendable la construcción de refugios para las especies de micromamíferos nativos, estos pueden ser pircas, acumulación de rocas y troncos, distribuidos de forma aleatoria en la zona intervenida.

b) Zona acumulación ramas

Uno de los principales problemas es la acumulación de ramas y escombros. Las pilas de ramas hacen difícil la reintroducción de especies de plantas nativas y su posterior colonización. Por otro lado, estas ramas no logran incorporarse al suelo ni descomponerse. La remoción de las ramas se debe efectuar, en lo posible desde los senderos o áreas ya impactadas, con una retroexcavadora o similar de brazo largo con accesorio prensil (pinzas o garfios). Las zonas despejadas se pueden usar para transitar con la retroexcavadora para aumentar el área de acción del brazo de esta. Para acelerar el proceso debería haber una zona de carga del material en un camión liviano (Figura 15). Hay algunas zonas a las que la retroexcavadora no podrá acceder. En esos casos se puede hacer una remoción manual con apoyo de una excavadora pequeña (e.g. bobcat). La pala puede ser cargada de forma manual y el material se podría retirar hasta un sendero o área ya impactada para que sea removido por la retroexcavadora más grande y cargado en el camión (Figura 15).

Las ramas deben ser chiheadas antes de ser transportadas fuera del humedal. Se recomienda realizar una estimación del volumen de ramas a procesar. Esto facilitará la toma de decisiones en términos de que maquinaria usar, zona de acopio y transporte del material que no sea utilizado fuera del humedal. El proceso de chiheada tiene dos objetivos, el primero es hacer más fácil el transporte y segundo usar un porcentaje de este material en las actividades de preparación del suelo. El material que no se utilice puede ser utilizado en áreas verdes de la municipalidad, ser donado a otros proyectos de revegetación o llevado a un centro de compostaje. El proceso de chiheada debería llevarse a cabo en la zona de compostaje para evitar generar impactos adicionales en el área. En caso de que no se pueda usar el espacio actualmente usado para estas labores, se podría evaluar usar un área alternativa al fondo del área compostaje.



Figura 15. Diagrama que muestra la zonificación ideal durante las labores de remoción y procesamiento de ramas

Las pilas de ramas generaran zonas desprovistas de vegetación que están compuestas por un estrato de material correspondiente a escombros y diversos desechos. Se recomienda eliminar todo desecho superficial y distribuir homogéneamente el material chipeado. En las nuevas zonas creadas luego de la eliminación de las ramas, en algunos casos ya estarán rodeadas de una mezcla de vegetación nativa e introducida. Se recomienda eliminar todos los individuos de especies introducidas al menos a 5 metros de esta zona, para evitar la recolonización del área. Posteriormente se deben realizar exclusiones de estas nuevas zonas, para delimitar las zonas intervenidas y para protegerlas de herbívoros. Debido al potencial paso de maquinaria para remover las ramas se puede generar un impacto de compactación menor. Para revertir este efecto se pueden utilizar herramientas manuales (e.g. chuzo) para “soltar” el suelo. Dentro de estas exclusiones, se aconseja plantar las mismas especies que en la zona de compostaje, siguiendo las mismas recomendaciones, de manera aleatoria dentro de la exclusión. Si las zonas quedan muy expuestas al viento se recomienda agregar malla raschel a la malla perimetral.

c) Zona intermedia

Esta zona se ha recuperado pasivamente desde las últimas intervenciones en el área y ya tiene evidencia de ser un sistema capaz de ofrecer condiciones para la regeneración y el reclutamiento de especies vegetales. Lamentablemente, estas condiciones no solo favorecen a especies nativas, sino que también a especies introducidas. En esta zona se debe aplicar un plan de erradicación de especies vegetales introducidas, especialmente de especies arbustivas y arbóreas. Por ejemplo, se aprecia un proceso de expansión y colonización de miosporo (*Myoporum laetum*) hacia esta zona. Se debe aumentar la densidad de especies de plantas nativas sugeridas para las otras zonas, junto con protecciones individuales contra la herbivoría. En esta zona se puede realizar una plantación aleatoria usando las especies nativas ya establecidas, como nodrizas para especies que requieran sombra o en parches donde no haya vegetación presente. De todas maneras, todas estas intervenciones deberían ser incluidas y detalladas en un plan de restauración para el santuario. Si el presupuesto lo permite sería adecuado además contar con un cierre perimetral.

Tabla 11. Acciones de restauración propuestas para las diferentes zonas en estudio, etapa y componente al que contribuyen, junto al indicador y tiempo de ejecución.

Etap	Componente	Zona	Acción	Indicador	Tiempo (años= / periodicidad)
Implementación	Suelo	Ramas	Remoción de ramas y chipeo	Número de pilas de ramas, volumen de material chipeado	Duración estimada 3 semanas
Implementación	Suelo	Compostaje	Remoción de pilas y preparación suelo (e.g. subsolado)	Número de pilas, presencia de irregularidades en estrato superficial de suelo	Duración estimada un mes
Implementación y monitoreo	Suelo	Compostaje y ramas	Monitoreo suelo	Análisis de suelo, especialmente nutrientes y propiedades alteradas (e.g. P, nitrógeno, salinidad)	0-2 / 6 meses. 0-5 / anual En adelante bianual
Implementación	Suelo	Ramas	Remoción de desechos superficiales y preparación suelo (e.g. subsolado)	Superficie del suelo sin desechos aparentes, presencia de irregularidades en estrato superficial de suelo	Duración estimada una semana
Implementación	Suelo	Compostaje y ramas	Distribución de material chipeado y compost	Cubierta de biomasa procesada en superficie suelo (2 a 5 cm)	Duración estimada una semana
Monitoreo	Vegetación	Todas las zonas	Erradicación especies vegetales introducidas	Abundancia de especies indeseadas	Constante
Implementación y monitoreo	Vegetación	Todas las zonas	Plantación de nuevos individuos	Densidad y cobertura vegetal, sobrevivencia, diámetro altura cuello, crecimiento	Primeros tres meses evaluación semanal (sobrevivencia) Primer año mensual Segundo año bimensual Luego semestral
Implementación	Vegetación	Ramas	Construcción exclusiones y erradicación especies dentro y fuera	Número de exclusiones construidas, Presencia de especies indeseadas	Construcción exclusiones y preparación suelo: Tres semanas Erradicación: evaluación constante
Implementación y monitoreo	Fauna	Todas las zonas	Erradicación especies exóticas	Abundancia de especies indeseadas (número de individuos capturados)	Antes de intervenir el sitio: captura intensiva y eutanasia. Duración relativa al número de capturas (aproximadamente 3 semanas) Constante. Cada tres meses trampeo de evaluación.
Implementación y monitoreo	Fauna	Ramas	Captura y traslado especies sensibles	Presencia especies nativas sensibles a la remoción de ramas (e.g. quique)	Evaluación inicial y captura (2 semanas)
Implementación	Fauna	Compostaje	Construcción refugios	Número de pircas y pilas de rocas	Evaluación veterinaria y liberación (3 días) Duración 2 semanas

7. Referencias

- Alexander, S., & McInnes, R. (2012). *Los beneficios de la restauración de humedales*.
- Barbier, E. B. (2018). The value of coastal wetland ecosystem services. In *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach* (pp. 947–964). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63893-9.00027-7>
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. In *Ecological Monographs* (Vol. 81, Issue 2, pp. 169–193). <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Blackwell, M. S. A., & Pilgrim, E. S. (2011). Ecosystem services delivered by small-scale wetlands. *Hydrological Sciences Journal*, 56(8), 1467–1484. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.630317>
- California Invasive Plant Council. (2000). *Invasive species of California's wildlands*. (C. C. Bossard, J. M. Randall, & M. C. Hoshovsky, Eds.).
- CMNUCC. (2018). *Los humedales están desapareciendo tres veces más rápido que los bosques*. <https://unfccc.int/es/news/los-humedales-estan-desapareciendo-tres-veces-mas-rapido-que-los-bosques>
- Consejo de Monumentos Nacionales de Chile. (2020). *Humedal Río Maipo*. <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/santuarios-de-la-naturaleza/humedal-rio-maipo>
- Contreras López, M., Zuleta Ramos, C., Fariña, J. M., Larraguibel González, C., & Salcedo Castro, J. (2021). *Informe final propuesta técnica delimitación del Humedal de Mantagua e identificación de áreas prioritarias a restaurar en la cuenca asociada (Piloto Región de Valparaíso)*.
- Contreras-López, M., Figueroa-Sterquel, R., Salcedo-Castro, J., Vergara-Cortés, H., Zuleta, C., Bravo, V., Piñones, C., Contreras-López, M., Figueroa-Sterquel, R., Salcedo-Castro, J., Vergara-Cortés, H., Zuleta, C., Bravo, V., Piñones, C., & Cortés-Molina, F. (2017). Vulnerabilidad de las zonas costeras de latinoamérica al cambio climático. In *Vulnerabilidad de las zonas costeras de latinoamérica al cambio climático* (pp. 227–246).

- Davidson, N. C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934–941. <https://doi.org/10.1071/MF14173>
- Flores Toro, L., Contreras-López, M., Figueroa Sterquel, R., & Arenas Martija, A. (2022). *Humedal costero de Mantagua. Un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile central*.
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- GEF humedales costeros. (2022a). *Humedal de Mantagua. Región de Valparaíso*. <https://gefhumedales.mma.gob.cl/pilotos/humedal-de-mantagua/>
- GEF humedales costeros. (2022b). *Proyecto GEF Humedales Costeros propone acciones de restauración ecológica para cinco humedales del país*.
- Meza Ramírez, V., De Kartzow Sánchez, P., Contreras López, M., Castro, C. R., Pérez, C. J., Sterquel, R. F., Jamett, E. Q., Bustillos Portales, G., & Cl, V. M. (2013). *Restauración Ecológica del sitio Ramsar N° 878 (Reserva Nacional El Yali, litoral Chile central) afectado por el tsunami local de 2010: efectos del cambio climático y sensibilización de la comunidad*.
- Ministerio de Educación Pública. (1970). *Ley 17.288*. Biblioteca Del Congreso Nacional. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=28892&buscar=ley%2B20.021>
- Ministerio de Medio Ambiente. (1994). *Ley 19.300*. In *Biblioteca del Congreso Nacional*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2017). *Chile tiene 18 mil humedales y solo el 2% de ellos cuenta con algún tipo de protección*. <https://mma.gob.cl/chile-tiene-18-mil-humedales-y-solo-el-2-de-ellos-cuenta-con-algun-tipo-de-proteccion/>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2020). *Ley 21.202*. In *Biblioteca del Congreso Nacional*. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1141461&idVersion=&idLey=&tipoVersion=&cve=&i=>

- Ministerio de Medio Ambiente. (2022). *Estrategia Nacional de Conservación de Aves 2021 - 2030*.
<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/Estrategia-Nacional-de-Conservacio%CC%81n-de-Aves-2021-2030.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente, & ONU. (2021). *Guía de buenas prácticas ambientales en Humedales Costeros de Chile*.
- Ministerio de Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, & GEF. (2017). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030*. www.theGEF.org
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (1981). Decreto 771. In *Biblioteca del Congreso Nacional*.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=15511>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022* (pp. 7–32).
- Mishra, N. B. (2014). Wetlands: Remote Sensing. *Encyclopedia of Natural Resources: Land*, 566–574.
<https://doi.org/10.1081/E-ENRL-120049156>
- Municipalidad de Santo Domingo. (2013). *Decreto alcaldicio N° 2215*.
<https://www.santodomingo.cl/wp-content/uploads/2015/12/ORDENANZA-HUMEDALES.pdf>
- Navarro, N., Abad, M., Bonnail, E., & Izquierdo, T. (2021). The arid coastal wetlands of northern Chile: Towards an integrated management of highly threatened systems. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(9), 948. <https://doi.org/10.3390/JMSE9090948/S1>
- Osland, M. J., Gabler, C. A., Grace, J. B., Day, R. H., McCoy, M. L., McLeod, J. L., From, A. S., Enwright, N. M., Feher, L. C., Stagg, C. L., & Hartley, S. B. (2018). Climate and plant controls on soil organic matter in coastal wetlands. *Global Change Biology*, 24(11), 5361–5379.
<https://doi.org/10.1111/gcb.14376>
- Pauchard, A. (2017). *Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile*.
- Ramsar. (n.d.). *Humedales: en peligro de desaparecer en todo el mundo*. www.ramsar.org/es/
- RAMSAR. (1994). *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*.
- RAMSAR. (2000). *Servicios de los sistemas de humedales*.
- RAMSAR. (2007). *Documento informativo Ramsar No. 1 ¿Qué son los humedales?* www.ramsar.org

- RAMSAR. (2012). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)*.
http://www.ramsar.org/ris/key_ris_index.htm.
- Rioseco, R., & Tesser, C. (n.d.). *Cartografía interactiva de los climas de Chile*. Retrieved August 1, 2023, from https://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva/index.htm
- Rivillas-Ospina, G. D., Ruiz-Martinez, G., Silva, R., Mendoza, E., Pacheco, C., Acuña, G., Rueda, J., Felix, A., Pérez, J., & Pinilla, C. (2017). Physical and morphological changes to wetlands induced by coastal structures. In *Coastal Research Library* (Vol. 21, pp. 275–315). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-56179-0_9
- Valderrábano, M., Nelson, C., Nicholson, E., Etter, A., Carwardine, J., Hallett, J. G., McBreen, J., & Botts, E. (2021). Using ecosystem risk assessment science in ecosystem restoration: a guide to applying the Red List of Ecosystems to ecosystem restoration. In *Using ecosystem risk assessment science in ecosystem restoration: a guide to applying the Red List of Ecosystems to ecosystem restoration*. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2021.19.en>