ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PARQUE EÓLICO VIENTO PACÍFICO VERDE

ANEXO 8.3: ESTUDIO DE TRÁNSITO AÉREO Y ANÁLISIS DE RIESGO PARA AVIFAUNA

Región del Maule
2026

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS 2
2.1 Objetivo general 2
2.2 Objetivos específicos 2
3. ÁREA DE INFLUENCIA 2
3.1 Determinación del área de influencia 2
3.2 Justificación del área de influencia 3
4. METODOLOGÍA 5
4.1 Revisión bibliográfica 5
4.2 Características técnicas del proyecto 6
4.3 Levantamiento de información en terreno 6
4.3.1 Esfuerzo de muestreo 6
4.3.2 Estaciones de muestreo 7
4.3.3 Determinación de especies presentes en el área de influencia 10
4.3.4 Estudio de tránsito aéreo 11
4.3.5 Normalización de la Intensidad y Esfuerzo de Muestreo 13
4.3.6 Índice de Sensibilidad para Aves (RSI) 13
4.3.7 Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE) 17
5. RESULTADOS 19
5.1 Revisión bibliográfica 19
5.1.1 Caracterización del riesgo 19
5.1.2 Caracterización biogeográfica de la zona del Proyecto 21
5.1.3 Aspectos legales 21
5.1.4 Caracterización de la avifauna 22
5.2 Características técnicas del Proyecto 26
5.3 Levantamiento de información en terreno 28
5.3.1 Caracterización del área de influencia 28
5.3.2 Riqueza (diversidad) de especies de aves 33

5.3.3 Abundancia absoluta (ejemplares) de especies de aves 40
5.3.4 Tasa de Abundancia Relativa.....45
5.3.5 Tránsito aéreo de aves 47
5.3.6 Caracterización de los vuelos.....48
5.3.7 Análisis de sensibilidad de especies y vulnerabilidad espacial de aves 59
6. DISCUSIÓN 66
6.1 Dinámica de la abundancia y estacionalidad 66
6.2 Intensidad del tránsito aéreo y uso del espacio 66
6.3 Sensibilidad específica y vulnerabilidad espacial (ive) en el área del Proyecto 67
6.4 Análisis rutas de vuelo.....69
7. CONCLUSIONES 75
8. BIBLIOGRAFÍA.....79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Resumen de las campañas realizadas (Esfuerzo de Muestreo) 7
Tabla 4-2. Detalle y ubicación geográfica de estaciones de muestreo.....8
Tabla 4-3. Puntuación de tipos de vuelo – Factor relevante A.....14
Tabla 4-4. Puntuación de altura de vuelo – Factor relevante B 15
Tabla 4-5. Valores para carga alar – Factor relevante C.....15
Tabla 4-6. Valores para estacionalidad – Factor relevante D 16
Tabla 4-7. Valores para tamaño poblacional – Factor relevante E.....16
Tabla 4-8. Valores para estado de conservación – Factores relevante F 17
Tabla 4-9. Valores capacidad reproductiva – Factor relevante G 17
Tabla 5-1. Características generales de diseño de los aerogeneradores 26
Tabla 5-2. Especies de aves registradas en el área de influencia del Proyecto 36
Tabla 5-3. Abundancia absoluta de aves en el área de influencia 41
Tabla 5-4. Relación entre Abundancia Absoluta y Tasa de Abundancia Relativa 46
Tabla 5-5. Resultado estudio tránsito aéreo según dirección de vuelo 50
Tabla 5-6. Prueba Chi-cuadrado en direcciones de vuelos por sector de muestreo.....51

Tabla 5-7. Resultado estudio tránsito aéreo según altura de vuelo 54
Tabla 5-8. Intensidad de Tránsito Aéreo según Tasa de Vuelos por Hora (V/h) 58
Tabla 5-9. Valores RSI para las especies de aves observadas en el área de influencia 59
Tabla 5-10. Categorías de vulnerabilidad según IVE – Proyecto completo 62
Tabla 5-11. Cálculo de IVE por punto de muestreo – Proyecto completo.....62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5-1. Riqueza de especies según estación del año.....34
Gráfico 5-2. Riqueza de especies según ambiente 35
Gráfico 5-3. Abundancia de aves según estación del año 40
Gráfico 5-4. Comparación Estacional de la Tasa de Abundancia Relativa 46
Gráfico 5-5. Distribución de vuelos según dirección.....49
Gráfico 5-6. Distribución de vuelos en el área del proyecto según dirección en campañas estacionales 51
Gráfico 5-7. Distribución de dirección de vuelos anuales en el sector norte: La Flora (LF) y Humedal Río Pinotalca (SA) 52
Gráfico 5-8. Distribución de dirección de vuelos anuales en el sector de la conexión de media tensión soterrada (MT).....52
Gráfico 5-9. Distribución de dirección de vuelos anuales en el sector sur: Pahuil (P) y Reloca (R) 53
Gráfico 5-10. Distribución de vuelos según altura 56
Gráfico 5-11. Distribución de vuelos según altura en campañas estacionales.....57
Gráfico 5-12. Tasa V/h.....58
Gráfico 6-1. Análisis de dirección de vuelo anual en puntos de muestreo LF1, LF2, LF5 y LF7.....72
Gráfico 6-2. Análisis de dirección de vuelo anual en puntos de muestreo P8 y P9 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Área de influenciae.....4
Figura 4-1. Estaciones de Muestreo 9

Figura 4-2. Esquema determinación altura de vuelo en Proyecto Parque Eólico Viento Pacífico Verde 12
Figura 4-3. Ecuación de cálculo Índice de Sensibilidad para Aves (RSI).....14
Figura 5-1. Relación espacial entre el Proyecto y el Santuario de la Naturaleza Río Reloca 22
Figura 5-2. Perfil general de un aerogenerador 27
Figura 5-3. Aves presentes en el área de estudio 48
Figura 5-4. Distribución de Vulnerabilidad Espacial en el área del proyecto.....65
Figura 6-1. Mapa de vulnerabilidad espacial en el área del Proyecto 68
Figura 6-2. Mapa de vulnerabilidad espacial en el área de generación La Flora.....70
Figura 6-3. Mapa de vulnerabilidad espacial en el área de generación Pahuil.....73

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1. Pradera. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora 29
Fotografía 5-2. Pradera y matorral. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora 30
Fotografía 5-3. Pradera y humedal. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora 30
Fotografía 5-4. Desembocadura Río Pinotalca, conocido también como humedal Santa Ana. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora 31
Fotografía 5-5. Plantación forestal. Sector sur del Proyecto Pahuil 31
Fotografía 5-6. Plantación forestal. Sector sur del Proyecto Pahuil 32
Fotografía 5-7. Vista humedal Reloca. Sector sur del Proyecto Pahuil 32

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 8.3.1. Apéndice 8.3.1 Listado de especies Potenciales
Apéndice 8.3.2. Registro Total de abundancia de aves
Apéndice 8.3.3. Registro Total de vuelos
Apéndice 8.3.4. Índices de sensibilidad relativa (RSI) y de vulnerabilidad espacial (IVE)
Apéndice 8.3.5. Archivos Digitales

1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto Parque Eólico Viento Pacífico Verde (en adelante, el Proyecto), se localizará en las comunas de Constitución y Chanco, provincias de Talca y Cauquenes, respectivamente, Región del Maule, en específico a 35 km al sur de la ciudad de Constitución.

El Proyecto tiene como objetivo la generación de energía eléctrica a través de la energía eólica, mediante la instalación de 22 aerogeneradores de hasta 7 MW de potencia cada uno, proyectando una potencia total instalada de 154 MW.

El parque eólico se desarrollará en dos sectores separados geográficamente a 10,0 km aproximadamente. En el sector norte, Estancia la Flora, se emplaza al norte del río Pinotalca y con acceso desde la ruta M50 donde se ubicarán 9 aerogeneradores. En el sector sur, Pahuil, al sur de la localidad de Loanco se ubicarán 13 aerogeneradores, con acceso también desde la ruta M50.

Como parte de la infraestructura eléctrica asociada, el parque eólico considerará la habilitación de una línea de media tensión mediante circuitos enterrados en zanja a una tensión de transporte de 33 kV hasta una subestación elevadora 33/220 kV ubicada al sur del sector Sur. La línea de media tensión soterrada permitirá la conexión entre los aerogeneradores con el edificio de media tensión y la subestación eléctrica elevadora 33/220 kV.

Junto a lo anterior el Proyecto considera infraestructura de soporte para el funcionamiento del parque eólico la cual corresponde a 2 edificios de operación y mantenimiento y sus correspondientes almacenes, caminos internos, torre meteorológica y sistema de manejo de aguas servidas.

El Proyecto también considera obras temporales de apoyo durante la fase de construcción y cierre, tales como una instalación de faena, botaderos, sistema de manejo de aguas servidas, y plataformas de construcción de aerogeneradores.

La superficie destinada para el emplazamiento de las obras del Proyecto es de aproximadamente 54,7 ha.

Con el fin de aportar antecedentes para el conocimiento del ensamble de aves presente en área de influencia del Proyecto y de las rutas de desplazamiento más utilizadas, se realiza un estudio en terreno, dirigido a caracterizar las poblaciones asociadas al ambiente natural y antrópico y de identificar y analizar las áreas que se constituyen en rutas de tránsito de avifauna, identificando las especies con mayor frecuencia de detección durante las campañas realizadas.

Por otra parte, para determinar la sensibilidad ante colisión y/o electrocución de las diversas especies de aves presentes en la zona, con las estructuras constituyentes del parque eólico, se realiza un análisis del Proyecto en cuestión y de la información generada por estudios previos, además de una amplia revisión bibliográfica y una revisión de la cartografía disponible.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Aportar antecedentes que permitan caracterizar el ensamble de aves presentes y las rutas de desplazamiento más utilizadas en el área de influencia del proyecto Parque Eólico Viento Pacífico Verde, así como elaborar un índice de sensibilidad a la colisión para las distintas especies registradas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el ensamble de aves existente en el área de influencia del Proyecto, definiendo características físicas y aerodinámicas de las especies presentes.
- Determinar la distribución, riqueza y abundancia de las especies de aves en el área de influencia del Proyecto.
- Establecer rutas de vuelo frecuentes y patrones de vuelo, principalmente de especies en categoría de amenaza, en el área de influencia del Proyecto.
- Determinar la existencia de zonas críticas para el establecimiento o tránsito de aves en el área de influencia del Proyecto.

3. ÁREA DE INFLUENCIA

3.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

En la letra a) del artículo 2 del Reglamento del SEIA, se define el área de influencia como "*El área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias*".

En conjunto con lo anterior, sumado a lo establecido en la Guía "Área de influencia en el SEIA" (SEA, 2026a) se define el área de influencia del proyecto considerando el análisis de la información geográfica de este, las observaciones en terreno y la información asociada a sus partes, obras y acciones físicas en todas sus fases. Para la aplicación del concepto existen además otras guías vigentes emanadas de la autoridad, principalmente la Guía áreas de influencia en ecosistemas terrestres (SEA 2024a), la Guía Metodológica para la descripción de Ecosistemas Terrestres en el SEIA, avalada por la Resolución Exenta N°1534/2015 del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA, 2024b) y el "Criterio de evaluación en el SEIA: aves y quirópteros en proyectos de líneas de transmisión eléctrica y parques eólicos" (SEA, 2026b).

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia para los ecosistemas terrestres se define como la superficie donde se verifiquen los efectos de las obras realizadas y que además incluya los sectores aledaños hasta donde los efectos desaparezcan, de modo tal que no se esperan impactos más allá de esta delimitación. Usualmente para la determinación del área de influencia de un proyecto con relación con el componente fauna se realiza un análisis de la ubicación, superficie, duración y tipo de intervención, según la "Descripción de Proyecto", con el objetivo de identificar la interacción del proyecto y el componente fauna.

En el caso del estudio de tránsito aéreo de aves, el propósito es determinar la frecuencia y abundancia de los desplazamientos aéreos de las aves presentes en el área de influencia del Proyecto, por lo cual el área se extiende a la superficie ocupada por la zona de generación (aerogeneradores) y las líneas de transmisión asociadas al proyecto, dado que son éstas las estructuras que están involucradas directamente con el impacto.

En el caso de las aves, se debe considerar que se trata de especies de alta movilidad con ámbitos de hogar amplios. Este es un criterio relevante al momento de considerar el área donde las poblaciones de estas especies se pueden ver afectadas por la presencia de proyectos. De este modo, luego de identificar las partes, obras y acciones de un proyecto con potencialidad de generar impacto sobre la fauna, al definir el área de estudio se debe incorporar un buffer justificado técnicamente en función de las especies y características del proyecto, que permita describir las especies de aves presentes en el sector y considere su ámbito de hogar como áreas de nidificación o refugios temporales, entre otros aspectos de acuerdo con lo detallado en la Guía áreas de influencia en ecosistemas terrestres (SEA, 2026a).

Dentro de estas áreas se debe realizar el levantamiento de información asegurando una correcta caracterización de las especies, que permita una adecuada evaluación del impacto. En este contexto, se debe poner especial foco en la presencia de especies consideradas como recursos únicos, escasos o representativos, considerando su estado de conservación, así como también, aquellas que cumplan roles clave en los ecosistemas y en las especies endémicas o especialistas de hábitat (SEA, 2026a).

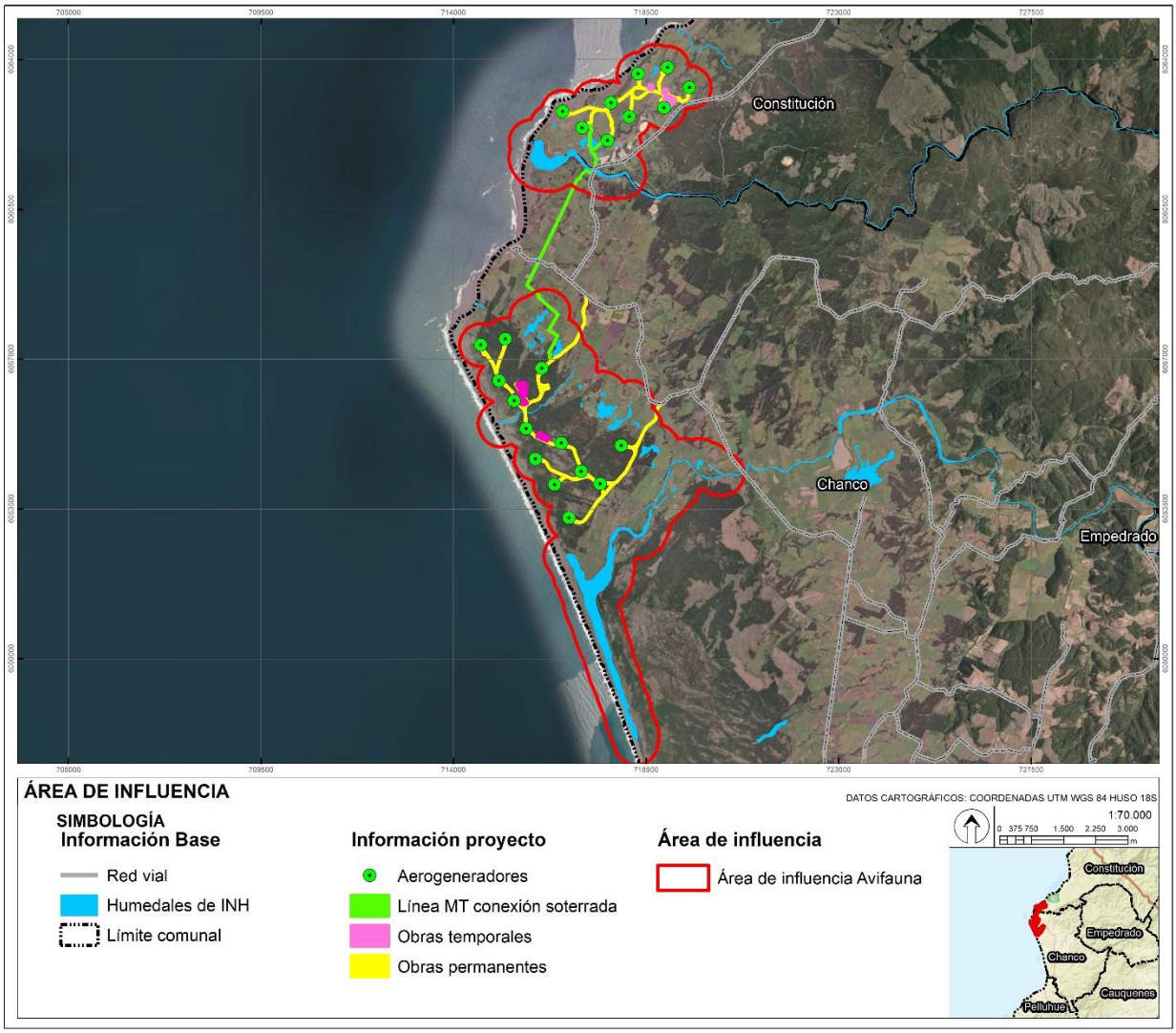
Además, dentro de la descripción del área de influencia se deben considerar las rutas de vuelo de las especies, sus refugios, sitios de nidificación o reproducción, áreas de alimentación o forrajeo, las zonas de descanso y la presencia de hábitats sensibles, especialmente cuando se trate de especies especialistas de hábitat. Dependiendo de la distancia al proyecto o de la posibilidad de interacción con el mismo, estos hábitats o ambientes pueden ser incorporados al área de influencia (SEA, 2026a).

Tomando en cuenta lo señalado, el área de influencia del proyecto para el componente de avifauna terrestre se ha definido como el polígono delimitado por un buffer de 500 metros alrededor de los aerogeneradores en ambos sectores del proyecto, así como de los humedales cercanos. Esta delimitación considera el ámbito de hogar promedio de las especies de aves con mayor capacidad de dispersión, abarcando 3.741,4 ha.

En este contexto, destacan la desembocadura del humedal Río Pinotalca, también conocido como humedal Santa Ana, ubicado aproximadamente a 800 m del aerogenerador F08 en el sector La Flora, y el humedal

Río Reloca, situado a cerca de 1,5 km al sur del aerogenerador P13, en el sector de generación Pahuil. Estos humedales son relevantes por su función como áreas de descanso y reproducción, además de su incidencia en las rutas de desplazamiento de las aves.

Figura 3-1. Área de influenciae



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

4. METODOLOGÍA

4.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realizó una amplia revisión bibliográfica de la literatura publicada a nivel internacional y nacional, sobre la temática del impacto de parques eólicos sobre aves, poniendo énfasis a la evaluación del riesgo, medidas de mitigación y protocolos de seguimiento. Se revisó también una muestra amplia de los procesos de evaluación ambiental de proyectos de generación eólica realizados en el país, con el objeto de conocer el tratamiento de situaciones similares, así como las Guías y Criterios publicadas por el Servicio de Evaluación Ambiental y otros servicios públicos, tales como SAG (2012a, 2012b, 2015, 2022) y SEA (2022, 2023, 2024a, 2024b, 2025 y 2026).

Finalmente, para generar el catastro preliminar de las especies posibles de encontrar en el área de estudio, se realizó una revisión general de la literatura publicada sobre avifauna de la zona centro sur de Chile y también específica en relación con la zona de estudio y se recurrió a los informes sobre avifauna publicados en el marco de estudios realizados previamente en áreas cercanas. Se puso especial énfasis en determinar hábitos o conductas de las especies de aves potenciales, especialmente en las habilidades veleras, tipo y altura promedio de vuelo y horarios preferentes de desplazamiento.

En resumen, a partir de la información recopilada en la literatura científica, se obtuvo un catastro de especies de aves que potencialmente se distribuyen en el área de estudio el cual se detalla en Apéndices, donde además se indica su nombre común, su origen biogeográfico (endémico, nativo o exótico) y Estado de Conservación en Chile.

Se entiende como especies en categoría de conservación a aquellas clasificadas en alguno de los listados reconocidos como oficiales por la legislación nacional. Para efectos del presente informe se consideró el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (Decreto Supremo Nº29/2011 MMA), con sus procesos 1º al 20º y la modificación de las categorías según establece la Ley 20.417 del MMA, que actualiza el nombre de las categorías que deben usarse en Chile a contar del 26/01/2010

Para las especies no sometidas a ninguno los procesos de clasificación, se utilizó el listado contenido y las categorías definidas en el Reglamento de la Ley de Caza, correspondiente al Decreto Supremo Nº5 de 1998, modificado por el D.S. Nº53 de 2004, ambos del Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Adicionalmente, de acuerdo con la prelación de documentos jerarquizados que establecen propuestas de estados de conservación de las especies silvestres del Ministerio del Medio Ambiente, se consideró la revisión de las clasificaciones propuestas en Libro Rojo de Vertebrados Terrestres (Glade, 1988) para aquellas especies no clasificadas en alguno de los documentos señalados anteriormente.

Se consideraron como especies amenazadas a aquellas especies clasificadas en las categorías: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU) (UICN, 2012), pero también se otorgó relevancia a las especies clasificadas como Casi Amenazadas (NT), de acuerdo con los lineamientos del SEA (2026b).

La sensibilidad y singularidad de las aves fue valorada según criterio experto, considerando aspectos como la cantidad de aves, el estado original del ambiente, la exclusividad del ecosistema y la conectividad del

paisaje, de acuerdo con los lineamientos de SAG 2022. También se consideró la presencia de especies de distribución restringida o cuya población es reducida, y la cercanía con el límite de la distribución geográfica de una o más especies, de acuerdo con los lineamientos de SEA 2026a.

Se ha calculado el Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE) a partir del cual, se generó una superficie continua mediante un geoproceso de interpolación por ponderación de distancia inversa (IDW). Sobre esta base, se elaboró un mapa de calor que representa la distribución espacial del IVE, clasificado según percentiles de la siguiente manera: vulnerabilidad baja (IVE < P50), vulnerabilidad media (P50 ≤ IVE ≤ P75) y vulnerabilidad alta (IVE > P75).

4.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

Con el fin de contar con antecedentes para evaluar los factores de riesgo sobre las aves presentes en el área de influencia, derivados de la construcción y operación del Proyecto, se revisó y analizó en detalle el diseño del Proyecto, con énfasis en las características y dimensiones de los aerogeneradores.

4.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN TERRENO

El trabajo de terreno contempló cuatro campañas de terreno. En cada campaña de terreno se realizó, en primer lugar, una apreciación general del área de estudio, con el fin de determinar los tipos de hábitat existentes para la fauna, la fisonomía del terreno e identificar eventuales factores de exposición o susceptibilidad de riesgo con respecto al Proyecto.

Se evaluaron características del terreno (factores topográficos), factores climáticos (nubosidad, niebla, neblina o lluvia), así como también se procuró detectar factores de riesgo como son la existencia de sitios de concentración de aves en las proximidades del Proyecto, tales como sitios de nidificación, alimentación o refugio. Adicionalmente, se consideró la existencia de humedales o elementos lineales del paisaje, tales como portezuelos, quebradas, cajones o líneas de costas, que normalmente concentran el tránsito aéreo.

4.3.1 Esfuerzo de muestreo

El trabajo de terreno contempló cuatro campañas de terreno, con una duración de cuatro días y tres noches, abarcando las estaciones de primavera, entre los días 07 y 10 de diciembre de 2023, de otoño, entre el 17 y el 21 de junio de 2024, de invierno, entre el 5 y el 8 de agosto de 2025 y de verano, entre el 18 y el 21 de enero de 2026.

Las campañas fueron ejecutadas de manera estacional no consecutiva, conforme a disponibilidad de acceso y programación del proyecto, manteniendo representatividad estacional del ciclo anual.

Tabla 4-1. Resumen de las campañas realizadas (Esfuerzo de Muestreo)

Campaña	Estación	Fecha de ejecución	Duración (días)	Nº de Profesionales	N° de Horas de observación/ día	N° de Horas de observación Totales
1	Primavera	07 a 10 de diciembre de 2023	4	2	9,7	77,5
2	Otoño	17 a 21 de junio de 2024,	4	2	7,7	62
3	Invierno	5 a 8 de agosto de 2025	4	2	7,7	62
4	Verano	18 a 21 de enero de 2026	4	2	9,7	77,5
					Total	**279**

Fuente: Foco Ambiental, 2026.

En las cuatro campañas se contó con la participación de dos especialistas, los cuales desarrollaron jornadas de trabajo diurnas y crepusculares de entre 8 y 10 horas, dependiendo de las horas de luz disponibles en cada estación (fotoperiodo). Considerando lo señalado, el esfuerzo de muestreo contempló un total de 279 horas efectivas de observación.

4.3.2 Estaciones de muestreo

Para la selección de las estaciones de muestreo se realizó un breve estudio cartográfico, que tomó como base el Layout del Proyecto, el cual permitió determinar los sectores en que teóricamente pudiera intensificarse la presencia y el tránsito aéreo de aves, a través de la localización de eventuales sitios de concentración de ejemplares.

De esta manera, se identificó los sitios más sensibles del polígono que encierra el área donde se instalará el Proyecto, en los cuales pueden existir mayores probabilidades de riesgo de colisión con los aerogeneradores, para establecer allí los puntos de observación. En tal contexto, se procuró elegir la mayor diversidad posible de situaciones, dentro de la matriz homogénea existente, diferenciando entre zonas con cubierta arbórea densa y sectores abiertos, así como áreas ubicadas cerca de quebradas costeras, con predominio de vegetación nativa.

El número de estaciones de muestreo fue establecido considerando tanto la obtención de datos en todos los biotopos presentes (según los ambientes identificados en línea de base de Flora y Vegetación (Anexo 3.8 del EIA), así como la accesibilidad y representatividad de cada punto.

Por otra parte, considerando la homogeneidad del ambiente existente en la zona donde se instalará el Proyecto, la selección de los puntos de muestreo se basó también, en la ubicación de los aerogeneradores, según lo establecido en el diseño del Proyecto.

Con esta premisa, en el área de generación se estableció una matriz de 21 puntos, distribuidos entre los dos sectores que abarca el Proyecto. En el sector norte Estancia La Flora se instalaron 10 estaciones y en sector sur Pahuil 11 estaciones. Paralelamente, sobre el trazado de la línea de media tensión (LMT) que

une los sectores norte y sur del Proyecto, se establecieron dos estaciones adicionales. Cabe destacar que la LMT será soterrada.

Adicionalmente, considerando su cercanía al Proyecto y su relevancia como sitios de concentración de avifauna, se establecieron puntos de observación en los dos humedales aledaños a los dos sectores de generación del Proyecto. En tal contexto, se establecieron cuatro estaciones de observación en cada humedal: Loanco (también llamado Santa Ana o Pinotalca) y humedal Reloca.

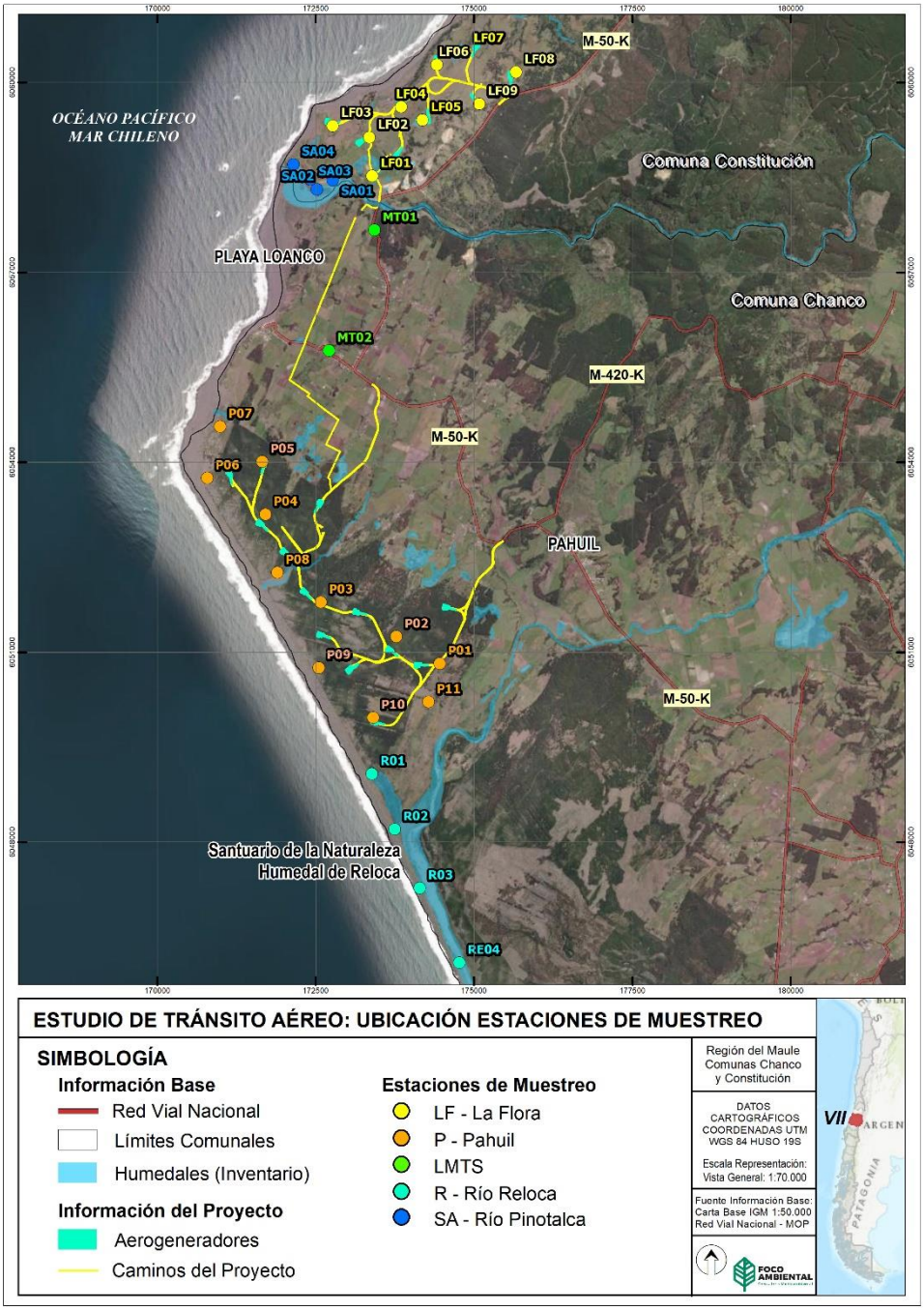
La ubicación de todas las estaciones de registro y observación se muestran en la Tabla 4-2. y Figura 4-1.

Tabla 4-2. Detalle y ubicación geográfica de estaciones de muestreo

Punto de muestreo	Ubicación	Campaña (*)	Este (m) (**)	Norte (m) (**)	Ambiente
LF01	La Flora	Pri–Oto–Inv–Ver	717.215	6.061.859	Pradera y humedal
LF02	La Flora	Pri–Oto–Inv–Ver	717.207	6.062.469	Matorral
LF03	La Flora	Pri–Oto–Inv–Ver	716.641	6.062.687	Pradera
LF04	La Flora	Pri–Oto–Inv–Ver	717.737	6.062.921	Pradera
LF05	La Flora	Pri–Oto–Inv–Ver	718.060	6.062.689	Pradera y humedal
LF06	La Flora	Pri–Oto–Inv–Ver	718.341	6.063.549	Pradera
LF07	La Flora	Pri–Oto–Inv–Ver	718.803	6.063.741	Matorral y humedal
LF08	La Flora	Oto–Inv_Ver	719.580	6.063.356	Matorral
LF09	La Flora	Oto–Inv_Ver	718.973	6.062.890	Pradera
LF10	La Flora	Inv–Ver	717.603	6.062.081	Pradera
MT01	LMT	Pri–Oto–Inv–Ver	717.196	6.061.004	Plantación forestal
MT02	LMT	Pri–Oto–Inv–Ver	716.364	6.059.145	Pradera
P01	Pahuil	Inv–Ver	717.808	6.054.111	Plantación forestal
P02	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	717.150	6.054.577	Plantación forestal
P03	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	715.992	6.055.190	Plantación forestal
P04	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	715.206	6.056.630	Plantación forestal
P05	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	715.207	6.057.464	Plantación forestal
P06	Pahuil	Inv–Ver	714.323	6.057.256	Plantación forestal
P07	Pahuil	Inv–Ver	714.575	6.058.053	Matorral
P08	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	715.337	6.055.697	Plantación forestal
P09	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	715.897	6.054.159	Plantación forestal
P10	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	716.705	6.053.321	Plantación forestal
P11	Pahuil	Pri–Oto–Inv–Ver	717.593	6.053.515	Matorral
R01	Río Reloca	Inv–Ver	716.635	6.052.433	Pradera y humedal
R02	Río Reloca	Pri–Oto–Inv–Ver	716.942	6.051.544	Humedal
R03	Río Reloca	Inv–Ver	717.277	6.050.592	Humedal
R04	Río Reloca	Pri–Oto–Inv–Ver	717.828	6.049.374	Humedal
SA01	Río Pinotalca	Pri–Oto–Inv–Ver	716.588	6.061.831	Humedal
SA02	Río Pinotalca	Inv–Ver	716.328	6.061.699	Humedal
SA03	Río Pinotalca	Oto–Inv_Ver	716.235	6.061.859	Humedal
SA04	Río Pinotalca	Inv–Ver	715.985	6.062.113	Humedal

(*) Pri: Primavera, Oto: Otoño, Inv: Invierno, Ver: Verano (**) Coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 18 Sur
Fuente: Tricao, 2025.

Figura 4-1. Estaciones de Muestreo



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

4.3.3 Determinación de especies presentes en el área de influencia

En las estaciones de muestreo previamente seleccionados, se registró cada individuo avistado o escuchado.

Para una adecuada determinación de las especies y conteo de los ejemplares, se seleccionaron estaciones de observación que permitieron abarcar mediante un barrido visual el área de interés, manteniendo una distancia que permita determinar las especies y contar individuos, sin interferir con el normal desarrollo conductual de las especies presentes.

Los métodos generales antes expuestos que permiten establecer la diversidad de las aves, aplicando una metodología específica que sigue las recomendaciones de SAG (2015) y SEA (2026b) que incluye:

- Relacionar la ubicación de las estructuras con el relieve del entorno ya que la topografía es un factor importante para reconocer sectores con alto tránsito de aves.
- Establecer la presencia de otras estructuras y su relación con el Proyecto.
- Establecer si en el área existen condiciones meteorológicas adversas que se manifiesten de manera regular.
- Considerar la existencia de épocas y rutas de migración y también los desplazamientos regulares de aves residentes que habitan en la zona.

Esta es una técnica de búsqueda pasiva, no invasiva, que proporciona información respecto del vuelo de aves diurnas, así como un conteo directo de los individuos. Este método requiere observadores altamente calificados, con experiencia en la observación de aves, siendo capaces de identificar tanto visual como auditivamente a las especies, y conocer la distribución y migración de aves.

La determinación de las especies de aves presentes se realizó a través observación directa, con el apoyo de binoculares Nikon Monarch 8x42 y un telescopio terrestre telescopio terrestre Kowa TSN 663M.

Por otra parte, las aves de hábitos nocturnos fueron pesquisadas por medio de estaciones de observación en horario crepuscular y nocturno, utilizando equipo de visión infrarroja digital marca Bushnell, modelo Equinox, 6 x 50mm.

La identificación de las especies presentes se realizó con base en la experiencia del equipo consultor y fue respaldada mediante la consulta de guías especializadas (Araya y Millie, 2001. Jaramillo *et al.,* 2005, Couve *et al.*, 2017, Martínez y González, 2021, Martínez-Piña, 2023). La identificación de vocalizaciones se basó en Egli, 2006.

A partir de los datos obtenidos en las campañas estacionales, se determinó la riqueza de especies y la abundancia absoluta de la avifauna. No obstante, con el fin de permitir una comparación estadística válida entre periodos con distinto fotoperiodo, la información de intensidad fue normalizada en función del esfuerzo de muestreo efectivo acumulado de 279 horas, generando indicadores cuantitativos como la Tasa de Vuelos por Hora (V/h) y el Índice de Abundancia Relativa.

De forma complementaria, se aplicó un análisis de sensibilidad y vulnerabilidad espacial mediante el cálculo del Índice de Sensibilidad para Aves (RSI) y el desarrollo del Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE), basado en la metodología de Noguera *et al*. (2010). Este enfoque permite jerarquizar la criticidad de cada aerogenerador según la frecuencia de tránsito de especies sensibles en la zona de rotación de las aspas (Altura Media), proporcionando una base para el diseño de medidas de mitigación y vigilancia ambiental.

4.3.4 Estudio de tránsito aéreo

En los estudios de tránsito aéreo, es importante establecer la diferencia entre el área de vuelo y una ruta de vuelo.

La primera es propia de las aves residentes o migratorias, que ocupan el espacio en forma permanente o en forma temporal, es decir, ante la inexistencia de aves no voladoras en la zona prospectada, la sola presencia de un ave supone que existe un área de vuelo para ella.

Una ruta de vuelo, sin embargo, es diferente a un área de vuelo, pues corresponde a un espacio más o menos lineal (una franja) que es utilizada por las aves para desplazarse entre dos puntos de parada (uno de origen y otro de destino) con un motivo específico; ello es típico de, por ejemplo, entre áreas de anidación y áreas de alimentación, o entre ésta y áreas de reposo. Ello implica que no es un área donde las aves se detengan normalmente, sino que pasan por ella. Generalmente, corresponden a valles, cursos de agua, líneas de costa, etc. donde las condiciones físicas para un vuelo habitual no generan un aumento de costos energéticos para las aves (Ralph *et al*. 1996).

Por lo tanto, para establecer si existen rutas de vuelo en el área del Proyecto, es necesario: primero, definir si existen sitios relevantes de origen y destino de algún tipo de aves en tránsito; segundo, determinar la intensidad de tránsito y exposición de las aves que se desplazan entre estos puntos; y tercero, establecer la sensibilidad de estas especies y la vulnerabilidad espacial asociada.

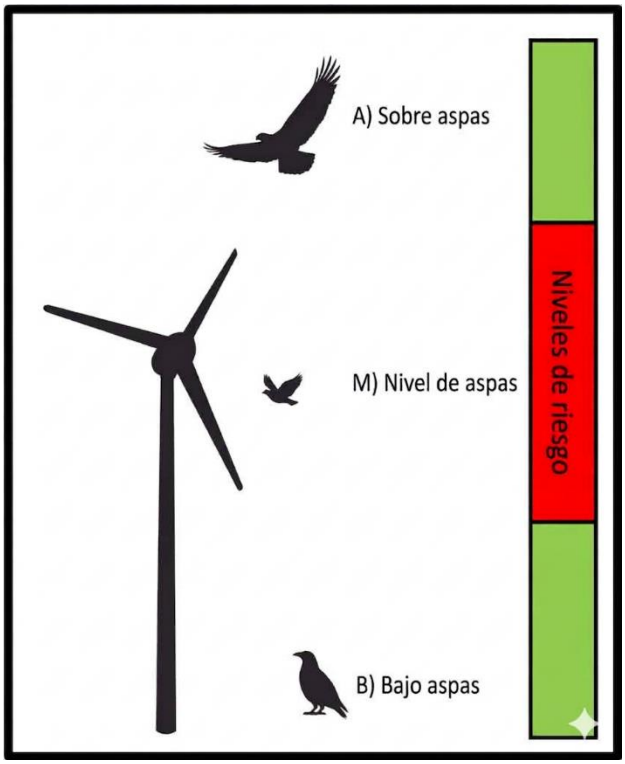
En los lugares así definidos se realizó el estudio de tránsito aéreo, que consiste en efectuar un conteo continuo de aves en desplazamiento por cada punto de muestreo, por un periodo de tiempo regular (4 horas), de preferencia en horas cercanas al amanecer o atardecer, ya que la actividad de las aves presenta un patrón bimodal con valores máximos en la mañana y en las últimas horas de la tarde SEA (2024).

Durante cada periodo de observación, se registró en primer lugar la hora y las condiciones meteorológicas, seguidamente se contabilizó el número total de aves en tránsito (se descartan aquellas que se encuentran posadas o desplazándose sin atravesar el eje del punto de observación), se identificó la(s) especie(s), se determinó la dirección del vuelo, el tamaño de bandada y la altura de vuelo.

Para el caso de los aerogeneradores se consideró tres niveles: bajo aspas (B), a nivel de aspas (M) y sobre aspas (A), de acuerdo con el esquema que se muestra en la Figura 4-2. Para definir las alturas en terreno, se tomó en cuenta, en primer lugar, la información técnica proporcionada por el titular y se utilizó como referencia la altura de las estructuras existentes en el área, es decir, postes de líneas de distribución y torres de medición de vientos.

Para el caso de los aerogeneradores, se definieron tres categorías altitudinales de referencia para clasificar los eventos de vuelo: bajo aspas (B), correspondiente a registros por debajo del límite inferior del barrido del rotor; a nivel de aspas (M), correspondiente a registros dentro del intervalo de barrido; y sobre aspas (A), correspondiente a registros por encima del límite superior del rotor, de acuerdo con el esquema presentado en la Figura 4-2. La delimitación de estas categorías se estableció considerando los antecedentes técnicos del proyecto, específicamente una altura de buje de 140 m y una longitud de pala de 84 m, lo que determina un rango de barrido vertical entre 56 m y 224 m sobre el nivel del terreno. Para la estimación visual de alturas en terreno se utilizó además como apoyo la referencia de estructuras existentes en el área, tales como postes de líneas de distribución eléctrica y torres de medición de viento, con el fin de mantener consistencia en la asignación de alturas relativas durante las observaciones de campo.

Figura 4-2. Esquema determinación altura de vuelo en Proyecto Parque Eólico Viento Pacífico Verde



Fuente: Foco Ambiental, a partir de Tricao, con apoyo de Gemini y Nano Banana, 2026.

Con respecto al análisis de la dirección de los vuelos registrados, registrados de forma cualitativa (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) se aplicará a los datos una prueba estadística de Chi-cuadrado (X^2).

$$X^2 = \sum_{1}^{8} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

- O_i : frecuencia observada
- E_i : frecuencia esperada

Esta prueba contempla dos hipótesis:

- Hipótesis Nula (H_0): Las aves no tienen preferencia direccional. Los vuelos se distribuyen de manera uniforme (es decir, el 12,5% de los vuelos va hacia cada una de las 8 direcciones registradas.
- Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una o más direcciones preferenciales.

La frecuencia esperada será la establecida por la hipótesis nula, por lo que el resultado de esta prueba indicará si es que efectivamente los vuelos se distribuyen de forma homogénea en todas las direcciones; si es que se presentan diferencias significativas, se validará la existencia de una dirección preferencial.

Asumiendo un margen de error aceptable de 5% (α=0,05), y considerando que la prueba contempla 8 categorías de dirección, y por tanto, 7 grados de libertad (gl=7), el valor crítico para definir una "diferencia significativa" es de 14,07.

4.3.5 Normalización de la Intensidad y Esfuerzo de Muestreo

Para asegurar la comparabilidad estadística entre las campañas estacionales, los datos de abundancia y tránsito aéreo se normalizan en función del esfuerzo de muestreo efectivo. Dado que las horas de observación varían según el fotoperiodo de cada estación —totalizando un esfuerzo de 279 horas acumuladas (77,5 h en primavera y verano; 62 h en otoño e invierno)—, el análisis de intensidad temporal se basa en indicadores de tasa horaria.

En este contexto, se calculan la Tasa de Vuelos por Hora (V/h) y la Tasa de Abundancia Relativa**,** mediante el cociente entre el número de registros y las horas de observación efectiva de cada periodo. Estos indicadores permiten identificar el uso del espacio aéreo de manera objetiva, independientemente de la duración de la jornada de luz de cada campaña.

4.3.6 Índice de Sensibilidad para Aves (RSI)

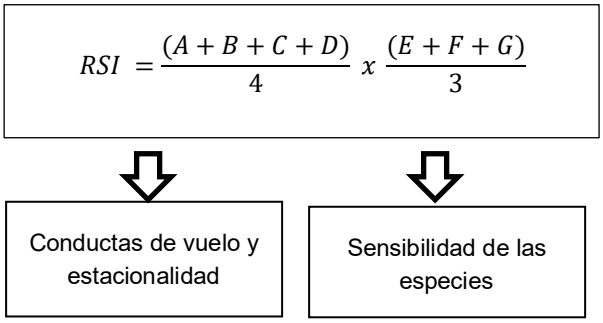
Para evaluar la sensibilidad intrínseca de cada especie frente al riesgo de colisión, se emplea el Índice de Sensibilidad para Aves (RSI), adaptado para el contexto nacional por GIZ-Myotis Chile (2025) a partir del modelo propuesto por Noguera *et al*. (2010). Este índice permite cuantificar la vulnerabilidad biológica mediante la ponderación de siete factores relevantes, evaluados en una escala de 1 a 4, donde 1 representa la menor vulnerabilidad y 4 la mayor.

Los factores se agrupan en dos dimensiones de análisis:

- Conductas de vuelo y estacionalidad: Evalúa el comportamiento de vuelo y temporada. Integra los parámetros de Tipo de vuelo (A), Altitud de vuelo (B), Maniobrabilidad (C) y Estacionalidad (D).
- Sensibilidad biológica de las especies: Evalúa la condición de sensibilidad de colisionar de cada especie, a partir el Tamaño poblacional (E), el Estado de conservación (F) y la Capacidad reproductiva (G).

El valor final del RSI se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula, que multiplica el promedio de ambos grupos de factores:

Figura 4-3. Ecuación de cálculo Índice de Sensibilidad para Aves (RSI)



Fuente: Tricao a partir de Noguera *et al.* (2010) y GIZ-Myotis Chile (2025).

Los criterios específicos para la puntuación de cada factor se detallan en las tablas metodológicas del estudio (Tabla 4-3 a Tabla 4-9). Esta clasificación constituye la base técnica para ponderar la actividad física registrada en terreno y proceder al cálculo de la vulnerabilidad espacial.

A. **Tipo de vuelo**: Este factor fue obtenido según los tipos de vuelos predominantes observados en el área de influencia para cada ave registrada, acorde a los siguientes tipos:

Tabla 4-3. Puntuación de tipos de vuelo – Factor relevante A

Valor	Tipo de Vuelo	Descripción
1	Perchado	El ave se encuentra posada.
2	Vuelo batido	El ave realiza vuelos con aleteo siguiendo la pendiente del suelo o paralelo a un lomaje o cubierta vegetal, trazando subidas y bajadas sobre la línea de avance, pero sin ganar altitud.
3	Vuelo directo o rectilíneo	El ave realiza un vuelo directo, de forma lineal, a gran velocidad y con un despegue rápido.
4	Vuelo circular ascendente	El ave vuela en ascenso a través del impulso de corrientes (térmicas, viento u otras corrientes de aire), generando un movimiento circular. En descenso, la energía proviene de la gravedad y vientos (planeo a ras y descenso rectilíneo de caza).

Fuente: Tricao a partir de Noguera *et al.* (2010) y GIZ-Myotis Chile (2025).

B. **Altitud de vuelo**: Los rangos de altura fueron establecidos en base a las características de los aerogeneradores. A cada especie se le asigna la altura más abundante según los registros por

especie; en caso de que el valor máximo se presente en más de un rango se escogerá el rango de mayor riesgo. Los rangos corresponden a los siguientes:

Tabla 4-4. Puntuación de altura de vuelo – Factor relevante B

Valor	Altura de Vuelo	Descripción
1	0-50 metros	El ave vuela principalmente por bajo el límite inferior de las aspas de los aerogeneradores y la especie presenta hábitos principalmente terrestres.
2	< 50 metros	El ave vuela principalmente por bajo el límite inferior de las aspas de los aerogeneradores sin presentar hábitos terrestres.
3	> 230 metros	El ave vuela principalmente sobre el límite superior de las aspas de los aerogeneradores.
4	Entre 50-230 metros	El ave vuela principalmente a la altura de los aerogeneradores.

Fuente: Tricao a partir de Noguera *et al*. (2010) y GIZ-Myotis Chile (2025).

C. **Maniobrabilidad**: Es la capacidad para cambiar de forma precisa y rápida las condiciones de vuelo. Este factor se determina en base a la morfología de cada una de las especies, considerando la carga alar: relación entre la superficie alar (área alar) y el peso del ave, y la relación de aspecto: relación entre la envergadura alar y el peso de las aves, en donde la envergadura alar corresponde a la longitud que existe entre las puntas de las plumas primarias más largas de las aves. Estos datos se obtienen desde la literatura especializada.

Las especies con menor maniobrabilidad se caracterizan por poseer una alta carga alar, y una baja relación de aspecto (alas cortas y anchas), lo cual significa que presentan una menor capacidad para esquivar estructuras fijas y/o menor capacidad para reaccionar de manera rápida ante obstáculos inesperados. Por otro lado, las especies con una menor carga alar presentan mayor facilidad para mantenerse en vuelo y mejor maniobrabilidad en el aire.

La valorización de estos factores se efectuó a partir de lo señalado por GIZ-Myotis Chile (2025), según lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 4-5. Valores para carga alar – Factor relevante C

Valor	Carga alar	Descripción
1	Carga alar muy baja	El ave presenta alas grandes en relación con su peso (i.e. vari, gaviotas, halcones, gaviotines pelágicos, rayadores y gallinas ciegas).
2	Carga alar baja	El ave presenta alas moderadamente grandes en relación con su peso (i.e. halcones, golondrinas, golondrinas de mar, águilas, pelícanos, garzas, paseriformes.
3	Carga alar alta	El ave presenta alas pequeñas en relación con su peso (i.e. pilpilenes, zarapitos, palomas, carpinteros, pavos, pidenes y becacinas).
4	Carga alar muy alta	El ave presenta alas muy pequeñas en relación con su peso (i.e. perdices, codornices, cisnes, patos).

Fuente: GIZ-Myotis Chile (2025).

D. **Estacionalidad:** De acuerdo con lo expuesto en la literatura, las especies residentes en el área de influencia presentan un riesgo mayor que especies ocasionales o migratorias, debido a que se exponen por mayor tiempo a la situación de riesgo. El estatus de residencia se basó en lo

expuesto por Jaksic & Feinsinger (1991), y en caso de no tener información sobre alguna especie en particular, se consultó en Medrano *et al*. (2018). De esta forma, se establecen 4 valores para este factor:

Tabla 4-6. Valores para estacionalidad – Factor relevante D

Valor	Estacionalidad	Descripción
1	Especies raras o errantes	Solo se presentan de manera ocasional.
2	Especies migratorias no reproductivas	Presentan conductas migratorias boreales o desplazamientos migratorios de corto alcance, por lo cual no se encuentran presentes en época reproductiva en el área de estudio (migran en invierno y no se reproducen en el área).
3	Especies migratorias reproductivas	Presentan conductas migratorias, pero se reproduce en el área de estudio, aumentando su riesgo de colisión (realizan pequeñas migraciones locales, de manera altitudinal y latitudinal).
4	Especies residentes	Residentes en el área de estudio y pueden observarse durante todo el año. Al pasar gran parte del tiempo en el área, estarían más propensas a colisionar.

Fuente: Tricao a partir de Noguera *et al.* (2010) y GIZ-Myotis Chile (2025).

E. **Tamaño poblacional**: Según el trabajo propuesto por Noguera *et al*. (2010), se emplea el logaritmo neperiano (ln) de los tamaños poblacionales de las especies reproductivas presentes en el área de estudio. Para el caso chileno, el tamaño poblacional se puede obtener a partir de la abundancia por especie registrada en terreno, es decir, desde el número de individuos observados para cada especie. Luego, las especies pueden ser divididas en cuatro categorías según el percentil de abundancia que presentaron en cada campaña.

Tabla 4-7. Valores para tamaño poblacional – Factor relevante E

Valor	Tamaño poblacional	Descripción
1	Población pequeña	La especie presenta una abundancia <P25, por campaña.
2	Población moderada	La especie presenta una abundancia que se encuentra entre el percentil P25 y P50, ambos incluidos, por campaña.
3	Población grande	La especie presenta una abundancia que se encuentra entre el percentil P50 y P75, ambos incluidos, por campaña.
4	Población muy grande	La especie presenta una abundancia que se encuentra >P75, por campaña.

Tricao a partir de Noguera *et al.* (2010) y GIZ-Myotis Chile (2025).

F. **Estado de conservación**: Este factor refleja el estado de conservación de las especies. Para este estudio, el estado de conservación se basó en la legislación chilena, considerando los criterios de clasificación definidos por el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). El estado de amenaza de las aves presentes en el área de influencia fue organizado dentro de 4 categorías, desde mayor a menor preocupación.

Tabla 4-8. Valores para estado de conservación – Factores relevante F

Valor	Estado de conservación	Descripción
1	Especie no clasificada	Especie no listada en el RCE.
2	Especie en Preocupación Menor (LC)	La especie se encuentra clasificada en alguna categoría de conservación, sin grado de amenaza.
3	Especie Casi Amenazada (NT)	La especie, habiendo sido evaluada, no cumple con los criterios que definen las categorías de mayor grado de amenaza.
4	Especies Amenazadas	La especie se encuentra clasificada en alguna categoría de conservación con grado de amenaza, es decir Vulnerable (VU), En peligro (EN) o En peligro crítico (CR).

Tricao a partir de Noguera *et al.* (2010) y GIZ-Myotis Chile (2025).

G. **Capacidad reproductiva**: Especies con mayor número de nidadas generan mayor descendencia, lo cual implica una mayor capacidad de reemplazo ante la pérdida de individuos dentro de la población. La información se basó en Medrano *et al*. (2018). Las especies se agruparon de la siguiente forma:

Tabla 4-9. Valores capacidad reproductiva – Factor relevante G

Valor	Capacidad reproductiva
1	Especies que presentan nidadas de hasta 4 huevos.
2	Especies que presentan nidadas de 3 a 4 huevos.
3	Especies que presentan nidadas de 2 huevos.
4	Especies que presentan nidadas de sólo 1 huevo.

Fuente: Tricao a partir de Noguera *et al.* (2010) y GIZ-Myotis Chile (2025).

Para la obtención del RSI, se consideraron los datos obtenidos por medio de la realización de los muestreos de tránsito aéreo (estaciones de observación de aves) realizados dentro del área de influencia del Proyecto.

4.3.7 Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE)

Para determinar la vulnerabilidad biológica específica en los distintos sectores del Proyecto, se aplica un análisis de vulnerabilidad espacial basado en la metodología de Noguera *et al*. (2010). Este índice permite integrar la sensibilidad intrínseca de las especies (RSI) con la intensidad de uso del espacio aéreo registrada en cada micrositio, proporcionando una expresión relativa de vulnerabilidad espacial frente a potencial interacción con estructuras.

El IVE por punto de muestreo se obtiene mediante la sumatoria de los Riesgos Parciales de cada especie detectada en el área del proyecto. La fórmula utilizada para este cálculo es:

$$IVE_{Punto=} \sum_{i} (\ln (p_i + 1) \times RSI_i)$$

Donde:

- p_i: número de observaciones de la especie "i" en el punto de muestreo
- RSI_i: valor RSI de la especie "i"

Para el presente análisis, el cálculo del IVE consideró exclusivamente los registros de vuelos correspondientes a la categoría de altura Media (M), equivalente al rango altitudinal de potencial interacción con el barrido de aspas de los aerogeneradores. De esta forma, el índice se enfoca específicamente en la fracción del tránsito aéreo que representa una exposición efectiva al riesgo de colisión.

Este procedimiento establece una jerarquización relativa de vulnerabilidad espacial entre aerogeneradores, en función de la frecuencia de tránsito de especies sensibles registradas dentro del rango altitudinal de riesgo, lo que facilita la identificación de los aerogeneradores con mayor potencial de impacto y permite evaluar preliminarmente la relación entre el emplazamiento proyectado y la distribución espacial de la actividad aérea registrada.

A partir del cálculo de Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE) se generó una superficie continua mediante un geoproceso de interpolación por ponderación de distancia inversa (IDW), en ArcGIS 10.8. Sobre esta base, se elaboró un mapa de calor que representa la distribución espacial del IVE, clasificado según percentiles de la siguiente manera: vulnerabilidad baja (IVE < P50), vulnerabilidad media (P50 ≤ IVE ≤ P75) y vulnerabilidad alta (IVE > P75).

5. RESULTADOS

5.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1.1 Caracterización del riesgo

La colisión de aves ocurre por el contacto o choque directo de aves en vuelo con las aspas de un aerogenerador en movimiento. Se debe considerar que los actuales aerogeneradores pueden elevarse a alturas que superan los 180 m, con aspas que miden sobre 75 m y rotores que giran a alrededor de 30 rpm, con lo cual el punto extremo de las aspas puede girar a 80 m/s (Meseguer, 2009, SAG, 2015). En la escena internacional, el efecto de los parques eólicos sobre las aves es uno de los motivos principales de preocupación, puesto que son evidentes y cuantificables (Atienza *et al.*, 2011, SAG, 2015).

a) Factores propios de las estructuras (aerogeneradores)

El tamaño de los aerogeneradores parece tener un claro efecto sobre la probabilidad de ocasionar colisiones, siendo mayor cuanto más altas sean las estructuras (Johnson *et al.*, 2002, 16, SAG, 2015). Por ello, varios autores alertan que si se aumenta más la altura de los aerogeneradores podría aumentarse la tasa de mortalidad al interceptar la altura de vuelo de las aves que realizan migraciones nocturnas (Atienza *et al.*, 2011, SAG, 2015).

En cuanto a la iluminación, existe consenso en que turbinas más iluminadas atraerían más a las aves, generando un mayor número de colisiones. Esta atracción sería mayor cuanto más continua sea la emisión de luz y supondría una amenaza, en mayor medida, para las aves migrantes nocturnas (Johnson *et al.*, 2002, Atienza *et al.*, 2011, SAG, 2015).

La estructura del parque eólico definirá en qué medida este actúa como una barrera para el paso de las especies migratorias. Proyectos que presentan una estructura lineal poseen una mayor probabilidad de generar colisiones, aunque se debe tener presente lo expuesto en el punto siguiente (Percival, 2005, Morrison *et al.*, 2009, US Fish and Wildlife Service, 2012, SAG, 2015).

Existe evidencia de que algunas estructuras específicas suelen ocasionar gran parte o la totalidad de la mortalidad ocasionada por un parque eólico completo. La ubicación de las turbinas dentro de un parque es determinante, puesto que como ha sido demostrado, no todos los aerogeneradores revisten la misma peligrosidad, sino que algunos en particular concentran la mayor parte de la mortalidad ocasionada por un parque eólico. Los aerogeneradores ubicados en sitios cuyo relieve determina condiciones favorables para un alto tránsito de aves, revisten mayor riesgo que aquellos que se ubican en micrositios que no poseen esta condición. La información acerca del tránsito de aves en un lugar determinado puede obtenerse mediante observación directa, el uso de radares o en modelos de túneles de viento (Arnett *et al.*, 2009, Edkins, 2008, NWCC, 2010, Thelander & Smallwood, 2009, Tidemann & Nelson, 2011, Ferrer *et al.*, 2012, SAG, 2015).

b) Factores propios de las aves

La susceptibilidad a colisión presenta variación interespecífica, en función de atributos morfológicos, conductuales y ecológicos. Las especies de vuelo poco maniobrable, es decir, aquellas que poseen una alta carga alar (relación entre la superficie alar y el peso del ave) y una baja relación de aspecto (alas largas y delgadas), poseen una menor capacidad para sobrellevar los vórtices de viento producidos por los extremos de las aspas de los aerogeneradores. Esta situación afecta principalmente a especies pertenecientes a los Órdenes Anseriformes, Columbiformes, Charadriiformes, Galliformes (Tinamiformes), Piciformes, Pelecaniformes, Gruiformes, Podicipediformes y también Passeriformes. Para este último grupo la detección es muy baja, debido a la rápida remoción de cadáveres por carroñeros y depredadores oportunistas (Subramanian, 2012, Percival, 2005, Johnson *et al.*, 2002, Atienza *et al.*, 2011, Everaert & Stienen, 2006, Morrison *et al.*, 2009, Erickson *et al.*, 2002, Kuvlesky *et al.*, 2007, SAG, 2015).

Las especies de aves que habitualmente realizan vuelos nocturnos poseen una mayor probabilidad de colisión contra los aerogeneradores, particularmente durante noches de baja visibilidad debido a factores ambientales (Kunz *et al.*, 2007, Atienza *et al.*, 2011, Kerlinger et al., 2010, Mabee et al., 2006, SAG, 2015).

c) Factores ambientales

La localización de los aerogeneradores tiene un gran efecto en la probabilidad de colisión, de manera que la energía eólica y las aves pueden convivir sin problemas si la elección del sitio de desarrollo del proyecto eólico es apropiada (Percival, 2005, Atienza *et al.*, 2011, NWCC, 2010, SAG, 2015).

Los parques situados en, o cerca, de áreas utilizadas regularmente por un gran número de aves para su alimentación, reproducción, descanso o migración, son más peligrosos. Los parques situados en crestas, valles, en pendientes muy pronunciadas, cerca de cañones y en penínsulas y estrechos pueden producir una mayor mortalidad entre las aves. También se señala que características como la pendiente, la altura y otros factores relacionados contribuyen a la mortalidad de las aves (Morrison *et al.*, 2009, Percival, 2005, Atienza *et al.*, 2011, SAG, 2015).

El riesgo de colisión se incrementa en períodos y sitios de migración. Aunque las migraciones ocurren predominantemente en primavera y otoño, no se encuentran limitadas a estas estaciones, puesto que las fechas de migración están relacionadas con la latitud. Además, se debe tener presente que estas varían en época del año según la localidad donde estas ocurran. Las migraciones pueden durar varias semanas, e individuos de diferente sexo y grupo etario pueden migrar en diferente época del año (Richardson, 2000, SAG, 2015).

La altura de vuelo es severamente afectada por las condiciones climáticas. En efecto, se ha descrito que las colisiones son más frecuentes en días de mal tiempo: neblina, tormenta y altas velocidades de viento (>1,5 m/s). Aquellos lugares en los cuales se manifiestan, de manera regular, eventos climáticos que dificultan la visibilidad o maniobrabilidad de las aves (lluvia, nieve, neblina, etc.), poseen una mayor probabilidad de colisión (Richardson, 2000, Johnson *et al.*, 2002, Subramanian, 2012, Atienza *et al.*, 2011, SAG, 2015).

5.1.2 Caracterización biogeográfica de la zona del Proyecto

En términos biogeográficos, el área de estudio se ubica principalmente en la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo según la clasificación de Gajardo (1993) y entre los pisos vegetacionales del Bosque Esclerófilo Mediterráneo Costero de *Lithrea caustica* y *Azara integrifolia* y del Bosque Esclerófilo Mediterráneo Costero de *Nothofagus glauca y Persea lingue* (Lüebert y Pliscoff, 2017), sin embargo, es evidente que en la zona existe alta intervención antrópica, principalmente para agricultura, ganadería y explotación forestal, desde la época de la colonia hasta la actualidad.

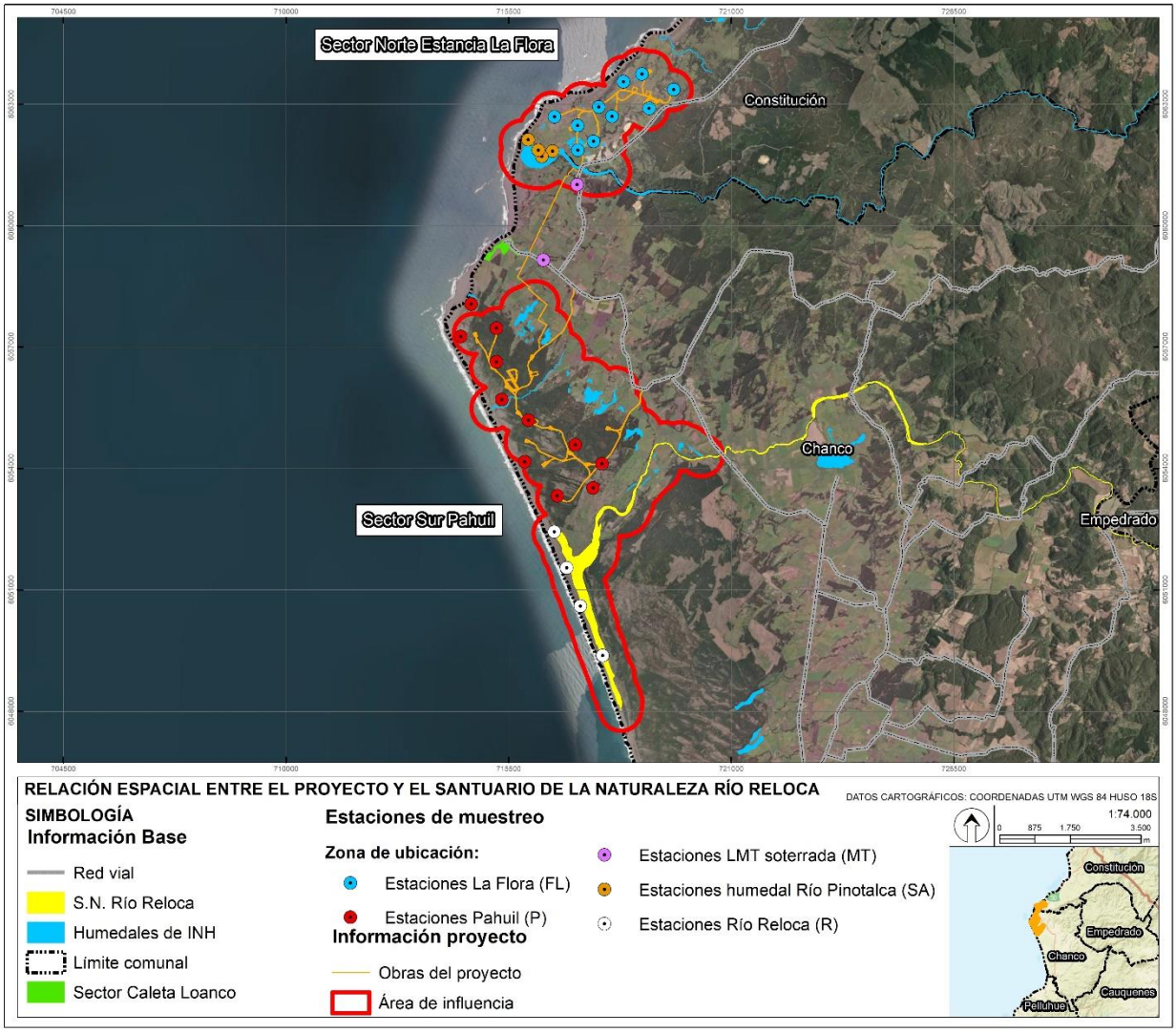
5.1.3 Aspectos legales

La parte sur del Proyecto, sector Pahuil está ubicada cerca del Santuario de Naturaleza Humedal de Reloca. En la Figura 5-1 se muestra la relación espacial entre el Proyecto y el Santuario de la Naturaleza Río Reloca.

Hay que tener en consideración que según el artículo 8° del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S.N°40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente) sobre localización y valor ambiental del territorio, el titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad se localiza en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.

Se entenderá que el proyecto o actividad se localiza en o próxima a población, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares o a un territorio con valor ambiental, cuando éstas se encuentren en el área de influencia del proyecto o actividad. Se entenderá por recursos protegidos aquellos colocados bajo protección oficial mediante un acto administrativo de autoridad competente, con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental. Se entenderá por áreas protegidas cualesquiera porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente, colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental.

Figura 5-1. Relación espacial entre el Proyecto y el Santuario de la Naturaleza Río Reloca



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

5.1.4 Caracterización de la avifauna

5.1.4.1 Diversidad

El catastro de la avifauna corresponde mayoritariamente a aquella típica de los humedales y zonas silvo-agropecuarias de Chile central (ej. Stotz *et al.*, 1996; Marín, 2004; Barros *et al.*, 2014) y está compuesto por un total de 133 especies, 126 nativas, 3 endémicas y 4 exóticas. En el Apéndice 8.3.1 se entrega el detalle de las especies potencialmente presentes en el área de influencia.

Se observa que este diverso catálogo de 133 especies está conformado por 19 órdenes y 42 familias de aves que incluye aves de hábitos terrestres y acuáticos. Incluye las aves marinas costeras, como gaviotas, pelicanos y yecos, pero excluye aquellas aves marinas que desarrollan su actividad sobre el mar y no en la playa como fardelas, piqueros y cormoranes guanay y lile.

En general el grupo más diverso es el orden Paseriformes con 42 especies. Por otra parte, destacan los órdenes asociados a humedales, tales como como Anseriformes (14 especies, de las cuales dos son cisnes y doce son patos), Charadriiformes (24 especies) y Pelecaniformes (8 especies).

5.1.4.2 Singularidad y endemismo

El análisis de la distribución geográfica, indica que la mayoría de las especies tiene una amplia presencia en Chile y también se encuentran en los países vecinos. Todas las especies se distribuyen en varias regiones del país, ninguna especie es exclusiva de la Región del Maule o del área de influencia. De las 133 especies nativas, tres son endémicas de nuestro país (2,3% de endemismo) y corresponden a la perdiz *(Nothoprocta perdicaria)*, el canastero *(Pseudasthenes humicola)* y el churrín *(Scytalopus fuscus).*

5.1.4.3 Estado de conservación

El estado de conservación de las especies de avifauna potencialmente existentes en el área de influencia (Apéndice 9.1) está basado en el Reglamento de Clasificación de especies silvestres según estado de conservación (RCE), con información adicional de algunas especies en el Reglamento de la Ley de Caza (SAG, 2018).

De las 133 especies nativas, solo 31 han sido clasificadas según el RCE, de ellas:

- Dos están amenazadas: el chorlo nevado *(Charadrius nivosus)* y la gaviota garuma *(Leucophaeus modestus)*, que se encuentran en categoría Vulnerable (VU).
- En tanto que el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), el pilpilén común (*Haemaptopus palliatus*), el gaviotín monja (*Larosterna inca*), el gaviotín elegante (*Thalasseus elegans*), el chorlo de collar (*Charadrius chollaris*), Guanay (*Phalacrocorax bouganvillii*), Lile (*Phalacrocorax gaimardi*), Pelícano (*Pelecanus thagus*), Cóndor (*Vultur gryphus*), Chorlo de campo (*Oreopholus ruficollis*), Concón (*Strix rufipes*) y el cuervo de pantano (*Plegadis chihi*) están clasificadas como Casi amenazados (NT).
- Además hay 17 especies en categoría Preocupación menor (LC), estas son: la perdiz chilena (*Nothoprocta perdicaria*) el pato gargantillo *(Anas bahamensis),* el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el cisne cuello negro *(Cygnus melanchorhypus)*, el pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*), el pato cuchara (*Spatula platalea*), Piquero (*Sula variegata*), la garza cuca (*Ardea cocoi*), Bandurria (*Theristicus melanopis*), Peuquito (*Accipiter chilensis*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), la gaviota de Franklin (*Larus pipixcan*), becacina (*Gallinago magellanica*), el zarapito

(*Numenius phaeopus*), el pitotoy chico (*Tringa flavipes*), la perdicita (*Thinocorus rumicivorus*), y la torcaza *(Patagioenas araucana).*

Ninguna de las especies amenazadas o casi amenazadas evidenció reproducción en el área de influencia y están presentes solo como visitantes estacionales; sin embargo, especies en categoría Preocupación menor (LC), como el cisne de cuello negro (*Cygnus melanchorhypus*) y el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), si lo hacen.

5.1.4.4 Residencia y Migración

Se asume también que el área puede constituirse en un corredor para el paso de aves marino-costeras, acuáticas y también algunas migratorias, considerando la proximidad al borde costero y la existencia de humedales en las cercanías (el humedal Río Pinotalca se ubica aproximadamente a 1,0 km del sector norte de Estancia La Flora y el humedal Reloca a menos de 2,0 km del sector sur de Pahuil). Si bien en el contexto internacional, se reconoce que la producción de energía eólica podría tener un impacto sobre aves migratorias, normalmente esta situación se refiere a proyectos de parques eólicos off shore, es decir los que se instalan en el mar, a poca distancia de la costa y mucho menos al caso de proyectos terrestres, aun cuando los que están cerca de la costa podrían ser más riesgosos para estas especies. (Langston & Pullan. 2002).

La mayoría de las especies son residentes en el área de la cuenca, esto es especialmente válido para las especies de menor movilidad como los Paseriformes. Las especies mayores (ej. rapaces,) pueden moverse grandes distancias y nidificar/reproducirse fuera de esta cuenca o tener ámbitos de hogar que abarquen más de una cuenca.

Varias especies de aves son migratorias (sensu Marín 2004), destacando los visitantes del hemisferio norte pertenecientes al orden Charadriiformes. Entre las aves nidificantes, la pínguera *(Patagona gigas)* y el fiofío *(Elaenia albiceps)* se reproducen en la zona, pero en invierno migran hacia la Amazonía; otras especies como el picaflor chico *(Sephanoides sephanoides)*, la viudita (*Colorhamphus parvirostris),* el diucón (*Xolmis pyrope)* y el jilguero *(Carduelis barbatus)* son migradores locales y aumentan sus poblaciones en invierno debido a la llegada de poblaciones procedentes de los bosques australes.

En Chile se reconoce la presencia de 72 especies de aves migratorias, considerando migrantes boreales y australes. El 80,6% de ellas vive en ambientes acuáticos marinos o continentales, pero al menos 30 de estas especies son calificadas como migratorias oceánicas, que realizan desplazamientos en los mares y, en general, presentan hábitos pelágicos, es decir, viven alejados de la costa, por lo cual 28 especies podrían considerarse migratorias terrestres o costeras (Salaberry *et al.* 1996, Tala 2006).

En cuanto a las rutas que siguen las aves migratorias, no hay datos concretos en nuestro país, respecto a rutas específicas en el territorio y sólo se conoce y se cita regularmente, la existencia de tres rutas interhemisféricas, una de las cuales, la ruta oeste o del Pacífico, sigue las costas del océano Pacífico, llegando así muchas especies a la costa de Chile Central. Sin embargo no hay datos específicos, respecto a alturas de vuelo, ni distancia desde la costa al continente y sólo se sabe que durante la mayor parte de

los trayectos, las alturas superan los 1.000 m. Es evidente que a la llegada a sus sitios de destino y también en algunos puntos intermedios, las aves deben descender para descansar o alimentarse y que, en ese momento, deben volar a altura de generadores (Salaberry *et al.* 1996, Canevari *et al.*, 2001. Tala 2006).

Por otra parte, se sabe que los ambientes costeros son, generalmente, los más ricos y diversos en términos de abundancia como también en número de especies migratorias que concentran. Los requerimientos dependen de cada especie, aunque, en general, la asociación de playas de arena o fangos, desembocaduras de ríos o lagunas costeras, son de enorme interés en la zona norte, central y sur del país. No obstante, en nuestro país, las zonas costeras que se reconocen por recibir un número importante de aves migratorias, así como también por presentar diversos sitios de descanso durante las migraciones, corresponden principalmente a las costas de Coquimbo (IV Región), Concepción (VIII Región), Chiloé (X Región) y Bahía Lomas (XII Región), para varias especies aves playeras y acuáticas (Sallaberry et al., 1996; Tabilo et al., 1996; Canevari et al., 2001, Tala 2006).

Los Censos Neotropicales de Aves Acuáticas siguen la metodología diseñada por Wetlands International que se aplica a nivel mundial para el seguimiento de sitios, se realizan censos en temporadas de verano e invierno (usualmente febrero y julio) y entre los numerosos sitios de Chile se encuentra información sobre el humedal de Reloca. Por ejemplo, en el censo del verano de 1998 se registró 5.339 ejemplares de 24 especies (Espinosa 1999); en 1999 el censo se hizo en invierno y se registró 2.790 individuos de 21 especies (Espinoza 2000). En el invierno de 2009 se registró 11.981 aves de 29 especies (Matus et al. 2010). En el 2010 el censo en la Desembocadura del río Reloca registró 1.574 ejemplares de 31 especies en febrero y 5.348 individuos de 27 especies en julio (Schmitt et al. 2011). Actualmente los resultados de los censos se suben a la plataforma eBird de forma inmediata, pues los listados que documentan la diversidad y abundancia en cada uno de los sitios son realizados en dicha plataforma (https://ebird.org/explore). Lo que destaca en los distintos censos es la variabilidad tanto en el número de especies (que varía de 21 a 31) y el número de individuos que varía de 1.574 a 11.981.

Estades y Vukasovic (2013) presentan resultados de un estudio de largo plazo de las aves acuáticas en el estuario del río Itata que incluye sitios adicionales (Mataquito, Reloca, y Topocalma) e indican que las comunidades de aves en los estuarios del centro de Chile son altamente dinámicas, pero exhiben patrones relativamente claros y predecibles ya que las poblaciones de la mayoría de las especies muestran regularidad en sus ciclos estacionales. Los cambios más evidentes se deben a la llegada y partida de especies migratorias interhemisféricas que se concentran en los estuarios durante el verano austral y especies que se reproducen en el sur de Chile que se agregan en estas áreas durante el invierno. Adicionalmente, muchas especies residentes se concentran en estos estuarios durante el período post-reproductivo, aparentemente, provenientes de humedales del interior.

Los mismos autores distinguen diferentes comportamientos entre los migrantes de larga distancia; por ejemplo, la gaviota de Franklin y el gaviotín elegante, muestran solo un pico de abundancia en la temporada, lo que sugiere que utilizan los estuarios como destino final. En cambio, los playeros de Baird muestran dos picos claros, lo que es un indicativo de que los estuarios del centro de Chile están siendo utilizados mayoritariamente como sitios de parada durante sus movimientos hacia y desde las zonas sur y austral.

El alto nivel de coincidencia entre las tendencias poblacionales de la mayoría de las especies (incluidos los residentes) en los diferentes estuarios estudiados sugiere que las dinámicas locales están impulsadas principalmente por factores regionales más que por mecanismos locales. Las trayectorias de las poblaciones agregadas fueron más consistentes que la dinámica en los estuarios individuales, lo que sugiere que los sitios estudiados son parte de un sistema más grande y que el comportamiento de las poblaciones en diferentes estuarios no es independiente entre sí. El ejemplo del gaviotín elegante es evidente, mientras que los números agregados se mantuvieron bastante estables entre 2006 y 2009, en Mataquito la población pasó de aproximadamente 3.000 aves en 2006 a casi nada en las temporadas 2007-2008, y luego, nuevamente, a más de 3.000 en 2009. Casualmente, en Reloca la tendencia fue la opuesta, lo que sugiere una redistribución de aves entre sitios.

Por otra parte, Estades et al. 2012, indican que la actividad más importante de las aves en los estuarios del centro de Chile, incluyendo los dos evaluados en este estudio, es el descanso. Muchas aves marinas que se alimentan en el océano, como gaviotas, pelícanos y cormoranes, se posan en los bancos de arena e islotes que existen en estos humedales. Estos lugares proporcionan un ambiente más seguro para descansar que las playas, debido a que no son accesibles a los depredadores no voladores, como los perros.

5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

Para evaluar el riesgo de colisión en las áreas de generación (parque eólico), se deben tomar en cuenta las características estructurales de los aerogeneradores a utilizar en el Proyecto.

El Proyecto será diseñado para la instalación de un máximo de 22 aerogeneradores de hasta 7 MW de potencia unitaria, que tendrán una altura de buje de 140 m. El rotor está constituido por tres aspas aerodinámicas, las que transforman la energía cinética del viento y transmite su potencia al buje y al eje principal. El diámetro del rotor será de 175 m y el área de barrido de las aspas abarcará 24.053 m^2. La altura total de los aerogeneradores alcanza a 226 m. Las principales características de los aerogeneradores se muestran en la siguiente Tabla:

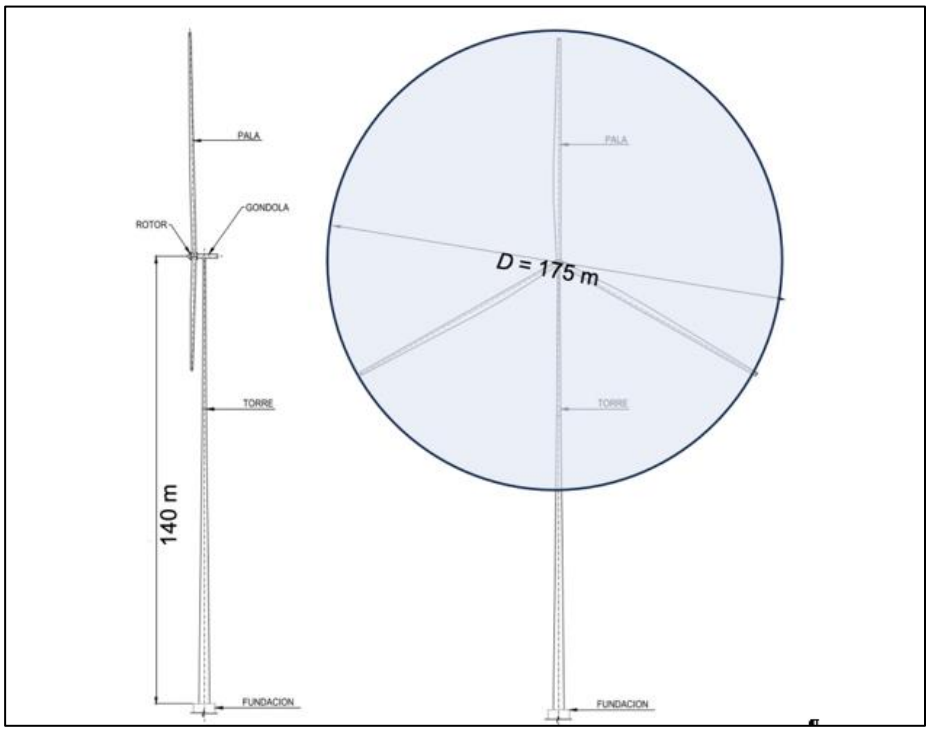
Tabla 5-1. Características generales de diseño de los aerogeneradores

Parámetro/Características	Unidad	Valor
Capacidad nominal	kW	7000
Velocidad de arranque	m/s	3
Velocidad nominal (MW)	m/s	7
Velocidad de detención automática	m/s	25
Diámetro nominal rotor	m	175
Longitud aspa o pala	m	84,35
Área de barrido	m^2	23,235
Altura torre hasta el eje del rotor	m	140
Altura total	m	226
Tensión de salida eléctrica transformador	kV	33

Fuente: Información aportada por el titular, 2026.

Analizando estas características en cuanto a factores estructurales que predisponen a accidentes por colisión, en el caso del Proyecto, la gran altura que alcanzan los aerogeneradores favorece una menor probabilidad de encuentro de las aves presentes (en su mayoría aves pequeñas que vuelan a baja altura) con las aspas en rotación, sin embargo, para el caso de las aves planeadoras, que vuelan a mayor altura, la probabilidad de colisión se acrecienta.

Figura 5-2. Perfil general de un aerogenerador



Fuente: Información aportada por el titular, 2026.

El rango altitudinal correspondiente al barrido vertical del rotor se definió entre 56 m y 224 m sobre el nivel del terreno, a partir de una altura de buje de 140 m y una longitud de pala de 84 m. Este intervalo representa la envolvente vertical efectiva ocupada por el movimiento rotacional de las aspas y constituye el espacio aéreo de referencia para la evaluación de potencial interacción con avifauna en vuelo. En términos analíticos, esta delimitación permite contrastar la distribución de alturas de vuelo registradas en terreno respecto del intervalo de barrido del rotor, diferenciando aquellos eventos ocurridos por debajo, dentro o por encima de la zona de potencial exposición al aerogenerador.

5.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN TERRENO

5.3.1 Caracterización del área de influencia

El área de influencia se ubica en una zona de topografía suave, en la costa de la región mediterránea en Chile centro sur. El área de generación se instala sobre planicies costeras, casi al nivel del mar.

Como ya se señaló, el área de generación está dividida en dos sectores separados. El sector norte, Estancia La Flora, corresponde a un ambiente de praderas degradadas, con escasos parches de vegetación nativa y presencia de pequeños humedales, del tipo tranques o embalses. El sector sur, Pahuil, corresponde a una plantación forestal de *Pinus radiata,* instalada sobre una planicie costera con sustrato arenoso.

Al sur de cada área, se localizan sendos humedales, constituidos por las desembocaduras de cursos de agua originados en la cordillera de la costa. A poco más de 1,2 km al sur del área del sector norte Estancia La Flora, se encuentra la desembocadura del río Pinotalca (sector también conocido como Santa Ana), en tanto que a aproximadamente 1,8 km al sur del sector Pahuil, se encuentra la desembocadura del río Reloca. En ambos casos se forman albuferas, de distinta extensión, pero ambas están sometidas a la influencia del régimen de mareas, que ofrecen óptimas condiciones como refugio y fuente de recursos alimenticios para aves acuáticas, marino-costeras, y migratorias, lo que produce importantes concentraciones de ejemplares de distintas especies, en diferentes épocas del año.

Cabe señalar que la desembocadura del río Reloca es un área privada bajo protección oficial, en la categoría de Santuario de la Naturaleza.

La línea de media tensión (LMT) que conecta a ambos sectores, es soterrada y transcurre por una zona de planicies y pequeñas quebradas, donde existe un ambiente antropizado, que está constituido por praderas y cultivos agrícola.

En resumen, en el área de influencia es posible identificar principalmente tres tipos de ambientes:

Una zona de praderas degradadas, producto de la colonización de terrenos agrícolas con plantas herbáceas y parches de vegetación nativa del tipo matorral e inclusión de ambientes de humedal, por la existencia de sectores inundados, así como cuerpos de agua artificiales (tranques), en fondos de quebradas. Este tipo de ambiente está presente en el sector norte Estancia La Flora.

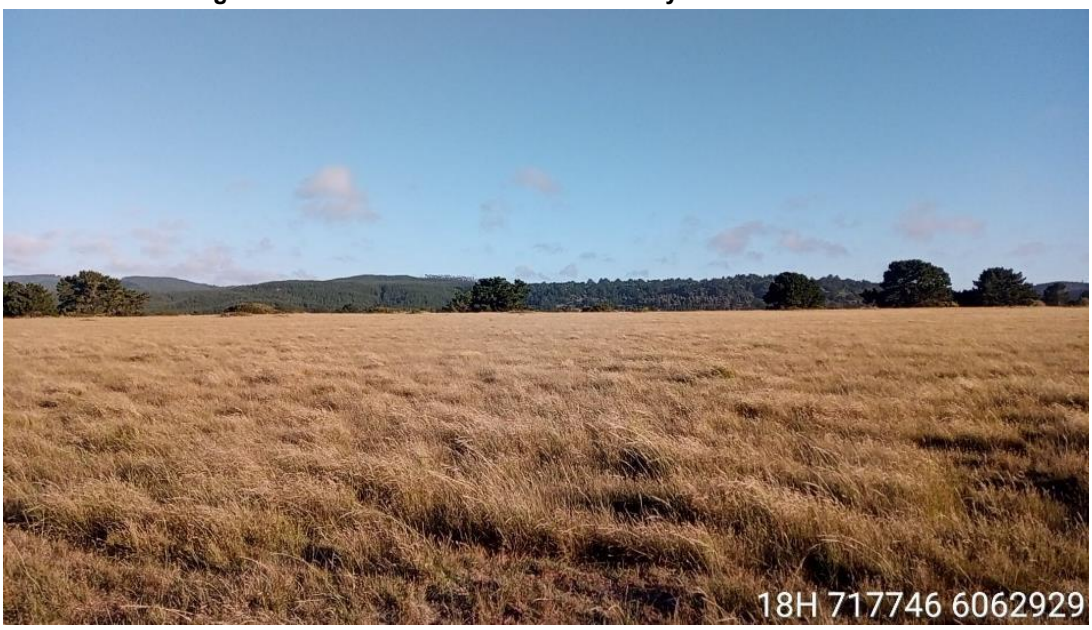
Una zona de plantaciones forestales, de pino insigne, principalmente en el sector sur de Pahuil, donde se combina con vegetación usada para la contención de dunas, en el borde costero.

Ambiente de humedal, en el área de influencia, fuera de las áreas ocupadas directamente por el Proyecto, pero muy cercanas a las áreas de generación, ejerciendo potencial influencia sobre éstas, por el tránsito de aves acuáticas.

Adicionalmente dentro del área de influencia, según el estudio de línea base de flora y vegetación, se consigna la existencia de sectores menos extensos con cobertura de bosque nativo y dunas en el borde

costero, así como zonas destinadas al uso agrícola (principalmente en torno a la LMT) y al uso antrópico (viviendas e industrias).

Fotografía 5-1. Pradera. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora



Fuente: Registro fotográfico en terreno. Tricao Consultores. 2024.

Fotografía 5-2. Pradera y matorral. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora



Fuente: Registro fotográfico en terreno. Tricao Consultores. 2024.

Fotografía 5-3. Pradera y humedal. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora



Fuente: Registro fotográfico en terreno. Tricao Consultores. 2024.

Fotografía 5-4. Desembocadura Río Pinotalca, conocido también como humedal Santa Ana. Sector norte del Proyecto Estancia La Flora



Fuente: Registro fotográfico en terreno. Tricao Consultores. 2024

Fotografía 5-5. Plantación forestal. Sector sur del Proyecto Pahuil



Fuente: Registro fotográfico en terreno. Tricao Consultores. 2024.

Fotografía 5-6. Plantación forestal. Sector sur del Proyecto Pahuil



Fuente: Registro fotográfico en terreno. Tricao Consultores. 2024.

Fotografía 5-7. Vista humedal Reloca. Sector sur del Proyecto Pahuil



Fuente: Registro fotográfico en terreno, Tricao Consultores. 2025.

5.3.2 Riqueza (diversidad) de especies de aves

A través de los registros obtenidos en las cuatro campañas y contabilizando las especies presentes en los humedales existentes en el área de influencia y en la zona de generación propiamente tal, se identificaron 93 especies de aves (correspondientes a 16 órdenes y 37 familias), sin embargo 36 de las 93 especies sólo fueron observadas en los puntos de registro ubicados en los humedales Pinotalca y Reloca y no en la zona de generación (Tabla 5-2).

En la zona de generación, la mayor diversidad de especies se registró en los ambientes de pradera y matorral del sector norte del Proyecto (Estancia La Flora), donde se pesquisaron 58 especies, en cambio en el sector sur del Proyecto (Pahuil), en el ambiente de plantación forestal, la diversidad fue menor, alcanzando sólo a 39 especies (Tabla 5-2). El predominio de ambientes antropizados, le otorga al área una diversidad faunística moderada, permitiendo la existencia de una comunidad de aves más diversa en los ambientes de pradera y matorral, predominantes en el sector norte de la zona de generación y una mínima diversidad en las plantaciones forestales en el sector sur del Proyecto.

En el escenario descrito, la avifauna presente en el área de influencia corresponde principalmente a una mezcla de especies propias de ambientes de humedal (Caradriformes y Anseriformes) y secundariamente de matorral o bosque, con predominio de aves pequeñas y escasa presencia de aves rapaces.

Entre las aves de matorral, la mayoría corresponde a Paseriformes y algunas Columbiformes, que normalmente realizan cortos desplazamientos entre el follaje, lo que las hace muy poco susceptible a colisión con aerogeneradores. Constituyen excepción a esta regla las aves acuáticas, que potencialmente podrían desplazarse por las zonas de generación, en su traslado entre los humedales ya descritos.

También se determinó, aunque con registros únicos, la presencia de tres (3) especies de rapaces nocturnas, lechuza blanca (*Tyto alba*), chuncho *(Glacidium nanum)* y tucúquere (*Bubo magellanicus)*, para las que, precisamente por ser activas de noche, se asume que tienen mayor riesgo de colisionar con objetos que se encuentren a su altura de vuelo, pero afortunadamente estas aves muy excepcionalmente se elevan a la altura de las aspas de los aerogeneradores.

Por otra parte, en cuanto a la comparación entre los registros estacionales, existió una mayor riqueza de especies en el periodo primavera y verano (82 y 84 respectivamente), en relación con lo observado en otoño e invierno (69 y 64), sin embargo, la diferencia fue mínima, restringiéndose principalmente a la ausencia, en este último periodo, de algunas especies migratorias que habitualmente ocupan los humedales de la zona central del país en el verano austral o a migrantes locales (Tabla 5-2).

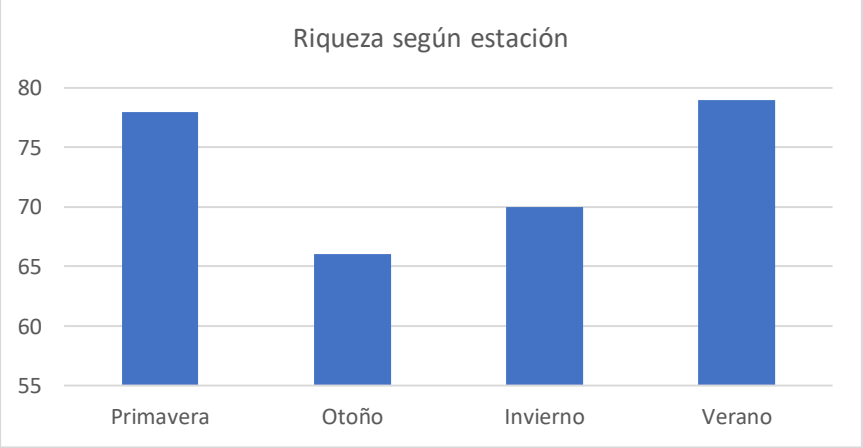
En la muestra destaca el registro de 14 especies clasificadas en categorías de conservación en el área de generación, entre las cuales destaca la gaviota garuma *(Leucophaeus modestus)* en la categoría Vulnerable (VU). Luego, en la categoría Casi Amenazada (NT), se encuentran 4 especies: pelícano (*Pelecanus thagus*), cuervo de pantano *(Plegadis chihi)*, pilpilén común *(Haematopus palliatus)* y gaviotín monja (*Larosterna inca*), y las nueve especies restantes se encuentran clasificadas en la categoría Preocupación Menor (LC): perdiz (*Nothoprocta perdicaria*), pato gargantillo (*Anas bahamensis*), cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), pato cuchara (*Spatula*

platalea), garza cuca (*Ardea cocoi*), becacina (*Gallinago magellanica*), zarapito común (*Numenius phaeopus*), zarapito (*Tringa flavipes*).

En cuanto al origen, es interesante mencionar el registro de tres (3) especies de aves endémicas de nuestro país: la perdiz *(Nothoprocta perdicaria),* el canastero *(Pseudasthenes humicola)* y el churrín del norte *(Scytalopus fuscus)*, todas presentes en el sector norte (Estancia de La Flora) y las dos últimas también en la zona sur del área del Proyecto (Pahuil).

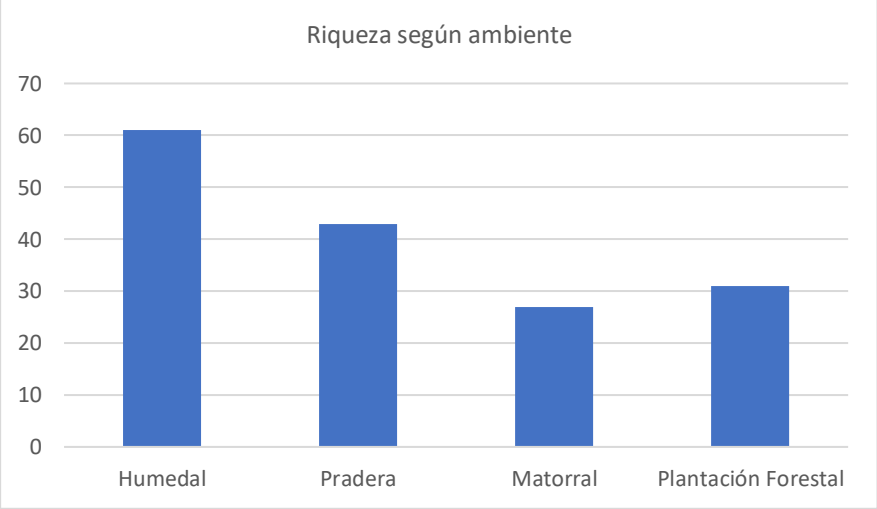
La Tabla 5-2 muestra el listado de especies identificadas, con indicación del tipo de ambiente donde fueron pesquisadas, así como su origen y estado de conservación, registradas en el área de influencia del Proyecto. La variación según estación del año y ambiente se aprecia en los Gráfico 5-1 y Gráfico 5-2.

Gráfico 5-1. Riqueza de especies según estación del año



Fuente: Tricao, 2025.

Gráfico 5-2. Riqueza de especies según ambiente



Fuente: Tricao, 2025.

La riqueza observada refleja la coexistencia de especies asociadas a ambientes agroforestales, humedales costeros y sectores abiertos, lo que explica la heterogeneidad funcional registrada en el área de influencia.

Tabla 5-2. Especies de aves registradas en el área de influencia del Proyecto

Nombre Común	Especie	Familia	Orden	Ambiente	Campaña	Estado de conservación	Origen
Perdiz	*Nothoprocta perdicaria*	Tinamidae	Tinamiformes	Pr - M	P-O-I-V	**LC**[5]	E
Pato gargantillo	*Anas bahamensis*	Anatidae	Anseriformes	H	V	**LC**[3]	N
Pato jergón chico	*Anas flavirostris*	Anatidae	Anseriformes	Pr - H	P-O-I-V	---	N
Pato jergón grande	*Anas georgica*	Anatidae	Anseriformes	Pr - H	P-O-I-V	---	N
Cisne coscoroba	*Coscoroba coscoroba*	Anatidae	Anseriformes	H	P-O-I-V	**LC**[3]	N
Cisne de cuello negro	*Cygnus melancoryphus*	Anatidae	Anseriformes	H	P-O-I-V	**LC**[3]	N
Pato real	*Mareca sibilatrix*	Anatidae	Anseriformes	H	P-I-V	---	N
Pato rana de pico delgado	*Oxyura vittata*	Anatidae	Anseriformes	H	V	---	N
Pato colorado	*Spatula cyanoptera*	Anatidae	Anseriformes	H	P	---	N
Pato cuchara	*Spatula platalea*	Anatidae	Anseriformes	H	P-V	**LC**[1]	N
Pato capuchino	*Spatula versicolor*	Anatidae	Anseriformes	H	V	---	N
Codorniz californiana	*Callipepla californica*	Odontophoridae	Galliformes	Pr - PF	P-O-I-V	---	I
Huala	*Podiceps major*	Podicepedidae	Podicepediformes	H	P-O-I-V	---	N
Picurio	*Podilymbus podiceps*	Podicepedidae	Podicepediformes	H	P-O-I-V	---	N
Pimpollo	*Rollandia roland*	Podicepedidae	Podicepediformes	H	P-O-I-V	---	N
Yeco	*Phalacrocorax brasilianus*	Phalacrocoracidae	Suliformes	Pr-M-H	P-O-I-V	---	N
Pelícano	*Pelecanus thagus*	Pelacanidae	Pelecaniformes	H	P-O-V	**NT**[2]	N
Garza grande	*Ardea alba*	Ardeidae	Pelecaniformes	H	P-O-I-V	---	N
Garza cuca	*Ardea cocoi*	Ardeidae	Pelecaniformes	H	P-O-I-V	**LC**[5]	N
Garza boyera	*Bubulcus ibis*	Ardeidae	Pelecaniformes	Pr - H	P-O-I-V	---	N
Garza chica	*Egretta thula*	Ardeidae	Pelecaniformes	Pr - H	P-O-I-V	---	N
Huairavo	*Nycticorax nycticorax*	Ardeidae	Pelecaniformes	H	P-O-V	---	N
Cuervo de pantano	*Plegadis chihi*	Threskiornithidae	Pelecaniformes	Pr - H	O-V	**NT**[3]	N
Jote cabeza colorada	*Cathartes aura*	Cathartidae	Cathartiformes	Pr-M-H-PF	P-O-I-V	---	N
Jote cabeza negra	*Coragyps atratus*	Cathartidae	Cathartiformes	Pr-M-H-PF	P-O-I-V	---	N
Vari	*Circus cinereus*	Accipitridae	Accipitriformes	Pr - H	P-O-I	---	N
Aguilucho	*Geranoaetus polyosoma*	Accipitridae	Accipitriformes	Pr-M-H-PF	P-O-I-V	---	N
Peuco	*Parabuteo unicinctus*	Accipitridae	Accipitriformes	PF	P-V	---	N
Cernícalo	*Falco sparverius*	Falconidae	Falconiformes	Pr - PF	P-O-I-V	---	N

Nombre Común	Especie	Familia	Orden	Ambiente	Campaña	Estado de conservación	Origen
Traro	*Caracara plancus*	Falconidae	Falconiformes	Pr	P-V	---	N
Tiuque	*Milvago chimango*	Falconidae	Falconiformes	Pr-M-H-PF	P-O-I-V	---	N
Tagua común	*Fulica armillata*	Rallidae	Gruiformes	H	P-O-I-V	---	N
Tagua chica	*Fulica leucoptera*	Rallidae	Gruiformes	H	P-O-V	---	N
Tagua de frente roja	*Fulica rufifrons*	Rallidae	Gruiformes	H	O-I-V	---	N
Pidén	*Pardirallus sanguinolentus*	Rallidae	Gruiformes	H	V	---	N
Tagüita	*Porphyriops melanops*	Rallidae	Gruiformes	H	P-O-I-V	---	N
Queltehue	*Vanellus chilensis*	Charadriidae	Charadriiformes	Pr - H	P-O-I-V	---	N
Pilpilén común	*Haematopus palliatus*	Haematopodidae	Charadriiformes	H	P-O-I-V	**NT**[3]	N
Gaviota cáhuil	*Chroicocephalus maculipennis*	Laridae	Charadriiformes	Pr - H	P-O-I-V	---	N
Gaviota dominicana	*Larus dominicanus*	Laridae	Charadriiformes	Pr - H	P-O-I-V	---	N
Gaviota garuma	*Leucophaeus modestus*	Laridae	Charadriiformes	H	I-V	**VU**[3]	N
Gaviotín monja	*Larosterna inca*	Laridae	Charadriiformes	H	P	**NT**[2]	N
Gaviotín sudamericano	*Sterna hirundinacea*	Laridae	Charadriiformes	H	P-I-V	---	N
Gaviotín piquerito	*Sterna trudeaui*	Laridae	Charadriiformes	H	P-O-I-V	---	N
Rayador	*Rynchops niger*	Rynchopidae	Charadriiformes	H	P-I-V	---	N
Perrito	*Himantopus mexicanus*	Recurvirostridae	Charadriiformes	H	P-O-I-V	---	N
Playero de Baird	*Calidris bairdii*	Scolopacidae	Charadriiformes	H	P-I-V	---	N
Playero enano	*Calidris minutilla*	Scolopacidae	Charadriiformes	H	P	---	N
Becacina	*Gallinago magellanica*	Scolopacidae	Charadriiformes	Pr - H	P-O	**LC**[3]	N
Zarapito	*Numenius phaeopus*	Scolopacidae	Charadriiformes	H	V	LC[4]	N
Pitotoy chico	*Tringa flavipes*	Scolopacidae	Charadriiformes	H	V	LC[4]	N
Pitotoy grande	*Tringa melanoleuca*	Scolopacidae	Charadriiformes	H	P-I	---	N
Tórtola	*Zenaida auriculata*	Columbidae	Columbiformes	Pr – M - PF	P-O-I-V	---	N
Tortolita cuyana	*Columbina picui*	Columbidae	Columbiformes	Pr - PF	P-O-I	---	N
Tucúquere	*Bubo magellanicus*	Strigidae	Strigiformes	PF	P	---	N
Chuncho	*Glacidium nanum*	Strigidae	Strigiformes	PF	P-O-I	---	N
Lechuza	*Tyto alba*	Tytonidae	Strigiformes	PF	P-O-V	---	N
Picaflor chico	*Sephanoides sephaniodes*	Trochilidae	Apodiformes	M – PF	P-O-I	---	N
Carpinterito	*Veniliornis lignarius*	Picidae	Piciformes	PF	V	---	N

Nombre Común	Especie	Familia	Orden	Ambiente	Campaña	Estado de conservación	Origen
Minero común	*Geositta cunicularia*	Furnariidae	Passeriformes	Pr	I-V	---	N
Rayadito	*Aphrastura spinicauda*	Furnariidae	Passeriformes	PF - M	P-O-I-V	---	N
Churrete acanelado	*Cinclodes fuscus*	Furnariidae	Passeriformes	Pr – H	P-O-I-V	---	N
Tijeral	*Leptasthenura aegithaloides*	Furnariidae	Passeriformes	PF - M	P-O-I-V	---	N
Trabajador	*Phleocryptes melanops*	Furnariidae	Passeriformes	H	P-O-I-V		N
Canastero	*Pseudasthenes humicola*	Furnariidae	Passeriformes	PF - M	P-O-I-V	---	E
Churrín de la Mocha	*Eugralla paradoxa*	Rhynocryptidae	Passeriformes	PF - M	P-O-V	---	N
Churrín del norte	*Scytalopus fuscus*	Rhynocryptidae	Passeriformes	PF - M	O-V	---	E
Cachudito	*Anairetes parulus*	Tyrannidae	Passeriformes	PF - M	P-O-I-V	---	N
Viudita	*Colorhamphus parvirostris*	Tyrannidae	Passeriformes	PF - M	O-I	---	N
Fio fío	*Elaenia albiceps*	Tyrannidae	Passeriformes	PF - M	P-V	---	N
Run run	*Hymenops perspicillatus*	Tyrannidae	Passeriformes	Pr – H	P-O-I-V	---	N
Colegial	*Lessonia rufa*	Tyrannidae	Passeriformes	H	P-O-I-V	---	N
Dormilona tontita	*Muscisaxicola macloviana*	Tyrannidae	Passeriformes	Pr – H	I	---	N
Diucón	*Pyrope pyrope*	Tyrannidae	Passeriformes	Pr-M-H-PF	P-O-I-V	---	N
Siete colores	*Tachuris rubrigastra*	Tyrannidae	Passeriformes	H	P-I-V	---	N
Golondrina chilena	*Tachycineta leucopyga*	Hirundinidae	Passeriformes	Pr – M – H	P-O-I-V	---	N
Chercán de las vegas	*Cistothorus platensis*	Troglodytidae	Passeriformes	Pr – H	P-I-V	---	N
Chercán	*Troglodytes aedon*	Troglodytidae	Passeriformes	Pr-M-PF	P-O-I-V	---	N
Zorzal	*Turdus falklandii*	Turdidae	Passeriformes	Pr-M-H-PF	P-O-I-V	---	N
Tenca	*Mimus thenca*	Mimidae	Passeriformes	Pr-M-PF	P-O-I-V	---	N
Bailarín chico	*Anthus correndera*	Motacillidae	Passeriformes	Pr – H	P-O-I-V	---	N
Diuca	*Diuca diuca*	Thraupidae	Passeriformes	Pr-M-H-PF	P-O-I-V	---	N
Cometocino patagónico	*Phrygilus patagonicus*	Thraupidae	Passeriformes	M – PF	P-O-I	---	N
Platero	*Rhoposopina alaudina*	Thraupidae	Passeriformes	Pr	P-O-I-V	---	N
Yal	*Rhoposopina fruticeti*	Thraupidae	Passeriformes	Pr	P-I-V	---	N
Chirihue	*Sicalis luteola*	Thraupidae	Passeriformes	Pr	P-O-I-V	---	N
Chincol	*Zonotrichia capensis*	Emberizidae	Passeriformes	Pr-M-PF	P-O-I-V	---	N
Trile	*Agelasticus thilius*	Icterdae	Passeriformes	H	P-O-I-V	---	N
Tordo	*Curaeus curaeus*	Icterdae	Passeriformes	Pr-M-PF	P-O-I-V	---	N

Nombre Común	Especie	Familia	Orden	Ambiente	Campaña	Estado de conservación	Origen
Loica	*Leistes loyca*	Icterdae	Passeriformes	Pr	P-O-I-V	---	N
Mirlo	*Molothrus bonariensis*	Icterdae	Passeriformes	Pr	I	---	N
Jilguero	*Spinus barbatus*	Phrygilidae	Passeriformes	Pr-M-PF	P-O-I-V	---	N
Gorrión	*Passer domesticus*	Passerdae	Passeriformes	Pr-M-PF	P-O-I-V	---	I
Ambiente: Pr:pradera. PF:plantación forestal. M:matorral. H:humedal.							
Campaña: P: Primavera, O: Otoño, I: Invierno.							
Estado de conservación: VU: Vulnerable, NT: Casi amenazada, LC: Preocupación menor. [1] DS 16/2016 MMA [2]DS 23/2019 MMA [3]DS 16/2020 MMA [4]DS 44/2021 MMA [5]DS 02/2024 MMA							
Origen: N: Nativa, E: Endémica, I: Introducida.							

Fuente: Tricao, 2025.

5.3.3 Abundancia absoluta (ejemplares) de especies de aves

En términos de abundancia absoluta el registro total para las tres campañas efectuadas en el área de influencia del Proyecto alcanzó a 7.211 individuos, considerando los puntos de muestreo instalados en el área de generación, la LMT y en los dos humedales vecinos (Tabla 5-3.).

En términos estacionales, el comportamiento de este parámetro en primavera e invierno fue similar puesto que se registraron 1.874 y 1.838 ejemplares, respectivamente, a diferencia de lo ocurrido en otoño y verano, cuando se registró un total de 1.161 y 2.338 individuos. En el sector ocupado por la LMT, la máxima abundancia, contrariamente a lo señalado antes, se registró en otoño (Tabla 5-3.).

El análisis de los resultados de abundancia por especie muestra que los registros más abundantes corresponden a aves acuáticas como el yeco *(Phalacrocorax brasilianus)*, la tagua común *(Fulica armillata)* y el pato jergón grande *(Anas georgica)* o a aves marino-costeras, como la gaviota cáhuil *(Chroicocephalus maculipennis)*, el rayador *(Rynchops niger)* y, especialmente, al gaviotín sudamericano *(Sterna hirundinacea)* (Tabla 5-3.).

La abundancia según estación del año se observa en el Gráfico 5-3

Gráfico 5-3. Abundancia de aves según estación del año



Fuente: Tricao, 2025.

El detalle de los registros, desagregando los resultados por estaciones de muestreo en LMT, área de generación en Estancia La Flora, área de generación Pahuil, humedal río Pinotalca, y humedal río Reloca, se muestra en Apéndice.

Tabla 5-3. Abundancia absoluta de aves en el área de influencia

Especie	Primavera				Otoño				Invierno				Verano				Abundancia total
	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	
Nothoprocta perdicaria		3		3		3		3		4		4	1	2		3	13
Anas bahamensis														2		2	2
Anas flavirostris		7	11	18		4	2	6		12	21	33		13	7	20	77
Anas georgica		41	51	92		31	25	56		12	62	74		27	41	68	290
Coscoroba coscoroba		2	8	10		2	2	4		6	2	8		7	20	27	49
Cygnus melancoryphus		23	22	45		3	6	9		4	18	22		0	85	85	161
Mareca sibilatrix		11		11		8		8		24	4	28		10	6	16	63
Oxyura vittata											0				5	5	5
Spatula cyanoptera		4	14	18			6	6			18	18				0	42
Spatula platalea		2		2		2		2							4	4	8
Spatula versicolor															2	2	2
Callipepla californica		2	4	6		1	1	2		2		2		5	0	5	15
Podiceps major		4	3	7		1	2	3		2		2		6	18	24	36
Podilymbus podiceps		4	21	25		4		4		6		6		7	4	11	46
Rollandia roland		119	11	130	11	76	9	96			5	5		5	18	23	254
Phalacrocorax brasilianus		19	1	20		6		6	4	29	23	56		96	15	111	193
Pelecanus thagus		3	3	6	1	1	2	4						109	1	110	120
Ardea alba		2	2	4		1	1	2		7	5	12		3	3	6	24
Ardea cocoi	7	7		14	4	6		10		4		4		3	1	4	32
Bubulcus ibis		11	7	18	2	11	3	16	6			6		33	0	33	73
Egretta thula		3		3	4	2		6		8		8		4	6	10	27

Especie	Primavera				Otoño				Invierno				Verano				Abundancia total
	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	
Nycticorax nycticorax						56		56						2		2	**58**
Plegadis chihi		18	9	27	2	36	12	50						4	3	7	**84**
Cathartes aura	5		4	9		3	3	6		12	2	14	1	30	8	39	**68**
Coragyps atratus	2	1	1	4		1	1	2	2			2	2	8	7	17	**25**
Circus cinereus		2	1	3		1	2	3		1	1	2		1	1	2	**10**
Geranoaetus polyosoma			1	1						2		2		3	2	5	**8**
Parabuteo unicinctus		2	1	3	1	2	1								1	1	**8**
Falco sparverius		1	1	2					1	2		3	1	2	1	4	**9**
Caracara plancus	2	8	5	15	5	5	6	16						1	1	2	**33**
Milvago chimango	2		8	10			4	4	3	4		7	2	6	6	14	**35**
Fulica armillata		23	29	52			16	16		3		3		137	158	295	**366**
Fulica leucoptera			3	3			2	2						2	4	6	**11**
Fulica rufifrons			4	4		1	2	3							34	34	**41**
Pardirallus sanguinolentus															1	1	**1**
Porphyriops melanops		4	2	6		1	3	4		8		8		3		3	**21**
Vanellus chilensis	2	38	21	61	11	71	23	105	5	44		49	4	27	8	39	**254**
Haematopus palliatus		12	7	19		11	5	16		44	29	73		13	27	40	**148**
Chroicocephalus maculipennis		63	49	112	17	12	11	40	8	29	111	148		77	205	282	**582**
Larus dominicanus		51	26	77	5	69	31	105		7	12	19		27	14	41	**242**
Leucophaeus modestus											7	7			2	2	**9**
Larosterna inca		11		11										11		11	**22**

Especie	Primavera				Otoño				Invierno				Verano				Abundancia total
	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	
Sterna hirundinacea		334		334						680	4	684			8	8	**1026**
Sterna trudeaui		18	5	23			6	6		52	7	59		11		11	**99**
Rynchops niger		71		71						3		3			343	343	**417**
Himantopus mexicanus		4	5	9		3	2	5			14	14			18	18	**46**
Calidris bairdii			2	2						15		15			21	21	**38**
Calidris minutilla			1	1													**1**
Gallinago magellanica		2		2		2		2									**4**
Numenius phaeopus															2	2	**2**
Tringa flavipes															2	2	**2**
Tringa melanoleuca	2		4	6							2	2	2			2	**10**
Zenaida auriculata	1	18	2	21	1	10	8	19	4	4		8	4	25	3	32	**80**
Columbina picui	4			4	4	8		12									**16**
Bubo magellanicus			1	1											1	1	**2**
Glacidium nanum	1		1	2			1	1		1		1			1	1	**5**
Tyto alba		1		1		1		1						1	1	2	**4**
Sephanoides sephaniodes			3	3			1	1		9	2	11					**15**
Veniliornis lignarius				0											1	1	**1**
Geositta cunicularia		2	3	5			2	2		3		3		3		3	**13**
Aphrastura spinicauda		3	2	5	1	5		6		1		1		2	7	9	**21**
Cinclodes fuscus	1	3	2	6		2	2	4		1		1		3	2	5	**16**
Leptasthenura aegithaloides		2		2							1	1		4	3	7	**10**

Especie	Primavera				Otoño				Invierno				Verano				Abundancia total
	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	
Phleocryptes melanops		1		1		1		1						2	2	4	**6**
Pseudasthenes humicola		1		1		2		2					1	1	3	5	**8**
Eugralla paradoxa			2	2			1	1						4		4	**7**
Scytalopus fuscus	3	4	7	14		5	6	11						2	2	4	**29**
Anairetes parulus				0		1	4	5	1	6	2	9	3	9	10	22	**36**
Colorhamphus parvirostris	5	7	6	18							1	1					**19**
Elaenia albiceps		4	5	9		1		1					3	13	14	30	**40**
Hymenops perspicillatus			2	2			2	2	2			2		10	6	16	**22**
Lessonia rufa				0							2	2			4	4	**6**
Muscisaxicola macloviana	8	3	1	12		5	2	7	0	12		12					**31**
Pyrope pyrope		3	1	4		1		1	2	12		14	1	3	1	5	**24**
Tachuris rubrigastra		37	25	62	13	29	12	54						2	2	4	**120**
Tachycineta leucopyga		1		1					5			5	4	82	42	128	**134**
Cistothorus platensis	4	11	4	19	1	1	2	4	2			2		1	2	3	**28**
Troglodytes aedon	8	17	9	34	12	13	11	36		8	6	14	1	8	10	19	**103**
Turdus falklandii		23	5	28	5	6	8	19	4			4	2	12	8	22	**73**
Mimus thenca		19	4	23		3	2	5	3	26	1	30	2	14		16	**74**
Anthus correndera	2	16	8	26	13	38	11	62		11		11		4	7	11	**110**
Diuca diuca		21		21					4	19	6	29	3	15	4	22	**72**
Phrygilus patagonicus			6	6		2	6	8	6	36		42					**56**
Rhoposopina alaudina		9		9		6		6	7			7		11		11	**33**

Especie	Primavera				Otoño				Invierno				Verano				Abundancia total
	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	LMT	La Flora	Pahuil	Total	
Rhoposopina fruticeti		14		14					6			6		2	4	6	**26**
Sicalis luteola		39	18	57		48	8	56	12			12		24	8	32	**157**
Zonotrichia capensis	12	26	15	53		7	11	18	7	18	21	46	2	14	5	21	**138**
Agelasticus thilius		11	2	13		5	2	7		20	16	36		10	6	16	**72**
Curaeus curaeus	5	8	8	21		35		35		23		23	2	4		6	**85**
Leistes loyca	2	25	9	36	12	21		33	4	11		15	2	29	2	33	**117**
Molothrus bonariensis				0						17		17					**17**
Spinus barbatus	4	17		21	10		25	35							7	7	**63**
Passer domesticus	12	6		18	18			18	21	24	26	71	3			3	**110**
Abundancia	**94**	**1.282**	**498**	**1.874**	**153**	**692**	**316**	**1.161**	**119**	**1.288**	**431**	**1.838**	**46**	**1.011**	**1.281**	**2.338**	**7.211**

Fuente: Tricao, 2025.

La abundancia total estuvo dominada por un número reducido de especies generalistas, mientras que las especies de mayor sensibilidad relativa presentaron frecuencias de registro menores.

5.3.4 Tasa de Abundancia Relativa

En términos de abundancia absoluta, el registro total para las campañas efectuadas en el área de influencia del Proyecto alcanzó los 7.211 individuos. Sin embargo, dado que el esfuerzo de observación varió entre estaciones debido al fotoperiodo, se calculó la Tasa de Abundancia Relativa para permitir una comparación técnica válida.

Al analizar la abundancia bajo este indicador de intensidad horaria, se observa que el Verano (30,2) y el Invierno (29,6) presentan las mayores densidades de aves en el área de estudio. Este hallazgo es de alta relevancia para el análisis de riesgo, ya que revela que durante el invierno la concentración biológica por hora es significativamente superior a la registrada en primavera (24,2), a pesar de que ambas estaciones presentan

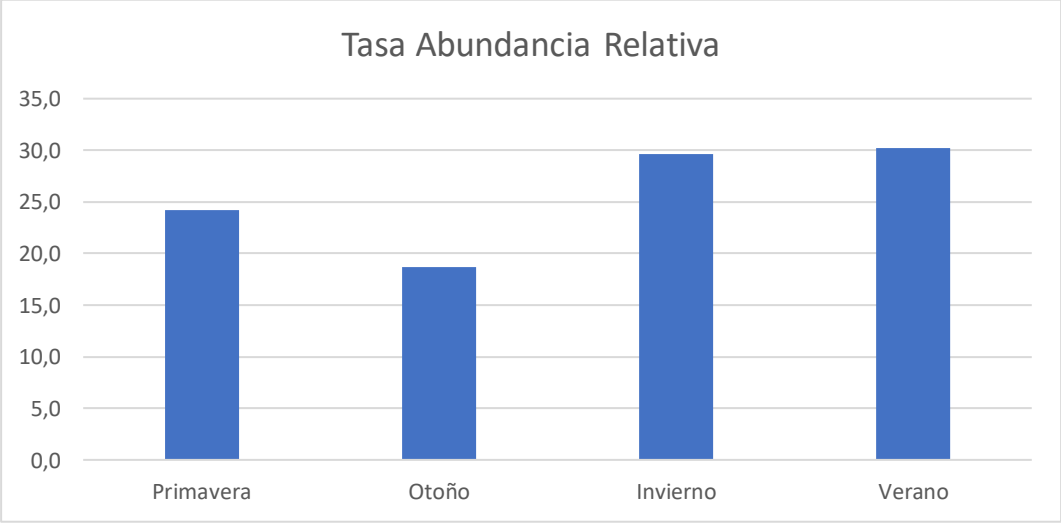
totales absolutos similares. Esta mayor densidad invernal, sumada a las condiciones climáticas de menor visibilidad descritas para la zona, incrementa la probabilidad de encuentros entre la avifauna y las estructuras del Proyecto durante dicho periodo.

Tabla 5-4. Relación entre Abundancia Absoluta y Tasa de Abundancia Relativa

Estación del año	Abundancia Total	Horas de muestreo	Tasa Abundancia Relativa
Primavera	1874	77,5	24,2
Otoño	1161	62	18,7
Invierno	1838	62	29,6
Verano	2338	77,5	30,2

Fuente: Tricao, 2025.

Gráfico 5-4. Comparación Estacional de la Tasa de Abundancia Relativa



Fuente: Tricao, 2025.

5.3.5 Tránsito aéreo de aves

En el estudio de tránsito aéreo, es necesario detectar la dirección y rutas más frecuentes de desplazamiento de las aves, en las estaciones de muestreo seleccionados, así como procurar establecer las condiciones ambientales que favorecen su desplazamiento de ejemplares, para determinar la probabilidad de encuentros con las estructuras del parque eólico.

Los resultados obtenidos en las cuatro campañas de terreno arrojaron un total agregado de 2.383 registros de desplazamientos aéreos (se incluyen puntos de muestreo instalados en los humedales vecinos al Proyecto y sobre el trazado de la LMT soterrada). De estos, 528 se registraron en la campaña de primavera, 609 en la de otoño, 521 en invierno y 725 en verano (Tabla 5-3.).

En estos resultados se incluyen sólo las aves registradas en vuelo, dado que para el análisis se descartaron los que se encontraban posados o desarrollando otras actividades durante la observación, como forrajeo, desplazamiento en tierra o entre el follaje.

En el primer análisis, se concluye que la mayoría de las especies de aves observadas corresponden a pequeñas paseriformes u otras aves menudas, como las tórtolas (*Zenaida auriculata*), cuyo riesgo de colisión por interacción con las estructuras del Proyecto es escaso, dado que sus desplazamientos aéreos son de breve extensión y baja altura y realizados normalmente entre el follaje o a ras de suelo, por lo que no se elevan a alturas de las aspas de los aerogeneradores.

No obstante, en el área de influencia también se identificaron especies susceptibles de colisionar con las aspas de los aerogeneradores, considerando la sensibilidad atribuida a determinados grupos a partir de la literatura consultada. Entre éstas, las más frecuentemente observadas, corresponden las dos especies de Catártidas (carroñeras) más comunes: el jote de cabeza colorada (*Cathares aura*) y, en menos proporción, el jote de cabeza negra (*Coragyps atratus),* ambas principalmente planeadoras. Se agregan a las nombradas, otras especies de rapaces que se observaron en forma ocasional, como el aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*), el peuco, *(Parabuteo unicinctus),* el vari *(Circus cinereus),* el traro *(Caracara plancus),* el cernícalo (*Falco sparverius*) y el tiuque (*Phalcoboenus chimango*). Otras especies frecuentes observadas en vuelo, especialmente en los ambientes de humedales, fueron especies generalistas como el yeco (*Phalacrocorax brasilianus*), la gaviota dominicana (*Larus dominicanus*), y la Gaviota cahuil (*Chroicocephalus maculipennis*), todas especies de amplia distribución en Chile donde ocupan distintos ambientes, incluyendo zonas agrícolas y urbanas (Figura 5-3. Aves presentes en el área de estudio).

Adicionalmente, entre las especies susceptibles de colisionar con aerogeneradores, se cuentan algunas especies clasificadas en categorías de conservación, como los dos cisnes *(Cygnus melanchorhyphus* y *Coscoroba coscoroba)* y la garza cuca *(Ardea cocoi).* También susceptibles, pero menos que las anteriores por su tipo de vuelo, según la literatura científica, son el cuervo de pantano *(Plegadis chihi)*, la becacina *(Gallinago magellanica)* y el gaviotín monja *(Larosterna inca).*

Más adelante en el capítulo de análisis del riesgo de colisión de aves, se aborda nuevamente y en forma más detallada la sensibilidad de las distintas especies de aves a los riesgos implícitos, a través de la aplicación de un índice de sensibilidad específico.

Figura 5-3. Aves presentes en el área de estudio



A: Jote cabeza Colorada (*Cathartes aura*), B: Jote cabeza negra (*Coragyps atratus*), C: Aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*), D: Yeco (*Phalacrocorax brasilianuss*). Fuente: Registro fotográfico en terreno.

El tránsito aéreo registrado mostró un patrón espacialmente heterogéneo, con mayor intensidad en sectores próximos a humedales y bordes de transición entre ambientes abiertos y cobertura vegetal.

5.3.6 Caracterización de los vuelos

5.3.6.1 Dirección de los vuelos

Uno de los factores importantes por considerar para la posterior evaluación del riesgo y diseño de medidas, es la dirección de los vuelos de las aves en el área de influencia. Este parámetro se analizó para todos los avistamientos de aves en vuelo, en las distintas estaciones de muestreo, con el objeto de determinar si existe predominancia de vuelos en alguna dirección o sentido específico.

Los resultados se muestran en el Gráfico 5-5, donde se aprecia que el sentido de los vuelos es bastante aleatorio, pero con un ligero predominio de los vuelos que se efectúan en el eje noroeste sureste, en cambio los menos frecuentes son los que se dirigen hacia el oeste y este. En la Tabla 5-5 se presentan los resultados obtenidos, ordenados según el sentido del desplazamiento y separados según estación del año.

Gráfico 5-5. Distribución de vuelos según dirección



Fuente: Tricao, 2025.

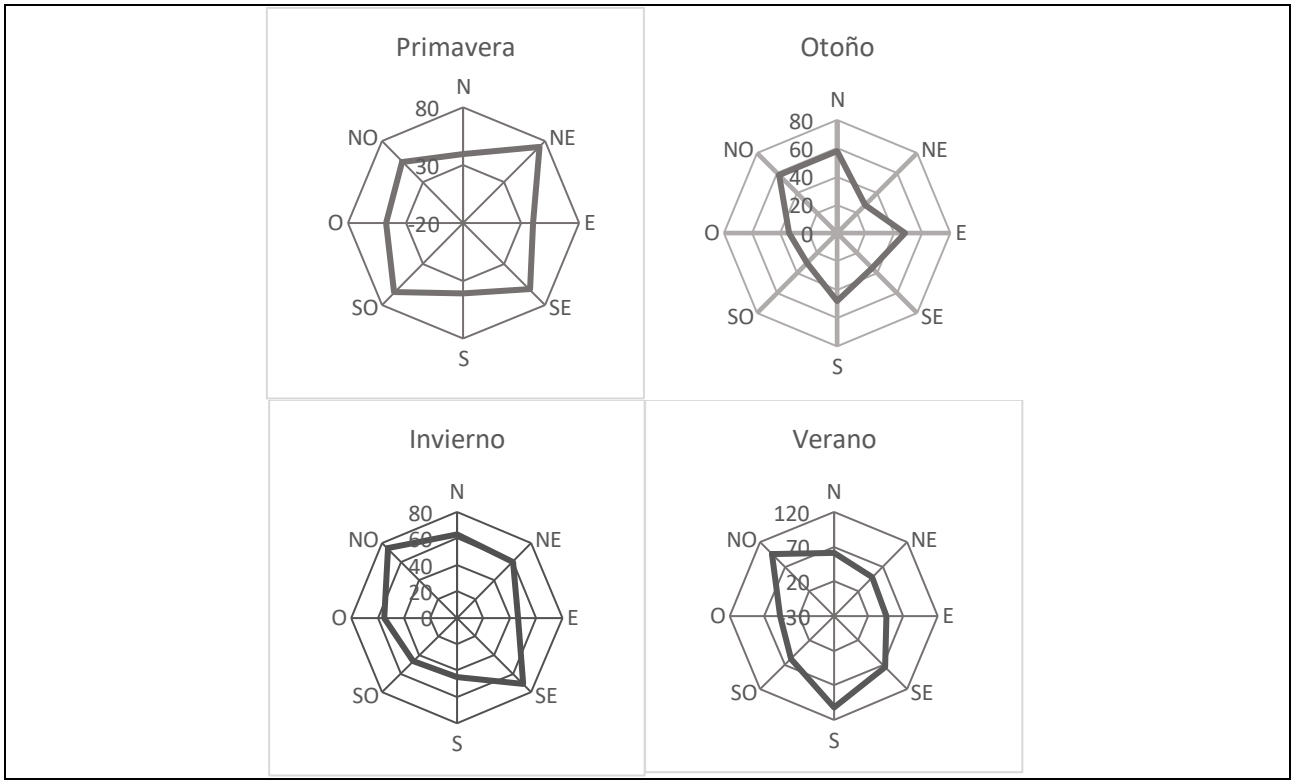
Al analizar gráficamente los resultados obtenidos según estación del año, se aprecia que no existe un patrón constante o un sentido predominante de los desplazamientos, si no que en cada campaña el comportamiento es diferente. En primavera, la orientación de los vuelos es bastante aleatoria, con un ligero predominio de los vuelos dirigidos hacia el noreste, en cambio en otoño hay una ligera tendencia hacia el norte y noroeste, en invierno se insinúa una orientación hacia el eje sureste noroeste y algo parecido ocurre en verano, pero con un predominio de desplazamientos hacia el sur, en lugar del sureste. (Gráfico 5-6).

Tabla 5-5. Resultado estudio tránsito aéreo según dirección de vuelo

EM	Dirección del Vuelo Primavera									ST	Dirección del Vuelo Otoño									ST	Dirección del Vuelo Invierno									ST	Dirección del Vuelo Verano									ST	Total
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	SD		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	SD		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	SD		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	SD		
MT01	-	1	-	2	-	1	-	-	13	17	-	3	1	12		8	5	5	7	41	4	8	-	-	4	3	3	-	23	45	-	-	-	4	-	-	-	-	2	6	109
MT02	-	-	1	-	1	-	1	1	10	14	-	-	-	3	2	3	-	4	8	20	2	2	2	1	2	6	4	1	7	27	-	2	-	-	-	2		4	12	20	81
LF01	-		8	4	-		7	10	13	42	-	-	-	6	-	-	4	5	12	27	-	2	1	6	-	1	4	5	7	26	-	2	-	-	2	-	-	-	29	33	128
LF02	2	-	-	-	-	-	-	-	3	5	6	-	3	-	9	-	5	-	6	29	-	-	3	-	-	-	5	-	5	13	1		1	1	-	1	1	2	8	15	62
LF03	-	-	-	-	4	-	-	-	4	8	-			-	-	6		-	4	10	-	2	-	-	-	-	-	-	5	7	-	2		4	-	-	2	-	5	13	38
LF04	1	4	-	-	2	5	-	-	2	14	-	56	2	-	-	2	1	12	5	78	-	4	5	-	-	-	-	-	6	15	-	-	-	-	-	4	-	-	2	6	113
LF05	3	-	-	8	-	-	-	15	2	28	-	-	-	3	-	5	-	-	3	11	4	-	-	6	-	-	-	4	5	19	2	-	3	-	1		1	7	7	21	79
LF06	-	1	4	2	-	4	-	-	2	13	-	-	-	6	-	-	-	1	2	9	-	5	-	-	-	4	-	-	4	13	1	-	-	-	1	1	-	-	10	13	48
LF07	-	-	-	-	-	2	3	11	8	24	-	3	-	-	-	4	-	4	12	23	2	-	4	2	3	-	-	-	9	20	-	2	-	1		2	-	-	44	49	116
LF08	-	2		2	1	-	-	-	10	15	1	-	-	-	2	-	-	-	0	3	-	1	-	-	-	1	1	6	1	10	-	1	-	-	-	-	-	2	5	8	36
LF09	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	1	-	-	1	-	-	4	6	-	-	-	1	-	2	-	-	8	11	17
LF10	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	1	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-		-	-	0	0	3
SA01	9	3	2	-	13	5	5	4	4	45	-	3	-	-	-	4	2	-	0	9	2	5	3	3	-	5	4	5	0	26	-	-	-	4		2		17	11	34	115
SA02		2		2	1	2	4	4	9	24	1		4	29	3	31	4	18	25	115	4	7	2	2		6		6	11	38		2	8	3	1	3	8	1	5	31	208
SA03	1	10	3	-	-	7	2	-	41	64	23	3	11	6	13	5	13	5	20	99		1	2	4	10	7	3	5	17	49	26	18	10	9	16	11	5	7	11	113	325
SA04			2	4		3			14	23	2	5	6		6		10		6	35		1							0	1	2	7		10		10	9	7	7	52	111
P01	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1	1	1	-	3	-	-	5	12	-	2	-	-	-	-	-	-	2	4	16
P02	-	4	-	-	-	-	-	-	2	6	-	3	-	-	-	-	-	-	2	5	1	-	-	1	-	1	-	-	2	5	-	-	2	-	-	-	-	-	3	5	21
P03	-	-	15	-	-	-	12	-	0	27	-	-	2		6	-	-	-	0	8	-	2	2		-	1	-	-	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6	48
P04	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	2	-	1	-	-	5	10	-	-	-	1	1	-	-	-	0	2	15
P05	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	1	-	-	1	0	2	-	-	1	2	-	-	-	-	3	6	-	1	1	-	-	1	-	1	0	4	12
P06	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	4	-	6	2	-	-	-	0	12	-	2	-	-	-	1	1		4	8	20
P07	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	4	-	-	5	-	-	2	0	11	-	1	-	-	-	-	-	1	3	5	16
P08	-	-	-	8	-	-	-	3	12	23	-	-	-	2	-	-	-	1	1	4	-	-	1	-	-	-	-	3	0	4	-	1	-	3	1	-	-	-	4	9	40
P09	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	3	2	5	-	-	-	-	-	2	-	-	0	2	-	6	-	2	-	6	-	4	4	22	29
P10	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	4	-	0	4	-	-	-	-	-	-	-		4	4	9
P11	1	-	-	-	1	4		-	11	17	-	-	-	-	-	-	-	3	10	13	-	3	-	-	1	-	-	1	6	11	-	-	-	-	4		1		6	16	56
R01		4	1	2	1	4	1	2	9	24	1	-	-	-	-	-	-	-	8	9	-	-	4	4	-	-	3	-	0	11	-	-	-	10	-	7	-	3	11	31	109
R02	6	10	-	-	4	12	-	6	4	42	6		8	2	-	3	5	2	6	32											-	3	21	12	18	7	12	3	1	77	190
R03	3	4	-	3	3	7	-	-	4	24			4	7	1	-	3	-	0	15	2	-	-	4	8	4	5	7	9	39	23	10	-	8	-	8	7	8	38	102	152
R04	2	4	-	13	-	3	-	3	2	27	-	-	-	-	-	5	-	-	0	5	7	-	1	5	-	6	1	4	0	24	-	-	-	2	-	8	-	-	0	10	66
Total	28	48	35	48	30	58	34	58	181	528	40	73	40	61	41	65	47	55	126	609	30	43	37	56	36	46	32	60	110	521	55	60	46	71	45	74	47	63	237	725	2384

N: Norte, NE: Noreste, E: Este, SE: Sureste, S: Sur, SO: Suroeste, O: Oeste, NO: Noroeste. SD: Sin Dirección (Vuelo en círculos. Vuelo breve y a baja altura. Forrajeo en vuelo). Fuente: Tricao, 2025.

Gráfico 5-6. Distribución de vuelos en el área del proyecto según dirección en campañas estacionales



Fuente: Tricao, 2025.

No se identificaron corredores lineales persistentes de alta intensidad que permitan definir rutas de vuelo dominantes a escala de proyecto.

Luego, en un análisis por sector, se ha realizado una prueba de chi-cuadrado para evaluar si la distribución de vuelos es homogénea o si se presenta una tendencia en cuanto a dirección de vuelos (Tabla 5-6).

Tabla 5-6. Prueba Chi-cuadrado en direcciones de vuelos por sector de muestreo

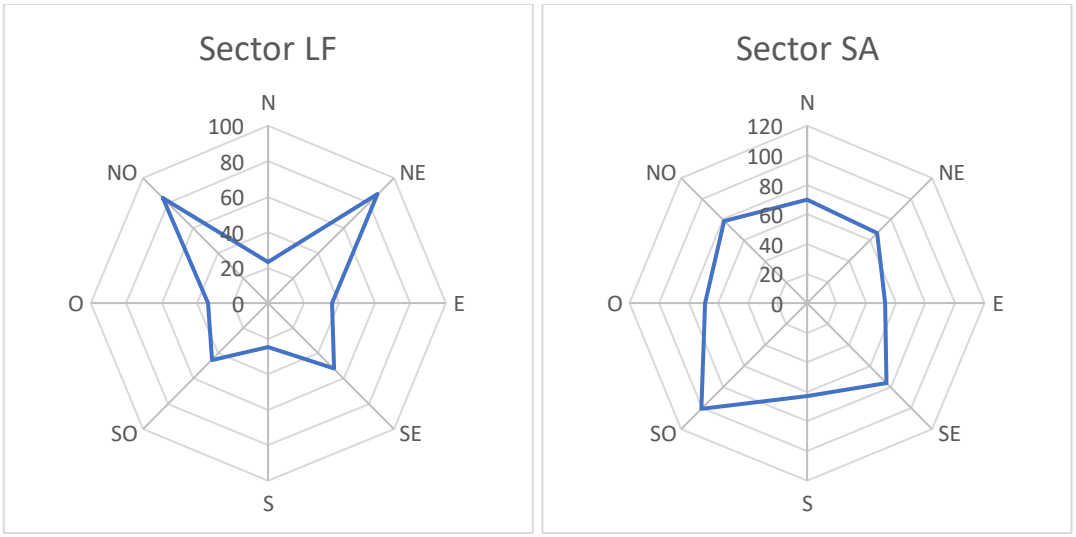
Sector	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Esperado (H_0)	Chi cuadrado (X^2)	Supera valor crítico (14,07)
MT	6	16	4	22	9	23	13	15	13,50	25,0	Sí
LF	23	87	36	52	25	45	34	84	48,25	89,9	Sí
SA	70	67	53	76	63	101	69	79	72,25	19,2	Sí
P	3	34	27	100	22	20	18	23	30,88	194,5	Sí
R	50	35	39	72	35	74	37	38	47,50	39,9	Sí

Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Los valores de chi cuadrado superan el valor crítico, por lo que la dirección de vuelos no es homogénea, sino que presenta tendencias.

El sector norte de generación, cubierto por los puntos de muestreo de La Flora (LF) y Humedal Río Pinotalca (SA), presenta comportamientos distintos entre sí. Los puntos asociados al humedal dan cuenta de una preferencia anual por la dirección suroeste, alejándose del área de generación, en tanto los puntos de muestreo LF presentan tendencias de vuelo hacia el noreste y noroeste.

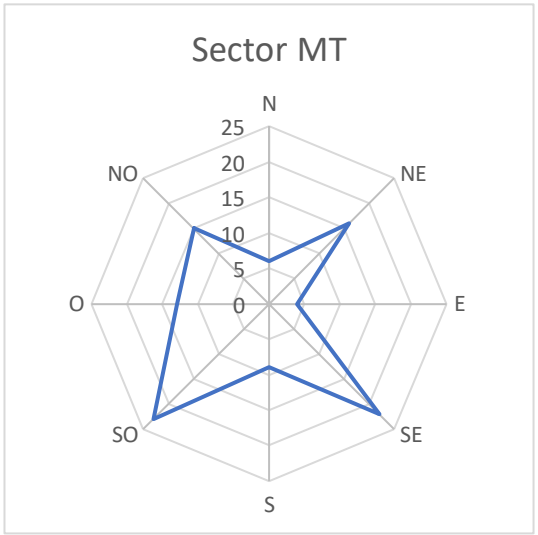
Gráfico 5-7. Distribución de dirección de vuelos anuales en el sector norte: La Flora (LF) y Humedal Río Pinotalca (SA)



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Con respecto a los puntos de la línea de media tensión soterrada, se observa que la tendencia de los vuelos es en dirección SO y SE, alejándose de las áreas de generación.

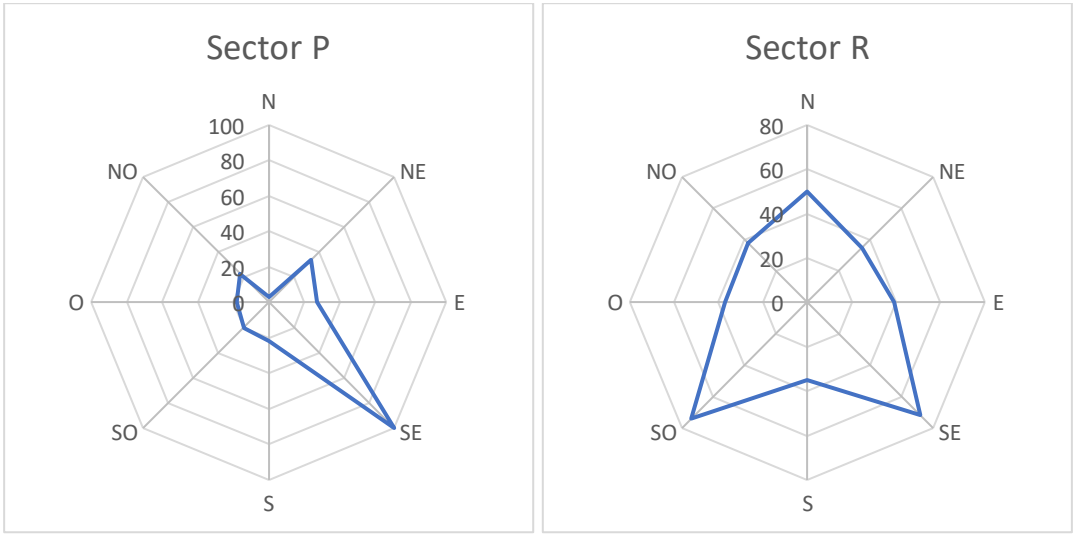
Gráfico 5-8. Distribución de dirección de vuelos anuales en el sector de la conexión de media tensión soterrada (MT)



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Finalmente, para el sector de generación de Pahuil, la tendencia es marcada hacia el sureste, mientras que los puntos del sector Río Reloca muestran vuelos dirigidos hacia el SE y SO, alejándose del proyecto.

Gráfico 5-9. Distribución de dirección de vuelos anuales en el sector sur: Pahuil (P) y Reloca (R)



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

5.3.6.2 Altura de los vuelos

Al igual que la dirección o sentido de los vuelos, la altura predominante de los desplazamientos también es un elemento relevante en el análisis de los riesgos de colisión de aves en los parques eólicos.

En este contexto es evidente que los vuelos que se realizan a la altura de las aspas de los aerogeneradores son los de más alta criticidad y que conocer el diámetro del área de giro es de crucial importancia. Tomando en cuenta las características técnicas de las estructuras del Proyecto, se establecieron rangos de altura específicos para los vuelos observados en las áreas de generación, que consideran la posibilidad de vuelos realizados bajo (B), entre (M) y sobre (A) el área de rotación de las aspas en movimiento de los aerogeneradores (Tabla 5-7).

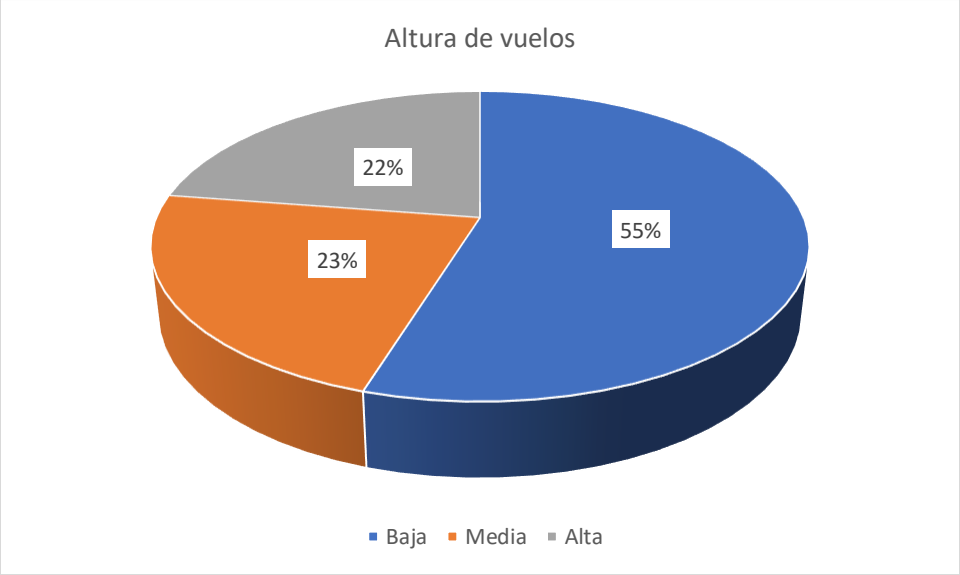
Tabla 5-7. Resultado estudio tránsito aéreo según altura de vuelo

EM	Altura de vuelo Primavera				Altura de vuelo Otoño				Altura de vuelo Invierno				Altura de vuelo Verano			
	Baja	Media	Alta	Subtotal	Baja	Media	Alta	Subtotal	Baja	Media	Alta	Subtotal	Baja	Media	Alta	Subtotal
MT01	9	2	6	**17**	16	20	5	**41**	28	9	8	**45**	4	-	2	**6**
MT02	11	3	-	**14**	8	2	10	**20**	18	1	8	**27**	9	6	5	**20**
LF01	14	17	11	**42**	22	4	1	**27**	22	1	3	**26**	24	4	5	**33**
LF02	2	2	1	**5**	17	3	9	**29**	8	4	1	**13**	13	2	-	**15**
LF03	-	6	2	**8**	10	-	-	**10**	4	2	1	**7**	5	2	6	**13**
LF04	9	1	4	**14**	65	7	6	**78**	13	2	1	**15**	6	-	-	**6**
LF05	20	6	2	**28**	5	3	3	**11**	11	6	2	**19**	11	7	3	**21**
LF06	8	2	3	**13**	4	2	3	**9**	9	4		**13**	10	1	2	**13**
LF07	8	13	3	**24**	14	8	1	**23**	15	2	3	**20**	44	3	2	**49**
LF08	10	1	4	**15**	1	-	2	**3**	6	-	4	**10**	4	3	1	**8**
LF09	-	-	-	**0**	-	-	-	**0**	4	-	1	**6**	9	-	2	**11**
LF10	-	-	-	**0**	-	-	-	**0**	1	1	1	**3**	-	-	-	**0**
SA01	22	11	12	**45**	5	4	-	**9**	5	7	14	**26**	14	20	-	**34**
SA02	17	2	5	**24**	32	51	32	**115**	11	20	7	**38**	8	7	16	**31**
SA03	50	4	10	**64**	39	26	34	**99**	28	11	10	**49**	80	18	15	**113**
SA04	14	-	9	**23**	6	17	12	**35**	-	1	-	**1**	43	2	7	**52**
P01	-	-	-	**0**	-	-	-	**0**	12	-	-	**12**	3	-	1	**4**
P02	5	-	1	**6**	2	3	-	**5**	5	-	-	**5**	5	-	-	**5**
P03	15	-	12	**27**	-	2	6	**8**	7	-	-	**7**	6	-	-	**6**
P04	-	2	-	**2**	1	-	-	**1**	10	-	-	**10**	2	-	-	**2**
P05	-	-	-	**0**	1	-	1	**2**	6	-	-	**6**	4	-	-	**4**
P06	-	-	-	**0**	-	-	-	**0**	3	-	9	**12**	5	-	3	**8**

EM	Altura de vuelo Primavera				Altura de vuelo Otoño				Altura de vuelo Invierno				Altura de vuelo Verano			
	Baja	Media	Alta	Subtotal	Baja	Media	Alta	Subtotal	Baja	Media	Alta	Subtotal	Baja	Media	Alta	Subtotal
P07	-	-	-	**0**	-	-	-	**0**	5	2	4	**11**	4	-	1	**5**
P08	13	7	3	**23**	1	2	1	**4**	4	-	-	**4**	8	1	-	**9**
P09	-	-	-	**0**	2	-	3	**5**	2	-	-	**2**	3	18	1	**22**
P10	-	-	-	**0**	1	-	-	**1**	4	-	-	**4**	3	-	1	**4**
P11	-	8	9	**17**	1	-	12	**13**	3	-	8	**11**	5	1	5	**11**
R01	9	8	7	**24**	8	-		**9**	4	2	5	**11**	9	12	10	**31**
R02	15	12	15	**42**	14	12	6	**32**	28	9	8	**45**	32	19	26	**77**
R03	9	14	1	**24**	-	-	5	**5**	24	12	3	**39**	69	4	29	**102**
R04	10	10	7	**27**	7	2	6	**15**	12	8	4	**24**	-	5	5	**10**
Totales	**270**	**131**	**127**	**528**	**282**	**168**	**158**	**609**	**312**	**104**	**105**	**521**	**442**	**135**	**148**	**725**

Fuente: Tricao, 2025.

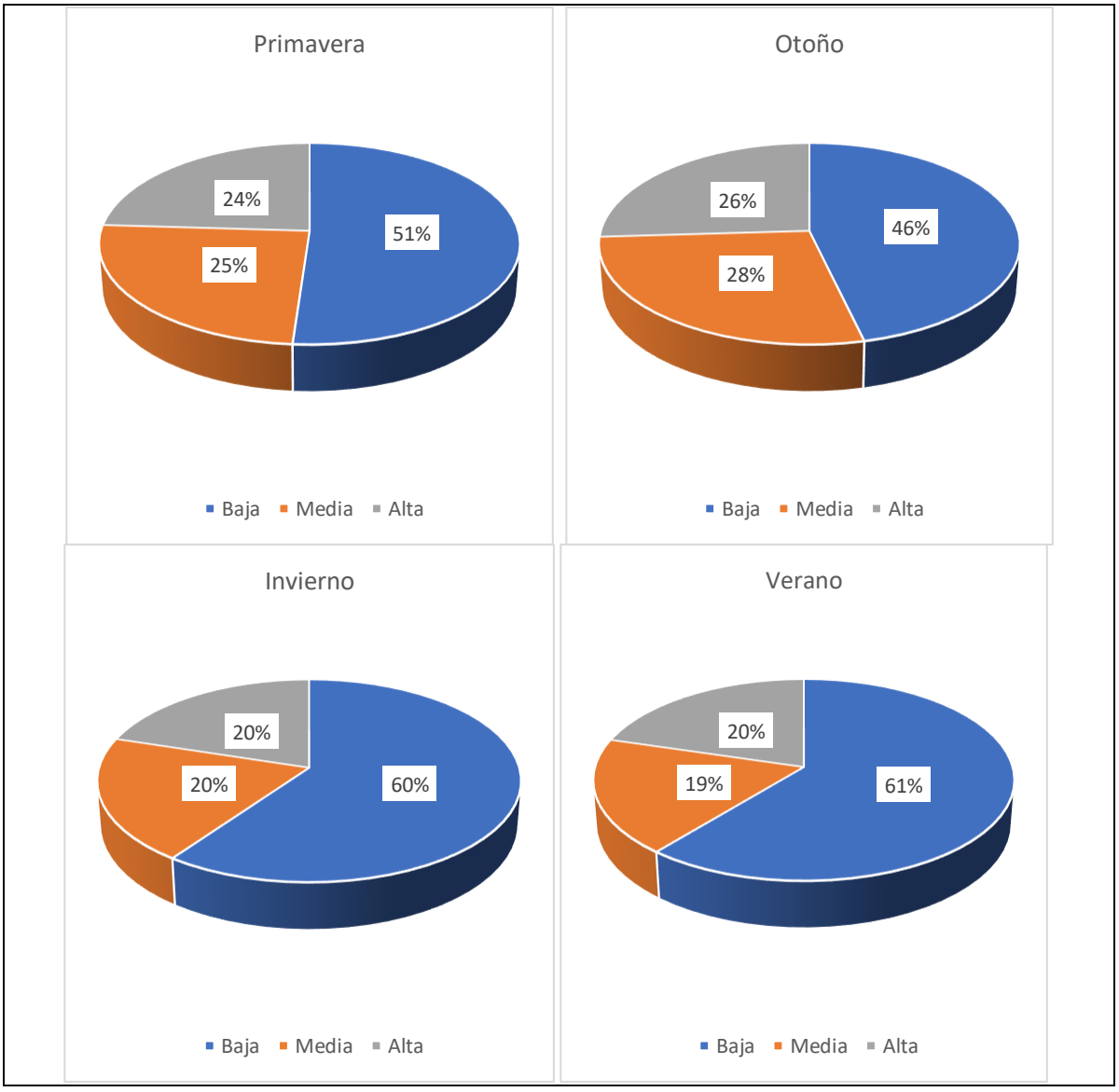
Gráfico 5-10. Distribución de vuelos según altura



Fuente: Tricao, 2025.

En el Gráfico 5-10 se observa que, al agrupar los registros según su elevación, predominan los vuelos realizados a baja altura (55%), mientras que un total de 538 (23%) vuelos fueron clasificados en la categoría M. Este patrón estaría principalmente condicionado por la alta representatividad de paseriformes y otras aves de pequeño tamaño en el área de influencia, las cuales suelen desplazarse cerca del suelo o asociadas al estrato arbustivo. En contraste, las aves de mayor tamaño tienden a realizar vuelos y planeos a mayores elevaciones. Esta tendencia se acentúa durante las campañas de invierno y verano (Gráfico 5-11), períodos en los que aumenta proporcionalmente la frecuencia de vuelos bajos respecto de las demás categorías altitudinales.

Gráfico 5-11. Distribución de vuelos según altura en campañas estacionales



Fuente: Tricao, 2025.

El detalle de los registros, desagregando los resultados por especie, en las estaciones de muestreo en LMT, área de generación en Estancia La Flora, área de generación Pahuil, humedal río Pinotalca, y humedal río Reloca, se muestra en Apéndice 8.3.2.

5.3.6.3 Tasa de Vuelos por Hora

El estudio de tránsito aéreo registró un total de 2.383 desplazamientos en el área de influencia. Para identificar la intensidad real de uso del espacio aéreo, estos registros se analizan mediante la Tasa de Vuelos por Hora (V/h), eliminando el sesgo generado por la variación estacional del fotoperiodo.

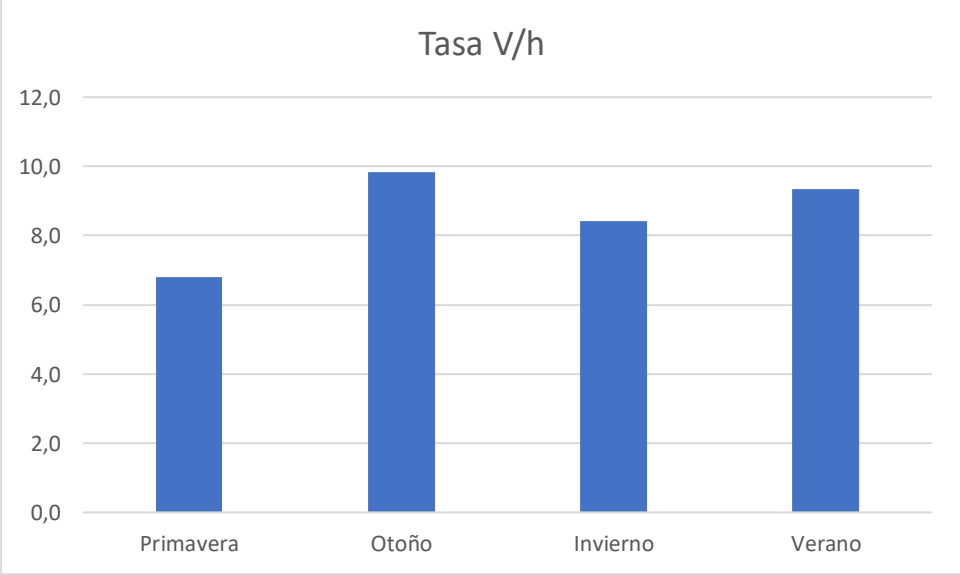
Al aplicar este indicador, se determina que el Otoño es el periodo de mayor intensidad de vuelos con 9,8 V/H, seguido inmediatamente por la temporada de verano (9,4 V/h). Este hallazgo redefine la importancia de la estacionalidad en el Proyecto, revelando que el tránsito de aves es más frecuente y concentrado durante los meses de otoño y verano. Por su parte, la Primavera (6,8 V/h) e Invierno (8,4 V/h) registran las menores intensidades de tránsito horarias del ciclo anual.

Tabla 5-8. Intensidad de Tránsito Aéreo según Tasa de Vuelos por Hora (V/h)

Estación del año	Vuelos Totales	Horas de muestreo	Tasa V/h
Primavera	528	77,5	6,8
Otoño	609	62	9,8
Invierno	521	62	8,4
Verano	725	77,5	9,4

Fuente: Tricao, 2025.

Gráfico 5-12. Tasa V/h



Fuente: Tricao, 2025.

La mayor intensidad de tránsito aéreo observada en otoño (9,8 vuelos/hora) indica que durante esa campaña se registró un mayor número de eventos de vuelo independientes por unidad de tiempo, es decir, una frecuencia más alta de desplazamientos aéreos dentro del área de estudio. Sin embargo, ello no

implica necesariamente una mayor abundancia relativa de individuos, ya que varios de esos eventos pueden corresponder a vuelos de uno o pocos ejemplares.

En contraste, durante verano e invierno se registró una mayor abundancia relativa porque, aunque el número de eventos por hora fue menor, varios de esos vuelos involucraron grupos de mayor tamaño o concentraciones simultáneas de individuos, incrementando el total de aves contabilizadas por unidad de esfuerzo. En este sentido, la intensidad de vuelo refleja principalmente el flujo de eventos aéreos, mientras que la abundancia relativa representa la densidad de individuos observados, pudiendo ambas variables responder de manera distinta según la estructura de agrupamiento de las especies presentes en cada estación.

5.3.7 Análisis de sensibilidad de especies y vulnerabilidad espacial de aves

5.3.7.1 Susceptibilidad de especies presentes en el área de estudio (RSI)

La consideración de los factores biológicos y conductuales, que incide en el riesgo de colisión, se mide objetivamente aplicando un Índice de Sensibilidad para Aves (RSI), el que se presenta en la metodología de este estudio y que fue publicado por Noguera *et al.*, 2010 y modificado por GIZ-Myotis Chile, 2025 (ver sección 4.3.6).

Para el presente estudio se obtuvieron los valores de RSI para las 93 especies de aves registradas en el área de influencia del Proyecto, a partir de información bibliográfica para cada especie, tal como se detalla en la sección ítem 4.3.6, para cada una de las especies presente en el área de influencia.

En la Tabla 5-9 se presentan los resultados, considerando un escenario sin medidas de prevención instaladas.

Tabla 5-9. Valores RSI para las especies de aves observadas en el área de influencia

		Conductas de vuelo y estacionalidad				Sensibilidad biológica de las especies			
Especie	**Nombre común**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**RSI**
Haematopus palliatus	Pilpilén común	3	3	3	4	4	3	3	10,83
Cygnus melancoryphus	Cisne de cuello negro	3	3	4	4	4	2	2	9,33
Cathartes aura	Jote cabeza colorada	4	3	2	4	4	1	3	8,67
Larus dominicanus	Gaviota dominicana	3	4	2	4	4	1	3	8,67
Pelecanus thagus	Pelícano	3	2	2	4	4	3	2	8,25
Chroicocephalus maculipennis	Gaviota cáhuil	3	4	2	3	4	1	3	8,00
Plegadis chihi	Cuervo de pantano	3	2	3	4	3	3	2	8,00
Zenaida auriculata	Tórtola	3	2	3	4	4	1	3	8,00
Coragyps atratus	Jote cabeza negra	4	3	2	4	3	1	3	7,58
Phalacrocorax brasilianus	Yeco	3	4	2	4	4	1	2	7,58
Anas georgica	Pato jergón grande	3	4	3	4	4	1	1	7,00
Ardea cocoi	Garza cuca	3	2	3	4	2	2	3	7,00
Bubulcus ibis	Garza boyera	3	4	3	4	3	1	2	7,00
Coscoroba coscoroba	Cisne coscoroba	3	3	4	4	3	2	1	7,00
Egretta thula	Garza chica	3	4	3	4	3	1	2	7,00

		Conductas de vuelo y estacionalidad				Sensibilidad biológica de las especies			
Especie	Nombre común	A	B	C	D	E	F	G	RSI
Gallinago magellanica	Becacina	4	3	3	4	1	2	3	7,00
Himantopus mexicanus	Perrito	3	4	3	4	3	1	2	7,00
Vanellus chilensis	Queltehue	3	4	3	4	4	1	1	7,00
Anas flavirostris	Pato jergón chico	3	3	3	4	4	1	1	6,50
Anthus correndera	Bailarín chico	3	4	2	4	3	1	2	6,50
Geranoaetus polyosoma	Aguilucho	4	3	2	4	2	1	3	6,50
Leucophaeus modestus	Gaviota garuma	3	4	2	2	1	4	2	6,42
Columbina picui	Tortolita cuyana	3	2	3	4	2	1	3	6,00
Milvago chimango	Tiuque	2	4	2	4	3	1	2	6,00
Podiceps major	Huala	3	1	4	4	3	1	2	6,00
Turdus falklandii	Zorzal	2	1	2	4	4	1	3	6,00
Agelasticus thilius	Trile	2	2	2	4	4	1	2	5,83
Diuca diuca	Diuca	2	2	2	4	4	1	2	5,83
Phrygilus patagonicus	Cometocino patagónico	2	2	2	4	4	1	2	5,83
Sicalis luteola	Chirihue	2	2	2	4	4	1	2	5,83
Tachycineta leucopyga	Golondrina chilena	2	2	2	4	4	1	2	5,83
Zonotrichia capensis	Chincol	2	2	2	4	4	1	2	5,83
Caracara plancus	Traro	4	3	2	4	1	1	3	5,42
Mareca sibilatrix	Pato real	3	3	3	4	3	1	1	5,42
Rollandia roland	Pimpollo	3	2	4	4	3	1	1	5,42
Spatula cyanoptera	Pato colorado	3	3	3	4	3	1	1	5,42
Larosterna inca	Gaviotín monja	3	1	2	2	2	3	3	5,33
Rynchops niger	Rayador	2	2	2	2	4	1	3	5,33
Leistes loyca	Loica	2	1	2	4	4	1	2	5,25
Mimus thenca	Tenca	2	1	2	4	4	1	2	5,25
Sterna hirundinacea	Gaviotín sudamericano	3	2	2	2	4	1	2	5,25
Sterna trudeaui	Gaviotín piquerito	3	2	2	2	4	1	2	5,25
Anairetes parulus	Cachudito	2	2	2	4	3	1	2	5,00
Ardea alba	Garza grande	3	2	3	4	2	1	2	5,00
Curaeus curaeus	Tordo	2	2	2	4	4	1	1	5,00
Falco sparverius	Cernícalo	3	4	1	4	2	1	2	5,00
Nycticorax nycticorax	Huairavo	2	3	3	4	2	1	2	5,00
Passer domesticus	Gorrión	2	2	2	4	4	1	1	5,00
Rhoposopina alaudina	Platero	2	2	2	4	3	1	2	5,00
Spinus barbatus	Jilguero	2	2	2	4	3	1	2	5,00
Calidris bairdii	Playero de Baird	3	1	2	2	3	1	3	4,67
Circus cinereus	Vari	4	4	2	4	1	1	2	4,67
Elaenia albiceps	Fio fío	2	2	2	2	3	1	3	4,67
Bubo magellanicus	Tucúquere	3	1	3	4	1	1	3	4,58
Nothoprocta perdicaria	Perdiz	2	1	4	4	2	2	1	4,58
Fulica armillata	Tagua común	1	1	3	4	4	1	1	4,50
Pyrope pyrope	Diucón	2	1	2	4	3	1	2	4,50
Parabuteo unicinctus	Peuco	4	3	2	4	1	1	2	4,33
Geositta cunicularia	Minero ccmún	2	2	2	4	1	1	3	4,17

		Conductas de vuelo y estacionalidad				Sensibilidad biológica de las especies			
Especie	Nombre común	A	B	C	D	E	F	G	RSI
Leptasthenura aegithaloides	Tijeral	2	2	2	4	2	1	2	4,17
Muscisaxicola macloviana	Dormilona tontita	2	2	2	4	2	1	2	4,17
Troglodytes aedon	Chercán	2	2	2	4	3	1	1	4,17
Hymenops perspicillatus	Run run	2	2	2	2	2	1	3	4,00
Podilymbus podiceps	Picurio	3	1	4	4	2	1	1	4,00
Cinclodes fuscus	Churrete acanelado	2	1	2	4	2	1	2	3,75
Eugralla paradoxa	Churrín de la Mocha	2	1	2	4	1	1	3	3,75
Fulica rufifrons	Tagua de frente roja	1	1	3	4	3	1	1	3,75
Phleocryptes melanops	Trabajador	2	1	2	4	1	1	3	3,75
Pseudasthenes humicola	Canastero	2	1	2	4	1	1	3	3,75
Rhoposopina fruticeti	Yal	2	1	2	4	2	1	2	3,75
Scytalopus fuscus	Churrín del norte	2	1	2	4	1	1	3	3,75
Tringa flavipes	Pitotoy chico	3	1	3	2	1	2	2	3,75
Anas bahamensis	Pato gargantillo	3	1	3	4	1	2	1	3,67
Callipepla californica	Codorniz californiana	2	1	4	4	2	1	1	3,67
Porphyriops melanops	Tagüita	2	1	4	4	2	1	1	3,67
Spatula platalea	Pato cuchara	3	1	3	4	1	2	1	3,67
Tyto alba	Lechuza	3	1	3	4	1	1	2	3,67
Sephanoides sephaniodes	Picaflor chico	2	2	1	2	2	1	3	3,50
Calidris minutilla	Playero enano	3	1	2	2	1	1	3	3,33
Colorhamphus parvirostris	Viudita	2	2	2	2	1	1	3	3,33
Numenius phaeopus	Zarapito común	3	1	2	2	1	2	2	3,33
Aphrastura spinicauda	Rayadito	2	1	2	4	2	1	1	3,00
Fulica leucoptera	Tagua chica	1	1	3	4	2	1	1	3,00
Tringa melanoleuca	Pitotoy grande	3	1	3	2	1	1	2	3,00
Lessonia rufa	Colegial	2	1	2	2	1	1	3	2,92
Tachuris rubrigastra	Siete colores	2	1	2	2	1	1	3	2,92
Glacidium nanum	Chuncho	3	1	3	4	1	1	1	2,75
Oxyura vittata	Pato rana de pico delgado	3	1	3	4	1	1	1	2,75
Pardirallus sanguinolentus	Pidén	2	1	4	4	1	1	1	2,75
Molothrus bonariensis	Mirlo	2	2	2	2	2	1	1	2,67
Spatula versicolor	Pato capuchino	3	1	3	3	1	1	1	2,50
Veniliornis lignarius	Carpinterito	2	1	3	4	1	1	1	2,50
Cistothorus platensis	Chercán de las vegas	2	1	2	4	1	1	1	2,25

Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Como se aprecia en la Tabla 5-9, entre las especies de mayor sensibilidad relativa se encuentra el jote de cabeza colorada y el aguilucho común especie rapaz cuyos vuelos se realizan a gran altura y normalmente en planeo. También especies de tamaño medio a grande (como cisnes, patos, gaviotas o cuervos de pantano) con hábitos gregarios, que tienden a desplazarse en bandadas y realizan vuelo batido, a alturas medias. La especie que presenta la mayor sensibilidad ambiental es el Pilpilén común (*Haematopus palliatus*), alcanzando el valor máximo de RSI de 10,83, ya que combina factores de riesgo críticos, como

una máxima estacionalidad y tamaño poblacional grande, ambos con puntaje 4, junto con una baja capacidad reproductiva.

Por otra parte, el RSI evidencia que la sensibilidad no depende directamente de la abundancia local. Especies numéricamente frecuentes pueden presentar valores intermedios o bajos cuando sus patrones de vuelo se desarrollan fuera de bandas críticas o con menor permanencia aérea, mientras que especies menos abundantes alcanzan valores elevados debido a la combinación de atributos ecológicos y menor capacidad reproductiva. Esto resulta particularmente relevante en especies rapaces y carroñeras, donde una eventual afectación puede adquirir mayor peso ecológico debido a sus bajas densidades naturales y dinámica poblacional más lenta.

En consecuencia, los resultados indican que el riesgo relativo potencial dentro del ensamble aviar se concentra principalmente en especies de vuelo libre, con menor maniobrabilidad y uso recurrente del espacio aéreo, mientras que gran parte de las especies pequeñas terrestres o de vuelo bajo mantienen niveles de sensibilidad comparativamente menores dentro del conjunto evaluado. Este patrón adquiere mayor valor interpretativo al integrarse posteriormente con la distribución espacial observada en cada punto de monitoreo.

5.3.7.2 Índice de vulnerabilidad espacial (IVE) por punto de muestreo

Para jerarquizar la criticidad de las estructuras, se calculó el Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE) por punto de muestreo, sumando los riesgos parciales de las especies que transitan en el área levantada. Los resultados aportan antecedentes para evaluar preliminarmente la relación entre el emplazamiento proyectado y la distribución espacial de la actividad aérea observada.

Para ello, se calculó el aporte de cada especie al Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE) en cada punto de muestreo, integrando su abundancia local y el valor de sensibilidad relativa previamente asignado. Posteriormente, los aportes individuales fueron sumados para obtener un valor integrado por estación de observación. Los valores resultantes por punto de muestreo variaron entre 6,04 y 89,21, estableciéndose a partir de esta distribución los rangos de riesgo presentados en la Tabla 5-10, sobre cuya base se categorizaron las estaciones según se muestra en la Tabla 5-11.

Tabla 5-10. Categorías de vulnerabilidad según IVE – Proyecto completo

Vulnerabilidad	Rango Percentil	Rango IVE
Baja	≤P50	≤31,71
Moderada	P50 - P75	31,71-54,26
Alta	≥P75	≥54,26

Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Tabla 5-11. Cálculo de IVE por punto de muestreo – Proyecto completo

Punto de Muestreo	IVE (Suma Parcial)
SA2	110,21
R2	97,71
R3	80,83

Punto de Muestreo	IVE (Suma Parcial)
SA1	77,85
SA3	75,82
LF1	66,25
LF7	60,72
MT1	58,20
R4	50,31
R1	50,12
P9	47,47
LF5	46,06
LF2	37,42
P8	36,17
SA4	33,56
P11	31,71
LF6	30,77
MT2	30,34
LF3	29,73
LF4	20,87
LF8	16,36
P2	9,52
P3	9,02
P7	8,33
P4	8,32
LF10	4,16
P6	0,00
P5	0,00
P1	0,00
LF9	0,00
P10	0,00

Fuente: Foco Ambiental, 2026.

El análisis revela que los máximos niveles se concentran en los puntos de control del sector norte del proyecto. Dentro del parque eólico, el punto de muestreo más crítico es el LF01 y LF07, con valores IVE clasificados como Alto.

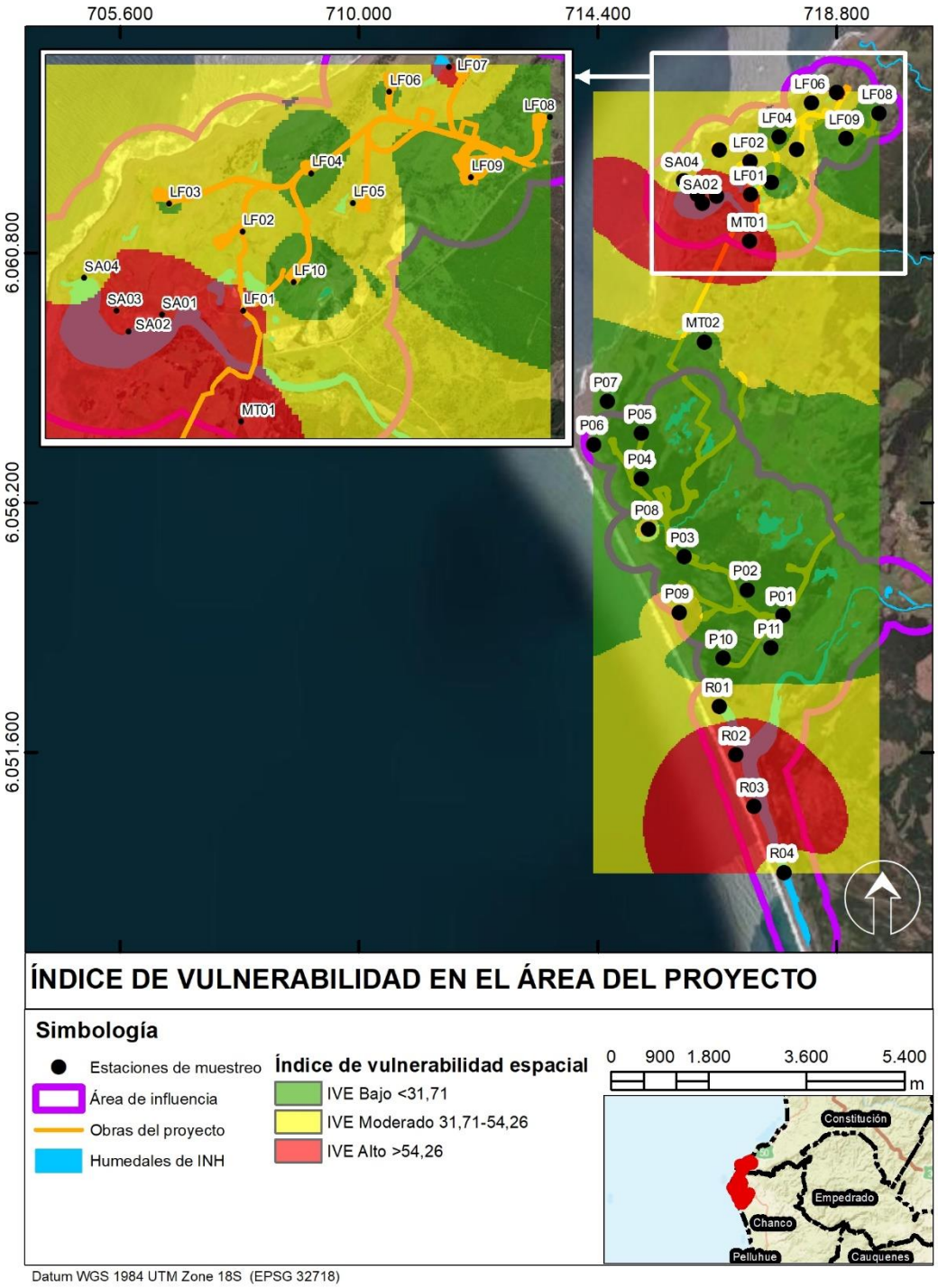
5.3.7.3 Distribución espacial de vulnerabilidad

Mediante un geoproceso de interpolación (IDW), se generó una superficie de vulnerabilidad que se representa en el mapa de calor de la Figura 5-4. De acuerdo se muestra, la distribución espacial de la vulnerabilidad se distribuye de la siguiente manera:

- IVE Bajo (≤31,71): Representado en color verde, predomina en las zonas de plantación forestal del Sector Sur (Pahuil), así como en algunas zonas de pradera, donde la actividad de vuelo es menor. En esta zonificación se emplazan 4 de los 9 aerogeneradores de Estancia La Flora, y los 13 aerogeneradores del sector Pahuil.
- IVE Medio (31,71 — 54,26): Representado en color amarillo, se observa en las zonas de transición entre los niveles Bajo y Alto de vulnerabilidad espacial. Aquí se localizan 5 de los 9 aerogeneradores de Estancia La Flora.
- IVE Alto (≥54,26): Representado en color rojo, se concentra principalmente en la zona de los humedales río Pinotalca y río Reloca, donde la frecuencia de especies sensibles es máxima. Si bien no se encuentra ningún aerogenerador en estas zonas, 1 de los 9 aerogeneradores de Estancia La Flora se emplaza en zona moderada, pero cercano a una de estas zonas.

Dado que este mapa muestra que todos los aerogeneradores del Proyecto se encuentran emplazados en áreas de vulnerabilidad baja a media, es posible decir que el diseño del parque es coherente con la distribución relativa de vulnerabilidad desde una perspectiva de protección del tránsito aéreo de aves.

Figura 5-4. Distribución de Vulnerabilidad Espacial en el área del proyecto



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

6. DISCUSIÓN

El análisis integral de la avifauna en el área de influencia del Proyecto evidencia un ecosistema con una dinámica estacional que se mantiene durante el año y coherente con lo esperado para un sector costero de la zona centro-sur de Chile, donde convergen movimientos migratorios del Pacífico en periodos definidos de desplazamiento norte–sur y sur–norte. En este contexto, humedales, lagunas costeras y otros elementos del paisaje actúan como áreas de detención, alimentación o tránsito para diversas especies durante sus desplazamientos estacionales. Al integrar los resultados de vulnerabilidad espacial por sitio con las direcciones de vuelo dominantes observadas en cada sector, se aprecia una relación estrecha entre la configuración del paisaje, la disponibilidad de hábitat y el uso diferencial del espacio aéreo por parte de las aves. Este patrón permite interpretar la vulnerabilidad biológica más allá de los conteos absolutos, incorporando no solo la intensidad de uso del área, sino también la sensibilidad específica de las especies registradas y la forma en que dichas especies interactúan espacialmente con el territorio evaluado.

6.1 DINÁMICA DE LA ABUNDANCIA Y ESTACIONALIDAD

La presencia de 7.211 individuos registrados a lo largo del ciclo anual confirma que el área de estudio, particularmente en su transición entre zonas de pradera y humedales, constituye un corredor biológico activo. Si bien el verano presenta el mayor volumen absoluto de registros, la aplicación de la Tasa de Abundancia Relativa permite identificar que el Invierno (29,6) posee una densidad biológica por hora de observación casi equivalente a la estival (30,2).

Este hallazgo es fundamental para la gestión del riesgo, ya que sugiere que durante el periodo invernal —caracterizado por menores horas de luz y condiciones climáticas adversas— la concentración de aves en el área no disminuye significativamente respecto al verano. En contraste, la Primavera (24,2) y el Otoño (18,7) presentan densidades menores, lo que indica que el riesgo de encuentro entre la avifauna y las estructuras del proyecto se concentra con mayor intensidad en los extremos del ciclo térmico anual.

6.2 INTENSIDAD DEL TRÁNSITO AÉREO Y USO DEL ESPACIO

El registro de 2.383 desplazamientos aéreos evidencia un uso sostenido del espacio por parte de las aves. Sin embargo, al considerar la Tasa de Vuelos por Hora (V/h), las diferencias entre otoño y verano son mínimas, con 9,8 V/h y 9,4 V/h, respectivamente, lo que no permite concluir una mayor frecuencia de vuelo de una estación por sobre la otra. Más bien, los datos sugieren un patrón de tránsito aéreo comparable entre ambos periodos. En este contexto, la discusión sobre el riesgo de colisión debe centrarse en la actividad horaria observada en cada estación, sin atribuir diferencias marcadas entre otoño y verano. Asimismo, se observa que el tránsito aéreo se vincula directamente a los cuerpos de agua, siendo los sectores de los humedales Río Pinotalca (SA) y Río Reloca (R) los que concentran el flujo principal de especies migratorias y residentes.

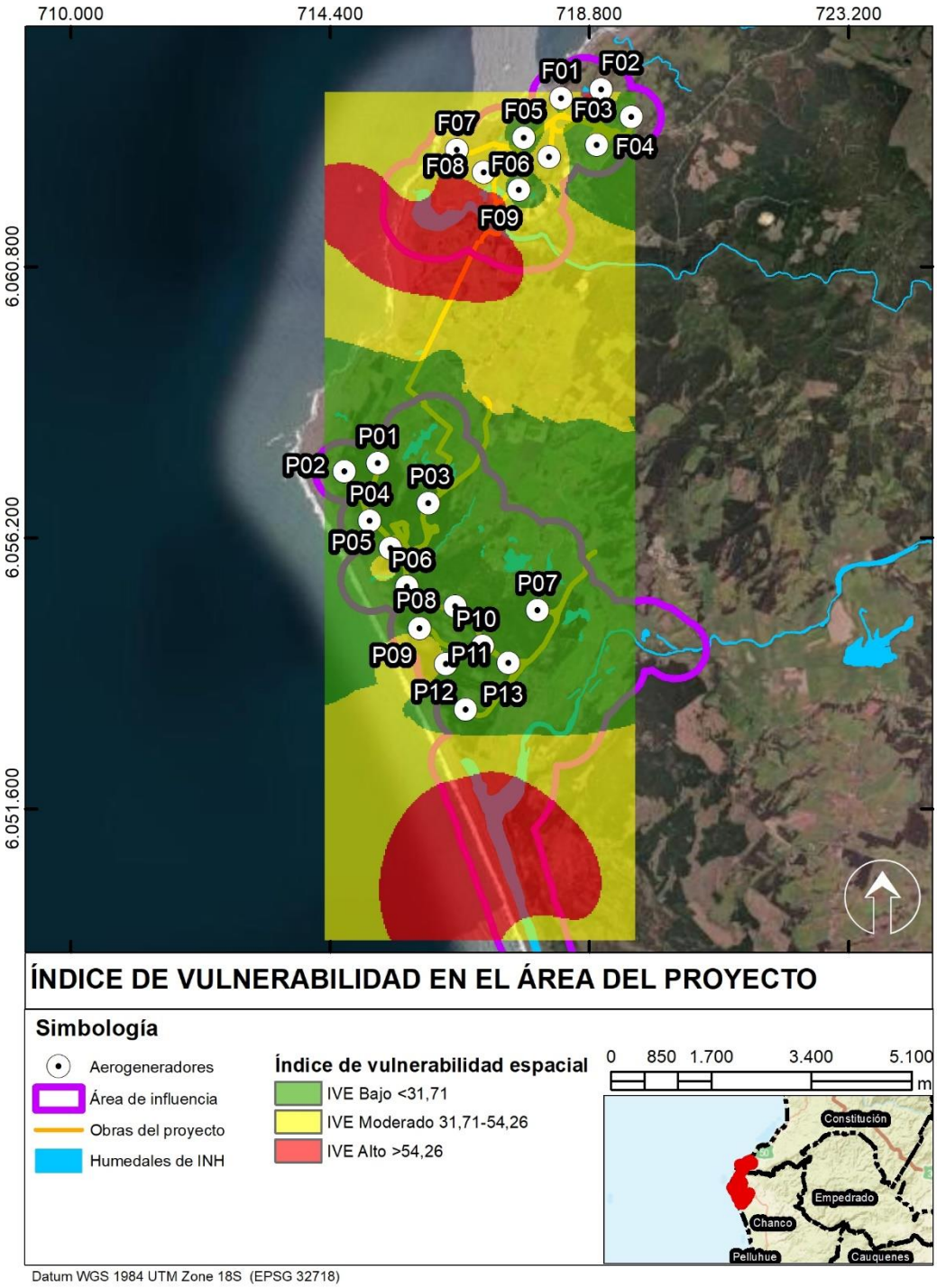
6.3 SENSIBILIDAD ESPECÍFICA Y VULNERABILIDAD ESPACIAL (IVE) EN EL ÁREA DEL PROYECTO

El riesgo de impacto no es uniforme y depende de la sensibilidad intrínseca de cada especie. El Índice de Sensibilidad para Aves (RSI) identifica al Pilpilén común (*Haematopus palliatus*) con 10,83 puntos y al Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) con 9,33 puntos como las especies de mayor criticidad biológica. Con respecto a las especies con altura de vuelo registrado a la altura de mayor riesgo de colisión, se encuentran la Gaviota dominicana (*Larus dominicanus*) y la Gaviota cáhuil (*Chroicocephalus maculipennis*), con 8,67 y 8,00 puntos, respectivamente.

Al integrar esta sensibilidad con la frecuencia de vuelos por punto de muestreo mediante el Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE), la discusión se traslada al diseño del Proyecto. Los resultados validan el *micro-siting*, demostrando que los niveles máximos de vulnerabilidad se encuentran fuera de la zona de generación, específicamente en el punto SA2 (IVE 110,21), el valor más alto registrado y asociado a zonas de humedales.

Dentro del área de emplazamiento de aerogeneradores, se identifican puntos de atención con índice de vulnerabilidad Alto (superior al umbral de 54,26), como el LF1 (IVE 66,25) y el LF7 (IVE 60,72), en tanto los puntos P9 (IVE 47,47), LF5 (IVE 46,06), LF2 (IVE 37,42), P8 (IVE 36,17) han obtenido valores que los sitúan dentro del rango de vulnerabilidad moderada (definido entre 31,71 y 54,26).

Figura 6-1. Mapa de vulnerabilidad espacial en el área del Proyecto



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Específicamente en cuanto al emplazamiento de los aerogeneradores, el mapa que interpola los IVE obtenidos en cada punto de muestreo (Figura 5-4) se condice con lo señalado en el párrafo anterior, es decir, que de los 22 aerogeneradores proyectados, 16 se localizan en zonas de vulnerabilidad Baja, lo que corresponde al 72,7% del total y representa la condición de menor vulnerabilidad relativa dentro de la jerarquía de exposición calculada para el tránsito aéreo de aves de este proyecto.

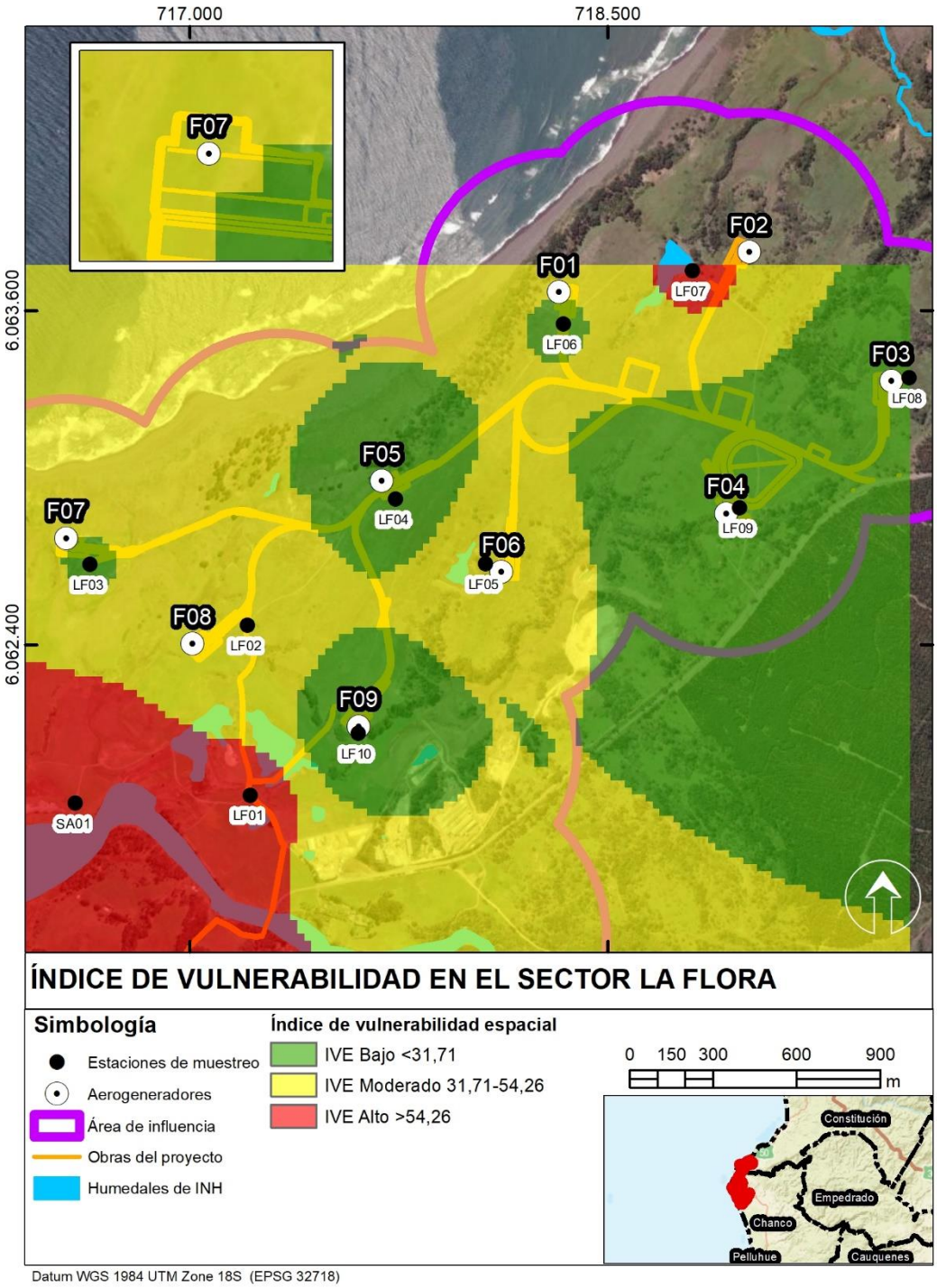
Por su parte, los equipos F01, F02, F06, F07 y F08 se encuentran en zona de vulnerabilidad moderada, y el aerogenerador P12, si bien se encuentra en zona de vulnerabilidad baja, es muy cercano a la zona de vulnerabilidad moderada, por lo que estos 6 aerogeneradores, equivalentes al 27,3% del total, deben ser considerados de forma preventiva dentro del Plan de Vigilancia Ambiental.

6.4 ANÁLISIS RUTAS DE VUELO

La vulnerabilidad espacial, dada por el IVE, en conjunto con el análisis de dirección de vuelo, son consistentes entre sí, en cuanto a que las zonas del Humedal Río Pinotalca y del Río Reloca coinciden con direcciones de vuelo suroeste, similar a la distribución de las zonas de alta vulnerabilidad. En estos sectores, por lo que serían rutas de vuelo que se alejan de las áreas de generación de Estancia La Flora y de Pahuil, respectivamente.

El sector de muestreo La Flora muestra una preferencia hacia el noreste y noroeste; sin embargo, la vulnerabilidad espacial de este sector es baja en los puntos LF3, LF4, LF6, LF8, LF9 y LF10, moderada los puntos LF2 y LF5, y alta en los puntos LF1 y LF7 (Tabla 5-11), los que son analizados en detalle en el Gráfico 6-1.

Figura 6-2. Mapa de vulnerabilidad espacial en el área de generación La Flora

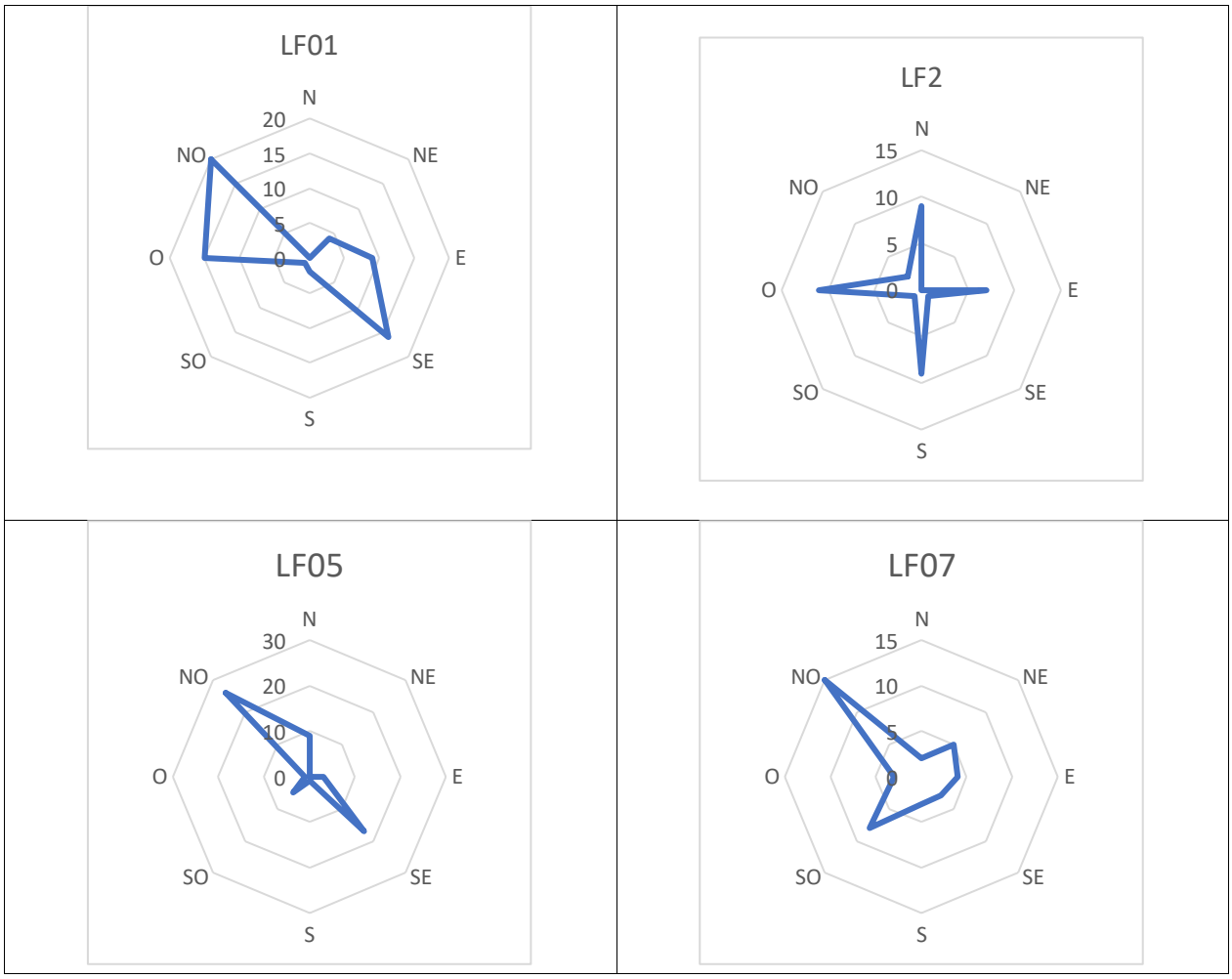


Fuente: Foco Ambiental, 2026.

De acuerdo a los datos presentados, se observa lo siguiente:

- El punto de muestreo LF1, ubicado a 581 m al sureste del aerogenerador F08 y y 463 m al sureste del aerogenerador F09, muestra tendencia a los vuelos en dirección noroeste, seguido de sureste y oeste, es decir, se trataría de vuelos paralelos a los aerogeneradores F08 y F09.
- El punto de muestreo LF2, a 207,7 m al noreste del aerogenerador F08 y 538,7 m al noroeste del aerogenerador F09, muestra vuelos marcados en dirección oeste, seguido de norte y sur, y en menor medida, al este.
- El punto de muestreo LF5, ubicado a 63 m al noroeste del aerogenerador F06, muestra direcciones de vuelo hacia el noroeste y sureste.
- El punto de muestreo LF7, a 215 m al noreste del aerogenerador F02, presenta preferencia por los vuelos en dirección noroeste, alejándose del proyecto. En menor medida, presenta vuelos en dirección suroeste.

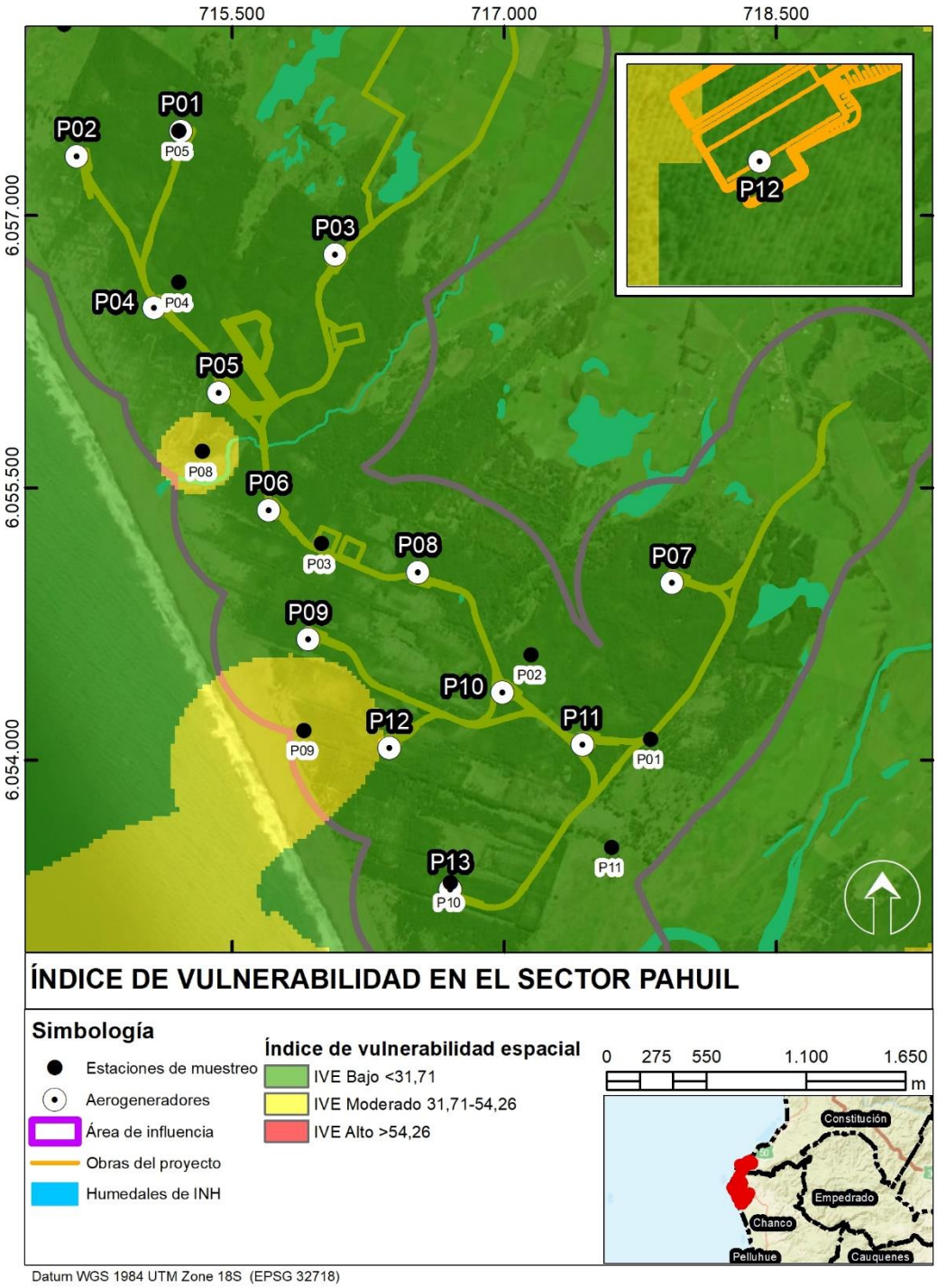
Gráfico 6-1. Análisis de dirección de vuelo anual en puntos de muestreo LF1, LF2, LF5 y LF7



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Del mismo modo, el sector de muestreo Pahuil muestra dirección de vuelo marcada hacia el sureste, a la vez que la vulnerabilidad espacial es baja. Sin embargo, se analizarán los puntos P8 y P9, por obtener un IVE Moderado y encontrarse cercano al área de generación.

Figura 6-3. Mapa de vulnerabilidad espacial en el área de generación Pahuil

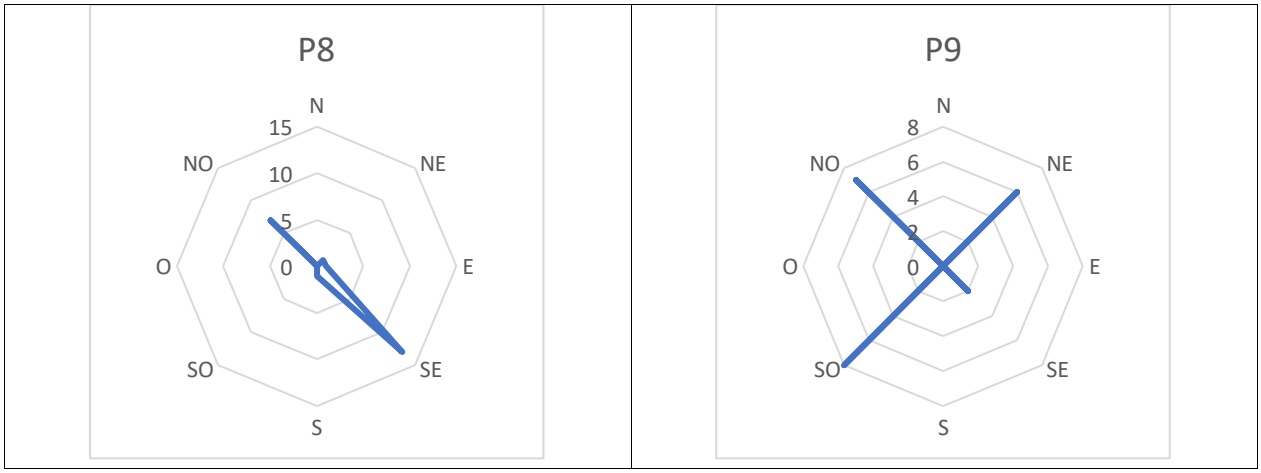


Fuente: Foco Ambiental, 2026.

Según muestra el Gráfico 6-2, se tiene lo siguiente:

- El punto de muestreo P8, a 338 m al suroeste del aerogenerador P05 y 543 m al noreste del aerogenerador P06, muestra dirección de vuelo preferente hacia el sureste, y en menor medirá, hacia el noroeste.
- el punto de muestreo P9, a 503,5 m al sur del aerogenerador P09 y 481 m al oeste del aerogenerador P12, presenta 6 al noreste, mientras que el resto se aleja del área de generación, con 8 vuelos en dirección suroeste, 7 hacia el noroeste, y 2 al sureste.

Gráfico 6-2. Análisis de dirección de vuelo anual en puntos de muestreo P8 y P9



Fuente: Foco Ambiental, 2026.

7. CONCLUSIONES

En términos generales se aprecia que el área de influencia del Proyecto está dominada por una matriz vegetal que ha sido larga e intensamente intervenida por actividad agrícola y silvícola. En lo particular, el Proyecto se instala sobre una zona de planicies y elevaciones cercanas al borde costero, que forman parte de la cordillera de la Costa y se ubican a diferente altura, dependiendo de los dos sectores en que se divide el Proyecto (sector norte Estancia La Flora y sector sur de Pahuil).

En esta condición los hábitats disponibles para la fauna determinan la existencia de un ensamble de aves típico de la zona centro sur de Chile, con presencia de aves de matorral y con inclusión de aves acuáticas y costeras, dada la cercanía del litoral oceánico y la existencia de amplios humedales cercanos. En general, el ensamble está formado por especies de aves comunes, abundantes en este tipo de ambientes de la Zona Mediterránea, que corresponden a las que normalmente utilizan tipos vegetales como el matorral y bosque esclerófilo.

En el área de influencia del Proyecto, en cuatro campañas de terreno estacionales, se identificaron 93 especies de aves, observándose una mayor riqueza en verano y primavera, con 84 y 81 especies y menor en invierno y otoño con 69 y 64 entidades.

La composición del ensamble de aves observado en el estudio de campo responde al típicamente presente en los humedales y zonas silvo-agropecuarias de Chile central y en su conformación solo se manifestó un 69.9% del total de especies que potencialmente se describen para el área de influencia, de las cuales, 91 son nativas y dos son introducidas.

Este diverso catálogo estuvo conformado por 16 órdenes y 37 familias de aves que incluye aves de hábitos terrestres y acuáticos, entre ellas aves marinas costeras, como gaviotas, pelicanos, junto a algunas limnícolas y a las típicas especies que se encuentran humedales de la zona centro sur, como patos, garzas y taguas. Entre las aves terrestres destacan las rapaces, y especialmente el grupo más diverso que corresponde al de los Paseriformes, con 42 especies.

De las 93 especies registradas en terreno, 88 son especies nativas y tres endémicas de Chile (3,2% de endemismo): la perdiz *(Nothoprocta perdicaria),* el canastero *(Pseudasthenes humícola)* y el churrín del Norte *(Scytalopus fuscus*. Las especies introducidas corresponden a la codorniz californiana *(Callipepla californica)* y al gorrión *(Passer domesticus).*

Por otra parte, es destacable también el registro de 14 especies clasificadas en categorías de conservación en el área de generación, entre las cuales destaca la gaviota garuma *(Leucophaeus modestus)* en la categoría Vulnerable (VU). Luego, en la categoría Casi Amenazada (NT), se encuentran 4 especies: pelícano (*Pelecanus thagus*), cuervo de pantano *(Plegadis chihi)*, pilpilén común *(Haematopus palliatus)* y gaviotín monja *(Larosterna inca)*, y las nueve especies restantes se encuentran clasificadas en la categoría Preocupación Menor (LC): perdiz (*Nothoprocta perdicaria*), pato gargantillo (*Anas bahamensis*), cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), pato cuchara (*Spatula platalea*), garza cuca (*Ardea cocoi*), becacina (*Gallinago magellanica*), zarapito común (*Numenius phaeopus*), zarapito (*Tringa flavipes*).

En cuanto a su distribución geográfica, se determinó que la mayoría de las especies tiene una amplia distribución geográfica en Chile, así como también en los países vecinos y ninguna es exclusiva de la región del Maule o del área de influencia del Proyecto.

En la zona de generación, la mayor diversidad de especies se registró en los ambientes de pradera y matorral del sector norte del Proyecto (Estancia La Flora), donde se pesquisaron 58 especies, en cambio en el sector sur del Proyecto (Pahuil), en el ambiente de plantación forestal, la diversidad fue menor, alcanzando sólo a 39 especies.

En términos de abundancia el registro total, para las cuatro campañas estacionales y para toda el área de influencia alcanzó a 7.211 individuos.

Con respecto a las diferencias estacionales en los registros de riqueza y abundancia, se detectaron similitudes en el comportamiento del parámetro riqueza, puesto que las estaciones de verano y primavera son las que ostentan el número de especies y las dos estaciones de clima frío se comportan de manera parecida, ya que este parámetro fue mucho menor que en primavera y verano. Sin embargo, con la abundancia no ocurrió lo mismo, puesto que, si bien el registro de verano fue el máximo, con 2.338 ejemplares observados, en primavera e invierno el resultado fue parecido (1.874 y 1.838, respectivamente), en desmedro del otoño, cuando la cantidad registrada fue la menor de todas, con 1.161 individuos.

Este resultado permite concluir que la abundancia de aves migratorias constituye un factor importante en primavera y verano, puesto que los humedales existentes en el área del Proyecto funcionan como sitios de descanso para especies migrantes locales e interhemisféricas. Sin embargo, la estacionalidad no es un factor de gran importancia para la composición del ensamble de aves, puesto que la riqueza de especies no se comporta en forma concomitante con la abundancia, al igual que el registro de vuelos observados en cada estación. Este parámetro mostró su mayor magnitud en verano y otoño, con 725 y 609 registros y el menor en primavera e invierno, con 528 y 521 vuelos registrados en cada campaña.

El esfuerzo de muestreo total de 279 horas distribuidas en cuatro campañas permitió una caracterización robusta de la avifauna. La aplicación de tasas relativas fue determinante para identificar que la actividad biológica no es uniforme; mientras que en términos absolutos el verano lidera los registros, la Tasa de Abundancia Relativa revela que el Invierno (29,6) presenta una densidad biológica casi idéntica a la estival, siendo superior a la primavera (24,2).

Se concluye que la estacionalidad es un factor clave en el uso del espacio aéreo. El análisis de la Tasa de Vuelos por Hora (V/h) demuestra que el Otoño es el periodo de mayor intensidad con 9,8 V/h, superando el promedio de verano (9,4 V/h).

En el estudio de tránsito aéreo, también se determinó que la dirección de los vuelos observados es bastante heterogénea a escala de proyecto, con un ligero predominio de los vuelos que se efectúan en el eje noroeste sureste, en cambio los menos frecuentes son los que se dirigen hacia el oeste y este. Al analizar estos resultados según la estación del año, se aprecia que no existe un patrón constante o un sentido predominante de los desplazamientos, si no que en cada campaña el comportamiento es diferente. En primavera, hubo un ligero predominio de los vuelos dirigidos hacia el noreste, en cambio en otoño se observó una tendencia hacia el norte y noroeste, en cambio en invierno y verano se insinuó una orientación

hacia el eje noroeste sureste, pero con un predominio de desplazamientos hacia el sur, en lugar del sureste en verano.

Sin embargo, el análisis por sector de muestreo da cuenta de las distintas tendencias por zona. Por ejemplo, para el área de generación de Estancia La Flora, asociada a los sectores de muestreo La Flora (LF) y Humedal Río Pinotalca (SA), dan cuenta de una preferencia hacia el noreste y noroeste, y hacia el suroeste, respectivamente; el sector sur muestra una tendencia marcada hacia el sureste en los puntos de Pahuil, y los puntos asociados al Río Reloca muestran preferencia por las direcciones sureste y suroeste, alejándose del proyecto.

Por otra parte, la mayoría de los desplazamientos (55%) se produce bajo las aspas de los aerogeneradores, en cambio los que se producen sobre estas estructuras constituyen sólo un 22%; sin embargo, también se registró una moderada frecuencia de vuelos realizados a la altura del área de barrido de las aspas, que corresponde a un 23%.

De las especies registradas, el modelo RSI representa una jerarquía de sensibilidad de colisión de las especies basada no solo en el estado de conservación o abundancia local, sino en la recurrencia dentro de la zona de barrido de las aspas. Bajo este criterio, las especies de mayor sensibilidad intrínseca son:

- Pilpilén común (*Haematopus palliatus*): la especie con mayor RSI (10,83), especialmente por su estacionalidad (especie residente) y mayor tamaño poblacional.
- Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*): con RSI de 9,33, sus variables más altas tienen relación con su carga alar muy alta, tratarse de una especie residente y de mayor tamaño poblacional.
- Jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*): su RSI 8,67 destaca por presentar vuelo asociado a térmicas, ser una especie residente y de mayor tamaño poblacional.

Especies numéricamente frecuentes pueden tener riesgos bajos si vuelan fuera de bandas críticas, mientras que especies menos abundantes con vuelos en bandas críticas de altura, es decir, en el rango de las aspas de los aerogeneradores (50 m a 230 m) alcanzan valores de RSI mayores debido a sus atributos ecológicos y dinámica poblacional lenta.

Si bien la mayoría de los desplazamientos (55%) se registraron bajo el área de barrido, un 23% de los vuelos se registró a la altura de las aspas, concentrando el riesgo en las especies mencionadas anteriormente. Aunque la dirección de vuelo es heterogénea a escala de proyecto, el análisis de la Tasa de Vuelos por Hora (V/h) demuestra que el otoño es el periodo de mayor intensidad (9,8 V/h), factor que debe ponderarse como un riesgo constante e independiente de la variación estacional de los vientos.

El cálculo del Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE) evidencia que los niveles máximos de vulnerabilidad se concentran fuera del área de generación, específicamente en los humedales de los ríos Pinotalca (puntos de muestreo SA) y Reloca (puntos de muestreo R), donde los mayores valores se concentran en los puntos de muestreo SA2 (IVE 110,21), R2 (IVE 97,71), R3 (IVE 80,83) y SA1 (IVE 77,85). Los puntos asociados a áreas de generación y con IVE alto son LF1 (IVE 66,25) y LF7 (IVE 60,72), este último cercano al aerogenerador F02.

Con estos valores se ha determinado que la mayoría de los aerogeneradores se encuentran en zonas de vulnerabilidad baja. Sin embargo, las estructuras F02, F06, F07 y F08 se encuentran en zonas de vulnerabilidad moderada, y el P12 se encuentra en una zona de vulnerabilidad baja, limitando con moderado, por lo que estos 5 aerogeneradores deben ser considerados dentro del Plan de Vigilancia Ambiental. En particular, la estructura F02 se emplaza en una zona de vulnerabilidad moderada, pero cercano al punto de muestreo LF7, de IVE alto, por lo que se trata de la estructura prioritaria para vigilancia por su cercanía a zona de mayor vulnerabilidad espacial.

En conclusión, el análisis integrado de la sensibilidad de las especies registradas en el área del proyecto (RSI) con las direcciones de vuelo registradas y la interpolación del índice de vulnerabilidad espacial (IVE) proporciona una aproximación técnica precisa. Esta metodología permite validar el diseño del Proyecto al demostrar que, si bien existen especies de alta sensibilidad, la gestión del riesgo se encuentra fundamentada en la jerarquización de las estructuras y el monitoreo específico de los sectores de mayor actividad aérea crítica.

Dentro de la zona de emplazamiento de turbinas, se concluye que los aerogeneradores F02, F06, F08 y F09 en Estancia La Flora, así como el P13 en Pahuil, son las estructuras con mayor potencial de impacto biológico, al estar emplazadas en zonas de IVE Moderado, siendo los focos prioritarios para la implementación del Plan de Vigilancia Ambiental de la avifauna.

En resumen, la sistematización de un esfuerzo de muestreo de 279 horas, que permitió registrar un total de 7.211 individuos y 2.383 registros de vuelo, constituye una base empírica robusta para la evaluación biológica del área. La estimación del Índice de Sensibilidad (RSI), que permitió identificar especies críticas el Pilpilén común (RSI 10,83) y el Cisne de cuello negro (RSI 9,33), integrada con el Índice de Vulnerabilidad Espacial (IVE), proporciona una aproximación técnica precisa a la vulnerabilidad por micrositio. Esta metodología no solo facilita la jerarquización de estructuras específicas, sino que valida el diseño del Proyecto al demostrar cartográficamente que la mayor parte de las turbinas se emplazan en rangos de vulnerabilidad baja a moderada, demostrando una gestión del riesgo biológico fundamentada y coherente con el entorno del parque eólico.

8. BIBLIOGRAFÍA

ANDREU AC. 2014. Registro de la evolución de la inundación en lagunas y charcas temporales de Doñana. Documentos Técnicos del Equipo de Seguimiento de Recursos y Procesos Naturales. ICTS-Reserva Biológica de Doñana. Estación Biológica de Doñana (CSIC), España.

ARAYA B. y MILLIE, H (2005). Guía de Campo de las Aves de Chile. Editorial Universitaria. Santiago. 406 pp.

ATIENZA, J.C., I.M. FIERRO, O. INFANTE & J. VALLS. 2014. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 1.1). SEO/BirdLife, Madrid.

BALOTARI, F., A. SANTANGELI, S. PIIRAINEN, & P. BYHOLM. 2023. Wind energy expansion and birds: Identifying priority areas for impact avoidance at a national level. Biological Conservation 277: 109851.

BARROS, R. JARAMILLO, A. & SCHMITT, F. 2014. Lista de las Aves de Chile. La Chiricoca 20: 80-100.

BLANCO, D. & M. CARBONELL. 2001. El censo neotropical de aves acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999. Wetlands International, Buenos Aires & Ducks Unlimited, Memphis, 96 pp.

CANEVARI P, G CASTRO, M SALLABERRY & LG NARANJO (2001) Guía de los chorlos y playeros de la región Neotropical. American Bird Conservancy, WWW-US, Humedales para las Américas y Manomet Conservaction Science, Asociación Calidris. Colombia.

COUVE, E., C. VIDAL & J. RUIZ. 2016. Aves de Chile, sus islas oceánicas y península Antártica, una guía de campo ilustrada. 551 pp.

DEL HOYO, J., A. ELLIOTT & J. SARGATAL (eds). 1992. Handbook of the birds of the world. Vol. 1. Ostrich to Ducks. Lynx Edicions, Barcelona.

DELANY, S. 2005. Guidelines for participants in the International Waterbird Census (IWC).Wetlands International, Wageningen (Netherlands), 15 pp.

DEPRAETERE, M., S. PAVOINE, F. JIGUET, A. GASC, S. DUVAIL & J. SUEUR. 2012. Monitoring animal diversity using acoustic indices. Ecological Indicators 13: 46-54.

eBird. 2025. eBird: An online database of bird distribution and abundance [web application]. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Available: http://www.ebird.org. (Accessed: Date [agosto 2025]).

ESPINOSA, L. 2001. Chile. Pp. 61-76 en Blanco, D. E. y M. Carbonell (Eds.). El Censo Neotropical de Aves Acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999. Wetlands International, Buenos Aires & Ducks Unlimited Inc., Memphis.

ESTADES, C. F., J. AGUIRRE, & A. CAMAÑO. 2008. Chilean Flamingos (*Phoenicopterus chilensis*) in estuaries of central Chile. Flamingo 16: 50–54.

ESTADES, C. F., M. A. VUKASOVIC, & J. AGUIRRE. 2012. Aves en los humedales costeros de Chile. Pp. 67–99 in Fariña, J. M., & A. Camaño (eds). Humedales costeros de Chile. Aportes científicos a su gestión sustentable. Ediciones Univ. Católica de Chile, Santiago.

ESTADES, C.F. & M.A. VUKASOVIC, 2013. Waterbird population dynamics in estuarine wetlands of Central Chile. Ornitologia Neotropical 24: 67-83.

FARNSWORTH, A. 2005. Flight calls and their value for future ornithological studies and conservation research. 432 The Auk 122:733–746.

FERRER, M., M. DE LUCAS, G. JANSS, E. CASADO, A. R. MUÑOZ, M. BECHARD & C. CALABUIG. 2012. Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind farms. Journal of applied ecology, 49: 38-46.

GAJARDO R (1994). La Vegetación Natural de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165 pp.

GONZÁLEZ, G. 2014. Medidas de mitigación de impactos ambientales en aves silvestres y murciélagos. SAG. Santiago, Chile. 84 pp

GONZÁLEZ, A., H. SEEGER, E. VÁSQUEZ, C. PIZARRO, I. FERNANDEZ, G. VALENZUELA, C. BARRIENTOS, K. ARDILES & C. GODOY. 2004. *Pandion haliaetus* en la desembocadura del río Reloca. Boletín Chileno de Ornitología, 10: 39.

JAKSIC, F, M. & FEINSINGER, P. 1991. Bird assemblages in temperate forests of North and South America:. a comparison of diversity, dynamics, guild structure, and resource use. Revista Chilena de Historia Natural 64:491-510,1

JARAMILLO A, BURKE P & D BEADLE (2005). Aves de Chile. Guías Descubrir la Naturaleza, Lynx Edicions, Barcelona, España. 240 pp.

JOHNSON, G.D., W. ERICKSON, M. STRICKLAND, M. SHEPHERD, D. SHEPHERD & S. SARAPPO. 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. Wildlife Society Bulletin, 30 (3): 879-887.

KÖPPEL, J. (Ed). 2017. Wind Energy and Wildlife Interactions. Springer International Publishing, Cham, 289 pp.

LEDEC, G.C., K.W. RAPP & R.G. AIELLO. 2011. Greening the wind: environmental and social considerations for wind power development in Latin America and beyond (Vol. 1 of 2). Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), World Bank, Washington, DC.

LUEBERT, F. y P. PLISCOFF. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 316 p.

MARÍN, M. 2004. Lista comentada de las aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona, 144 pp.

MANN G (1960). Regiones Biogeográficas de Chile. Centro de Investigaciones Zoológicas de la Universidad de Chile. 49 pp.

MARTÍNEZ D & G GONZÁLEZ (2004). Las Aves de Chile. Nueva guía de Campo. Ediciones del Naturalista, Santiago, Chile. 620 pp.

MARTÍNEZ-PIÑA D. 2023. Aves de Chile. Guía de Campo. Museo Ediciones. Chile.

MEDRANO F, BARROS R, NORAMBUENA HV, MATUS R Y SCHMITT F. (2018). Atlas de las aves nidificantes de Chile. Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile. Santiago, Chile.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES) (2005). D.S. Nº 75. Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES) (2007). DS Nº151. Primer Proceso de Clasificación de Especies Silvestres Según Su Estado de Conservación.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES) (2008). DS Nº50. Segundo Proceso de Clasificación de Especies Según Su Estado de Conservación.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA (MINSEGPRES) (2008). DS Nº51. Tercer Proceso de Clasificación de Especies Según Su Estado de Conservación. MINSEGPRES (2009). DS Nº23. Cuarto Proceso de Clasificación de Especies Según Su Estado de Conservación.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) (2011). Decreto Supremo Nº 33. Quinto Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) (2011). Decreto Supremo Nº 41. Sexto Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) (2011). Decreto Supremo Nº 42. Séptimo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) (2013). Decreto Supremo Nº 13. Octavo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) (2014). Decreto Supremo Nº 52. Noveno Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) – ONU Medio Ambiente, 2022. Estrategia Nacional de Conservación de Aves 2021-2030 (T. A. Altamirano, ed.), Proyecto GEF/SEC ID: 9766 Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, 98 p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2017. Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017-2030). Ministerio del Medio Ambiente de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Santiago, 97pp.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA) (Ed.). 2018. Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago.

MYERS JP, M SALLABERRY, E ORTIZ, G CASTRO, LM GORDON, JL MARON, CT SCHICK, E TABILO, P ANTAS & T BELOW (1990) Migration routes of new world sanderlings (Calidris alba). Auk 107: 172 – 180.

NEWTON, I. 2024. The Migration Ecology of Birds. Second Edition, Elsevier Academic Press, London, 707 pp.

NOGUERA J C, PÉREZ & MÍNGUEZ E (2010). Impact of terrestrial wind farms on diurnal raptors: Developing a spatial vulnerability index and potential vulnerability maps. Ardeola 57 (1), 2010, 41-53.

OLSON, D., E. DINERSTEIN, P. CANEVARI, I. DAVIDSON, G. CASTRO, V. MORISSET, R. ABELL & E. TOLEDO (eds.). 1998. Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment. Biodiversity Support Program, Washington, D.C. 55 pp.

QUINTANILLA V (1983). Biogeografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. 230 pp.

PERCIVAL, S.M. 2005. Birds and windfarms: what are the real issues? British Birds 98: 194-204.

PERROW, M. R. 2017. Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions Volume 1. Onshore Potential Effects. Pelagic Publishing, Exeter, UK.

RALPH JC, GEUPEL GR, PYLE P, MARTIN TE, DESANTE DF & B MILÁ (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department Of Agriculture. 44 Pp.

RAMSAR. 2016. Introducción a la Convención sobre los Humedales. Secretaría de la Convención de Ramsar. Gland, Suiza.

ROTTMAN J. 1995. Guía de Identificación de Aves de Ambientes Acuáticos. Serie Aves de Chile. Unión de Ornitólogos de Chile (UNORCH). Santiago, Chile.

SALLABERRY M, TABILO E, KLESSE A & J ABARCA (1996) The Chilean Shorebird Network (RECAP). International Wader Studies 8: 71-78.

SCHAUB, T., R. H.G. KLAASSEN, C. DE ZUTTER, P. ALBERT, O. BEDOTTI, J-L. BOURRIOUX, R. BUIJ, J. CHADOEUF, C. GRANDE, H. ILLNER, J. ISAMBERT, K. JANSSENS, E. JULIUS, S. LEE, A. MIONNET, G. MÜSKENS, R. RAAB, S. VAN RIJN, J. SHAMOUN-BARANES, G. SPANOGHE, B. VAN HECKE, J. WALDENSTROM, A. MILLON. 2024. Effects of wind turbine dimensions on the collision risk of raptors: A simulation approach based on flight height distributions. Science of the Total Environment 954: 176551.

SCOTTISH NATURAL HERITAGE (SNH) (2005). Survey methods for use in assessing the impacts of onshore windfarm on bird communities. SNH Guidance. SNH, Battleby.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. División de protección de los Recursos Naturales Renovables. Santiago ,Chile. 180 pp.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG) (2010). La Ley de Caza y su Reglamento. Undécima Edición. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Santiago, 96 pp.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). (2012a). Manual de Evaluación de Línea de Base Componente Fauna.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). (2012b). Pauta de Evaluación Ambiental Proyectos Lineales.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). (2015). Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). (2016). Guía de evaluación ambiental. Componente fauna silvestre.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2018. Legislación. Ley Nº19.473 y su Reglamento. XIX edición, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables, SAG, Santiago, 108 pp.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). (2022). Guía evaluación ambiental fauna silvestre D-RNN-EIA-PR-001 Versión 03

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA). 2022. Criterio de evaluación en el SEIA: evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa. Servicio de Evaluación Ambiental, Santiago, 15 pp.

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA). 2023. Guía Área de influencia en humedales. Servicio de Evaluación Ambiental, Santiago, 146 pp.

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA). 2024a. Guía áreas de influencia en ecosistemas terrestres. Servicio de Evaluación Ambiental, Santiago, 215 pp.

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA). 2024b. Guía metodológica para la descripción de ecosistemas terrestres. SEA, Santiago, 215 pp.

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA). 2026a. Área de influencia en el SEIA

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA). 2026b. Criterio de evaluación en el SEIA: Aves y quirópteros en proyectos de líneas de transmisión eléctrica y parques eólicos

SUBRAMANIAN M. 2012The trouble with turbines: an ill wind. Nature 486: 310-311TABILO E, JORGE R, MONDACA V. 2001. Aves Acuáticas en Humedales Costeros de la Región de Coquimbo, Chile. Bol Chil Ornitol 8: 13-17.

TALA CH (2006). Aves migratorias y su relación con la transmisión de enfermedades emergentes. Boletín Veterinario Oficial (BVO I semestre 2006). SAG, Gobierno de Chile. 24 pp.

THOMSON, R.F., VUKASOVIC, M.A., ESTADES, C.F. 2020. Estado de las poblaciones del Rayador (*Rynchops niger*) en Chile. Gayana 84: 144-151.

THOMSON, R. F., M. A. VUKASOVIC & C. F.ESTADES. 2020. Trans-Andean Crossing of Yellow-Billed Pintails (*Anas georgica*). Waterbirds 43(3-4): 333-336.

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN). 2012. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN

VAN DOREN, B. M., V. LOSTANLEN, A. CRAMER, J. SALAMON, A. DOKTER, S. KELLING, J. BELLO, A. FARNSWORTH. 2022. Automated acoustic monitoring captures timing and intensity of bird migration. Journal of Applied Ecology 60: 433-444.

VICTORIANO, P. F., A. L. GONZÁLEZ & R. SCHLATTER. 2006. Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. Gayana 70(1): 140-162.

WINGER, B. M., B. C. WEEKS, A. FARNSWORTH, A. W. JONES, M. HENNEN, AND D. E. WILLARD. 2019. Nocturnal flight-calling behaviour predicts vulnerability to artificial light in migratory birds. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 286:20190364.

WILLIAMS KA, GULKA J, COOK ASCP, DIEHL RH, FARNSWORTH A, GOYERT H, HEIN C, LORING P, MIZRAHI D, PETERSEN IK, PETERSON T, PRESS KM AND STENHOUSE IJ (2024) A framework for studying the effects of offshore wind energy development on birds and bats in the Eastern United States. Frontiers Marine Science 11:1274052.

WITHAM CW, BAUDER ET, BELK D, FERREN JR. WR, ORNDUFF R. (editors). 1998. Ecology, conservation, and management of vernal pool ecosystems – Proceedings from a 1996 Conference. California Native Plant Society, Sacramento, USA.

APÉNDICE 8.3.1
LISTADO DE ESPECIES POTENCIALES

Listado actualizado a marzo de 2026

FOCO AMBIENTAL
Consultoría Medioambiental

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado conservación[(1)]	Fuente
Tinamiformes	Tinamidae	*Nothoprocta perdicaria*	Perdiz chilena	Endémica	LC	DS 02/2024 MMA
Anseriformes	Anatidae	Anas bahamensis	Pato gargantillo	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
		Anas flavirostris	Pato jergón chico	Nativa	-	-
		Anas geórgica	Pato jergón grande	Nativa	-	-
		Anas sibilatryx	Pato real	Nativa	-	-
		Coscoroba coscoroba	Cisne coscoroba	Nativa	LC	DS 16/2020 MMA
		Cygnus melancoryphus	Cisne de cuello negro	Nativa	LC	DS 16/2020 MMA
		Heteronetta atricapilla	Pato rinconero	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
		Mareca sibilatrix	Pato real	Nativa	-	-
		Netta peposaca	Pato negro	Nativa	-	-
		Oxyura ferruginea	Pato rana de pico ancho	Nativa	-	-
		Oxyura vittata	Pato rana de pico delgado	Nativa	-	-
		Spatula cyanoptera	Pato colorado	Nativa	-	-
		Spatula platalea	Pato cuchara	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
		Spatula versicolor	Pato capuchino	Nativa	-	-
Podicipediformes	Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*	Picurio	Nativa	-	-
		Rollandia rolland	Pimpollo	Nativa	-	-
		Podiceps major	Huala	Nativa	-	-
		Podiceps occipitalis	Blanquillo	Nativa	-	-
Suliformes	Sulidae	*Sula variegata*	Piquero	Nativa	LC	DS 79/2018 MMA
	Phalacrocoracidae	*Phalacrocorax bouganvillii*	Guanay	Nativa	NT	DS 79/2018 MMA
		Phalacrocorax brasilianus	Yeco	Nativa	-	-
		Phalacrocorax gaimardi	Lile	Nativa	NT	DS 79/2018 MMA
Pelecaniformes	Pelecanidae	*Pelecanus thagus*	Pelícano	Nativa	NT	DS 23/2019 MMA
	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza grande	Nativa	-	-
		Ardea cocoi	Garza cuca	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
		Egretta thula	Garza chica	Nativa	-	-
		Bubulcus ibis	Garza boyera	Nativa	-	-
		Nycticorax nycticorax	Huairavo	Nativa	-	-
	Threskiornitidae	*Plegadis chihi*	Cuervo de pantano	Nativa	NT	DS 16/2020 MMA
		Theristicus melanopis	Bandurria	Nativa	LC	DS 06/2017 MMA

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado conservación[(1)]	Fuente
Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Jote de cabeza negra	Nativa	-	-
		Cathartes aura	Jote de cabeza colorada	Nativa	-	-
		Vultur gryphus	Cóndor	Nativa	NT	DS 79/2018 MMA
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	*Phoenicopterus chilensis*	Flamenco chileno	Nativa	NT	DS 23/2019 MMA
Accipitriformes	Accipitridae	*Elanus leucurus*	Bailarín	Nativa	-	-
		Geranoaetus melanoleucus	Águila	Nativa	-	-
		Geranoaetus polyosoma	Aguilucho	Nativa	-	-
		Parabuteo unicinctus	Peuco	Nativa	-	-
		Accipiter chilensis	Peuquito	Nativa	LC	DS 16/2020 MMA
		Circus cinereus	Vari	Nativa	-	-
Falconiformes	Falconidae	*Caracara plancus*	Traro	Nativa	-	-
		Milvago chimango	Tiuque	Nativa	-	-
		Falco peregrinus	Halcón peregrino	Nativa	LC	DS 06/2017 MMA
		Falco femoralis	Halcón perdiguero	Nativa	-	-
		Falco sparverius	Cernícalo	Nativa	-	-
Galliformes	Odontophoridae	*Callipepla californica*	Codorniz californiana	Exótica	-	-
Gruiformes	Rallidae	*Fulica armillata*	Tagua	Nativa	-	-
		Fulica leucoptera	Tagua chica	Nativa	-	-
		Fulica rufifrons	Tagua frente roja	Nativa	-	-
		Gallinulla melanops	Tagüita	Nativa	-	-
		Pardirallus sanguinolentus	Pidén	Nativa	-	-
Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius collaris*	Chorlo de collar	Nativa	NT	DS 44/2021 MMA
		Charadrius nivosus	Chorlo nevado	Nativa	VU	DS 23/2019 MMA
		Oreopholus ruficollis	Chorlo de campo	Nativa	NT (II-X); LC (XV-I; XI-XII)	DS 23/2019 MMA
		Vanellus chilensis	Queltehue	Nativa	-	-
	Haematopodidae	*Haematopus palliatus*	Pilpilén común	Nativa	NT	DS 16/2020 MMA
	Laridae	*Chroicocephalus maculipennis*	Gaviota cáhuil	Nativa	-	-
		Larus dominicanus	Gaviota dominicana	Nativa	-	-
		Leucophaeus modestus	Gaviota garuma	Nativa	VU	DS 16/2020 MMA

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado conservación[1]	Fuente
		Leucophaeus pipixcan	Gaviota de Franklin	Nativa	LC	DS 16/2020 MMA
		Sterna trudeaui	Gaviotín piquerito	Nativa	-	-
		Sterna hirundinacea	Gaviotín sudamericano	Nativa	-	-
		Sterna paradisaea	Gaviotín ártico	Nativa	-	-
		Thalasseus elegans	Gaviotín elegante	Nativa	NT	DS 16/2020 MMA
		Larosterna inca	Gaviotín monja	Nativa	NT	DS 79/2018 MMA
	Rhynchopidae	*Rhynchops niger*	Rayador	Nativa	-	-
	Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Perrito	Nativa	-	
	Scolopacidae	*Calidris alba*	Playero blanco	Nativa	-	-
		Calidris bairdii	Playero de Baird	Nativa	-	-
		Calidris minutilla	Playero enano	Nativa	-	-
		Gallinago magellanica	Becacina	Nativa	LC	DS16/2016 MMA
		Numenius phaeopus	Zarapito	Nativa	LC	DS 44/2021 MMA
		Tringa flavipes	Pitotoy chico	Nativa	LC	DS 44/2021 MMA
		Tringa melenoleuca	Pitotoy grande	Nativa	-	-
	Thinocoridae	*Thinocorus rumicivorus*	Perdicita	Nativa	LC	DS 44/2021 MMA
Columbiformes	Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica	Exótica	-	-
		Patagioenas araucana	Torcaza	Nativa	LC	DS 16/2016 MMA
		Zenaida auriculata	Tórtola	Nativa	-	-
		Columbina picui	Tortolita cuyana	Nativa	-	-
Psitaciformes	Psitacidae	*Myopsitta monachus*	Cotorra argentina	Exótica	-	-
Strigiformes	Strigidae	*Bubo virginianus*	Tucúquere	Nativa	-	-
		Athene cunicularia	Pequén	Nativa	-	-
		Glaucidium nanum	Chuncho	Nativa	-	-
		Strix rufipes	Concón	Nativa	NT	DS 16/2016 MMA
	Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza blanca	Nativa	-	-
Caprimulgiformes	Caprimugidae	*Systellura longirostris*	Gallina Ciega	Nativa	-	-
Apodiformes	Trochilidae	*Patagona gigas*	Picaflor Gigante	Nativa	-	-
		Sephanoides sephaniodes	Picaflor Chico	Nativa	-	-
Piciformes	Picidae	*Colaptes pitius*	Pitío	Nativa	-	-
		Veniliornis lignarius	Carpinterito	Nativa	-	-
Passeriformes	Furnariidae	*Aphrastura spinicauda*	Rayadito	Nativa	-	-

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado conservación[1]	Fuente
		Cinclodes fuscus	Churrete acanelado	Nativa	-	-
		Cinclodes patagonicus	Churrete	Nativa	-	-
		Leptasthenura aegithaloides	Tijeral	Nativa	-	-
		Phleocryptes melanops	Trabajador	Nativa	-	-
		Pseudasthenes humicola	Canastero	Endémica	-	-
		Pygarrhichas albogularis	Comesebo grande	Nativa	-	-
		Sylviorthorhynchus desmursii	Colilarga	Nativa	-	-
		Upucerthia dumetaria	Bandurrilla	Nativa	-	-
	Rhinocryptidae	*Eugralla paradoxa*	Churrín de la Mocha	Nativa	-	-
		Scytalopus fuscus	Churrín del norte	Endémica	-	-
	Tyrannidae	*Agriornis lívida*	Mero	Nativa	-	-
		Anairetes parulus	Cachudito	Nativa	-	-
		Colorhamphus parvirostris	Viudita	Nativa	-	-
		Elaenia albiceps	Fio-fio	Nativa	-	-
		Hymenops perspicillatus	Run run	Nativa	-	-
		Lessonia rufa	Colegial	Nativa	-	-
		Muscisaxicola macloviana	Dormilona tontita	Nativa	-	-
		Pyrope pyrope	Diucón	Nativa	-	-
		Tachuris rubrigastra	Siete colores	Nativa	-	-
	Phytotomidae	*Phytotoma rara*	Rara	Nativa	-	-
	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina bermeja	Nativa	-	-
		Tachycineta leucopyga	Golondrina Chilena	Nativa	-	-
		Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina de Dorso Negro	Nativa	-	-
	Troglodytidae	*Cistothorus platensis*	Chercán de las vegas	Nativa	-	-
		Troglodytes aedon	Chercán	Nativa	-	-
	Turdidae	*Turdus falklandii*	Zorzal	Nativa	-	-
	Mimidae	*Mimus thenca*	Tenca	Nativa	-	-
	Motacillidae	*Anthus correndera*	Bailarín chico	Nativa	-	-
	Thraupidae	*Diuca diuca*	Diuca	Nativa	-	-

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado conservación(1)	Fuente
		Rhoposopina alaudinus	Platero	Nativa	-	-
		Rhoposopina fruticeti	Yal	Nativa	-	-
		Phrygilus gayi	Cometocino de Gay	Nativa	-	-
		Phrygilus patagonicus	Cometocino patagónico	Nativa	-	-
		Sicalis luteola	Chirihue	Nativa	-	-
	Emberizidae	*Zonotrichia capensis*	Chincol	Nativa	-	-
	Icteridae	*Agelasticus thilius*	Trile	Nativa	-	-
		Curaeus curaeus	Tordo	Nativa	-	-
		Molothrus bonariensis	Mirlo	Nativa	-	-
		Sturnella loyca	Loica	Nativa	-	-
	Fringillidae	*Spinus barbata*	Jilguero	Nativa	-	-
	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión	Exótica	-	-

(1) Estados de conservación: CR: En Peligro Crítico; EN: En Peligro de extinción; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación Menor; DD: Datos Insuficientes; R: Rara; ICC: Inadecuadamente Conocida; F: Fuera de Peligro -: Especie no clasificada.
Fuente: Tricao, 2025.

APÉNDICE 8.3.2

REGISTRO TOTAL DE ABUNDANCIA DE AVES

Se adjunta planilla en formato XLSX.

FOCO AMBIENTAL
Consultoría Medioambiental

APÉNDICE 8.3.3
REGISTRO TOTAL DE VUELOS

Se adjunta planilla en formato XLSX.

FOCO AMBIENTAL
Consultoría Medioambiental

APÉNDICE 8.3.4

PLANILLAS DE CÁLCULO ÍNDICES DE SENSIBILIDAD RELATIVA (RSI) Y DE VULNERABILIDAD ESPACIAL (IVE)

Se adjunta planilla en formato XLSX.

FOCO AMBIENTAL
Consultoría Medioambiental

APÉNDICE 8.3.5
ARCHIVOS DIGITALES

Se adjuntan archivos formatos KMZ y SHP.

FOCO AMBIENTAL
Consultoría Medioambiental