



“ESTUDIO MAPA DE SENSIBILIDAD PARA EL DESARROLLO DE PARQUES EÓLICOS EN LA INDUSTRIA REGIONAL DE HIDRÓGENO VERDE SOSTENIBLE” REALIZADO PARA LA REGIÓN DE MAGALLANES”

En el marco del Programa Transforma Regional H2v Magallanes de Corfo y del Gobierno Regional, se ejecutó el primer **“ESTUDIO MAPA DE SENSIBILIDAD PARA EL DESARROLLO DE PARQUES EÓLICOS EN LA INDUSTRIA REGIONAL DE HIDRÓGENO VERDE SOSTENIBLE”** realizado para la región de Magallanes, que tiene como objetivo identificar la presencia de especies en zonas donde se podrían emplazar parques eólicos, líneas de transmisión y accesos viales asociados a la producción de Hidrógeno Verde. Este estudio, adjudicado a investigadores de la Universidad Santo Tomás en noviembre de 2022, es el primer paso en el proceso de construcción de una línea base ambiental y social en la Región de Magallanes.

El contenido del presente estudio es de exclusiva responsabilidad de sus autores y no representa necesariamente la posición del mandante. En este sentido, se trata de un insumo referencial y no constituye una orientación de política pública ni reemplaza ni constituye una fuente directa para definiciones de ordenamiento territorial, evaluación ambiental estratégica o evaluación ambiental de proyectos, procedimientos que se rigen por su respectiva regulación.

Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)
Fundación de Desarrollo Educacional y Tecnológico La Araucanía (FUDEA UFRO)



Informe Final

Mapa de sensibilidad sobre aves y murciélagos para el desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde en la Región de Magallanes.

Universidad Santo Tomás
25 de abril de 2023

Equipo responsable

Heraldo V. Norambuena

Biólogo en Gestión de Recursos Naturales
Doctor en Sistemática y Biodiversidad
-Director del proyecto-

Fabio A. Labra Rodríguez

Licenciado en Ciencias Biológicas
Doctor en Ciencias Biológicas, mención Ecología
-Director alterno del proyecto-

Matías Olea Valdivia

Geógrafo

Daniel Zamorano

Biólogo ambiental
Magíster en Ciencias Biológicas
Dr. (c) Zoología,

Carmen Espoz Larraín

Bióloga marina
Doctora en Ciencias Biológicas, mención Ecología

Ricardo Matus Navarro

Ornitólogo, Naturalista

Gabriela Garrido

Licenciada en Biología Marina

Annia Rodríguez-San Pedro

Licenciada en Biología
Doctora en Ciencias con mención en Ecología y Biología Evolutiva

Rodrigo Silva Caballero

Médico veterinario



El presente informe entrega los resultados de la evaluación del mapa de sensibilidad para aves y murciélagos en la Región de Magallanes. Estos productos se basan en el modelamiento de la información de distribución disponible y el juicio experto de distintos rasgos y características de las especies analizadas para valorar su sensibilidad. Por ello representa un primer insumo que debe ser mejorado tanto en cuanto a la información de distribución geográfica, como en el estudio empírico de las características demográficas, de vuelo y uso de hábitat de las especies a analizar. Este producto no representa las opiniones del mandante, y no puede reemplazar en modo alguno el desarrollo de procesos de evaluación de impacto ambiental u ordenamiento territorial, siendo solo un insumo para dichos procesos. Los productos y recomendaciones entregados en el presente informe no pretenden ser normativos ni vinculantes, sino más bien servir como un recurso valioso para ayudar en el desarrollo sostenible del sector energético en la Región de Magallanes.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES GENERALES	6
1.2. Impacto de la generación de energía eólica.....	8
1.3. Aves y murciélagos en la región de Magallanes	8
2. Objetivos.....	10
2.1. Objetivo general	10
2.2. Objetivos Específicos	11
3. ACTIVIDADES REPORTADAS EN EL PRESENTE INFORME	11
4. METODOLOGÍAS	14
<i>Métodos para el objetivo 1</i>	14
4.1. Base de datos	14
4.2. Catálogo digital.....	18
4.3. Taller técnico interno de validación.....	19
<i>Métodos para el objetivo 2</i>	19
4.4. Evaluación de sensibilidad	19
4.5. Taller técnico interno de validación.....	26
<i>Métodos para el objetivo 3</i>	27
4.6. Desarrollo de Mapa de Sensibilidad	27
4.7. Taller técnico interno de validación.....	36
<i>Métodos para el objetivo 4</i>	37
4.8. Desarrollo de metodología para el desarrollo de Mapas de sensibilidad	37
5. RESULTADOS.....	37
Producto 1. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes. Priorizados según su categoría de conservación, su caracterización conductual, rutas de migración utilizada, áreas de reproducción, dormideros, entre otros.	37
Listado preliminar de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes. Priorizados según su categoría de conservación, su caracterización conductual, rutas de migración utilizada, áreas de reproducción, dormideros, entre otros.	39
Producto 2. Tabla con fuentes de información de distribución de especies vulnerables, sus hábitats y ecosistemas, así como otros factores relevantes, señalado su calidad de la información (fuente, grado de representatividad, etc.) y la metodología usada para abordar las brechas detectadas.	45
Cartografía Preliminar y Análisis crítico de fuentes de información de distribución y estrategias para abordar las deficiencias o brechas de información.	47

Producto 3. Descripción de los indicadores de riesgo considerados que den cuenta del sistema de evaluación de sensibilidad para cada especie.....	59
Producto 4. Mapa de sensibilidad que dé cuenta de las zonas con mayor o menor nivel de sensibilidad de cada especie seleccionada frente a la presencia de proyectos eólicos e infraestructura asociada, validado en un ‘focus group’ de especialistas. El formato es un reporte con archivos ‘shapes’ territoriales. Además, se generarán mapas ráster para resumir la información a nivel taxonómico y funcional.	66
Producto 5. Reporte con recomendaciones para la realización de mapas de sensibilidad.	88
Conclusiones	89
6. LITERATURA CITADA.....	92
7. Anexos.....	100
Anexo I	100
Anexo II	118
Anexo III	119
Anexo IV	120
Anexo V	121
Anexo VI	122
Anexo VII	123
Anexo VIII	124
Anexo IX	125
Anexo X	126
Anexo XI	127

1. ANTECEDENTES GENERALES

El Programa Transforma Regional denominado “Hidrógeno Verde, Patagonia Austral”, Código 21PTRE-180893-2, etapa de implementación de Hoja de Ruta, en acuerdo adoptado por el Comité de Asignación Zonal de fondos – CAZ, en sesión extraordinaria N°6, el día 24 de mayo de 2022, fue aprobado en el marco del instrumento “Transforma” categoría “Transforma Regional”. Su gestión fue adjudicada para su ejecución a la “Fundación de Desarrollo Tecnológico de la Araucanía”, en adelante FUDEA-UFRO, la Fundación o Agente Operador Intermediario (AOI), según Resolución(E) N°04-2022, de la Dirección Regional Corfo de Magallanes y la Antártica Chilena.

La Gerencia de Redes y Territorios es la unidad a cargo de mejorar la productividad de las empresas y la competitividad del ecosistema productivo de los territorios, potenciando la calidad de su gestión y la adopción de tecnologías, fortaleciendo el capital humano, fomentando la generación de redes y favoreciendo la inversión.

Para cumplir con esta finalidad, Corfo desarrolla sus funciones en conexión con las regiones y sus empresas, impulsando el trabajo coordinado entre los actores políticos y los tejidos productivos, implementando instrumentos que faciliten la participación de las empresas a través de incentivos que los lleven a asumir, de forma exitosa, los desafíos que el crecimiento y desarrollo demandan en forma colaborativa. Además, Corfo ha definido como uno de sus ejes transversales, impulsar el desarrollo sostenible, promoviendo proyectos que incorporen criterios y acciones de desarrollo sustentable, para, además de tener impactos en la economía, que contribuyan en forma positiva a la sociedad y al medio ambiente. Los proyectos, o Programas Transforma, son una iniciativa coordinada por Corfo, concebidos como una instancia de articulación y acción público-privada para el mejoramiento competitivo de sectores y territorios específicos. Respecto a su alcance territorial, los proyectos podrán ser nacionales, meso-regionales y regionales.

El objetivo general del Programa y de los Proyectos "TRANSFORMA" es contribuir en la mejora de la competitividad de las empresas de un sector y/o plataforma habilitante, en ámbitos donde existe alto potencial de generación de valor o crecimiento, a través de la resolución de brechas de competitividad y/o fallas de coordinación entre agentes públicos y/o privados, generando con ello un mejor entorno para el aumento de la productividad, la innovación y el emprendimiento.

Los últimos reportes del Panel Intergubernamental de Expertos de Cambio Climático (IPCC)¹ han alertado sobre una crisis climática global, instando a acelerar el cumplimiento de las metas del Acuerdo de París, dado el escaso tiempo requerido para alcanzarlas. En este contexto, en un escenario de carbono neutralidad al 2050, algunos reportes han estimado que el hidrógeno verde podría aportar entre un 6% (IEA, 2021) y un 10% (IRENA, 2022) al abatimiento del CO₂ considerando los nuevos requerimientos energéticos que esto implicaría. Específicamente, se ha

puesto de relieve el uso del hidrógeno verde como la mejor y/o la única alternativa para descarbonizar aquellas actividades productivas que no son factibles de electrificar y que son grandes emisoras de gases efecto invernadero (GEI). Dentro del marco de este estudio, se entenderá por hidrógeno verde aquel producido mediante electrólisis del agua utilizando 100% energía renovable. Se espera entonces un incremento de su demanda como vector energético e insumo industrial dada su capacidad de aportar a la descarbonización de la economía mundial. En particular, la energía eólica necesaria para la producción de hidrógeno verde ofrece una oportunidad de generación de energía limpia a gran escala, contribuyendo a la reducción de las emisiones de carbono y a una menor dependencia sobre fuentes energéticas contaminantes tradicionales. A modo de antecedente, de acuerdo con el Global Wind Report (2021), ya en el año 2020 había 743 GW de capacidad instalada para su generación a nivel global, contribuyendo a la reducción de más de 1.1 billones de toneladas de CO₂ anuales, cifra equivalente a las emisiones de carbono de Sud América. Por lo tanto, el desarrollo del Hidrógeno verde en base a energía eólica ha sido planteado como una alternativa atractiva para ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente en aquellos sectores que usan combustibles fósiles difíciles de abatir con energía eléctrica renovable.

En el caso de Chile, el país presenta una serie de condiciones para liderar esta industria a nivel global, dado su potencial de producción de hidrógeno verde basado en sus recursos solares y eólicos presentes en diversas zonas del país, entre otras ventajas comparativas. Dentro de estos últimos, destaca la región de Magallanes y la Antártica chilena.

No obstante, a pesar de los beneficios que conlleva esta nueva economía, aún quedan desafíos por abordar para su implementación sustentable en los territorios, siendo necesario identificar y cuantificar los impactos que el desarrollo de esta industria podría acarrear a nivel medio ambiental y social. Tal como ha sido planteado por la OECD (2021), este desafío sería especialmente sensible para aquellos países que cuentan con abundancia de recursos energéticos renovables claves para descarbonizar la economía global, como es el caso de Chile. Al respecto, la región de Magallanes y de la Antártica Chilena cuenta con un diagnóstico regional producto del levantamiento de la Hoja de Ruta para la Implementación de Hidrógeno Verde en la región llevado a cabo a fines de 2021 dentro del Programa de Corfo Transforma Regional Patagonia Austral, el cual identificó las brechas y las iniciativas necesarias para transformar a la región en un valle de hidrógeno verde con potencial para generar oferta y demanda interna, así como exportar el producto en un mediano-largo plazo. Específicamente, el eje estratégico sobre desarrollo social, económico y ambiental de la comunidad describió brechas a nivel de vinculación con comunidades y el entorno, así como de desarrollo territorial y económico. Dentro de las primeras, apareció la preocupación por el cuidado de la ruta de vuelo de algunas aves, el libre tránsito de animales terrestres silvestres, la afectación del ecosistema marino por potenciales derrames, ruido del tráfico de las embarcaciones, funcionamiento de las desalinizadoras y la protección de turberas y afluentes, siendo necesario entonces contar con

información científica y local sobre especies y sus entornos vulnerables a dichos impactos en todo su ciclo de vida como punto de partida para el diálogo y la definición de estándares y políticas públicas que apunten al desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde en la región. Se espera entonces que esta transición energética sea sostenible, garantizando que el desarrollo de esta industria no afecte las áreas protegidas, especies vulnerables, amenazadas, en categoría de conservación, o aquellos hábitats sensibles, sobre todo en una región caracterizada por su patrimonio cultural y natural.

1.2. Impacto de la generación de energía eólica

La generación de energía eólica puede impactar negativamente a la biodiversidad, principalmente, a las aves y murciélagos, así como a los ecosistemas donde estos habitan, lo que a su vez puede desencadenar conflictos ambientales o limitaciones al desarrollo de nuevos proyectos cuando esto no es abordado responsable, comprensiva y tempranamente (BID Invest & CFI 2019). Al respecto, la literatura ha descrito distintos tipos de impacto que puede generar un parque eólico sobre aves y murciélagos, especialmente aquellos que guardan relación con los problemas producidos por los aerogeneradores: colisión, desplazamientos, pérdida y efecto barrera (SAG 2015). Adicionalmente, estos impactos pueden cambiar significativamente en el caso de parques eólicos ubicados en, o cercanos a, áreas de concentración de aves o murciélagos, así como a rutas migratorias. Sumado a ello, se han descrito también impactos producto de la contaminación lumínica y acústica asociadas a este tipo de instalaciones (Petracci & Carrizo 2019).

En el caso de la región de Magallanes, si bien se ha alertado sobre los potenciales impactos que el desarrollo del hidrógeno verde podría acarrear sobre la biodiversidad que caracteriza a la zona (Norambuena et al. 2022), sobre todo en lo que respecta a la población de aves migratorias, no existe a la fecha información que describa y cuantifique dicha amenaza y a qué especies en particular podría afectar.

1.3. Aves y murciélagos en la región de Magallanes

La Región de Magallanes posee una diversidad de aves que alcanza las 242 especies, incluyendo aves residentes, migratorias e introducidas (eBird 2022). De éstas, al menos unas 60 especies son migratorias, las que, por las condiciones climáticas invernales de la Región, migran al norte en busca de alimentación y refugio. Además, la región se caracteriza por la presencia de aves con diversa clasificación de vulnerabilidad. A nivel nacional, 116 especies de aves han sido clasificadas en estado de conservación, dentro de las cuales 52 poseen distribución en Magallanes. Por otra parte, dentro de las especies con distribución restringida, algunas solo están presentes en la región, como es el caso del Canquén Colorado (*Chloephaga rubidiceps*), el cual cuenta con un Plan de Recuperación, Conservación y Gestión desde 2020. Situación similar evidencia el Chorlo de Magallanes (*Pluvianellus socialis*), el cual en Chile solo tiene presencia en la región

y ha sido consignado como especie en peligro. Otra especie también consignada en peligro corresponde al Playero ártico (*Calidris canutus*), el cual dentro de la región concentra casi el 50% de la población global de la subespecie *rufa*, siendo Bahía Lomas el sitio de mayor importancia en toda Sudamérica (Espoz et al. 2022). Otra especie que destaca es el Zarapito de pico recto (*Limosa haemastica*), la cual está en proceso de ser consignada como vulnerable, concentrándose también en dicha locación (MMA 2022, Espoz et al. 2022). Distintos estudios han ilustrado la importancia de los sitios de invernada en Chile para las aves migratorias neárticas, destacando la importancia de los hábitats intermareales (Lathrop et al. 2022) y los humedales (Figueroa et al. 2018).

Por otro lado, si bien se han realizado esfuerzos por sistematizar la información referente a las aves que nidifican en Chile, aún existen brechas sobre la distribución reproductiva y la historia natural de algunas de especies que habitan el país y la región, como es el caso del Yunco de Magallanes, del cual solo se conocen tres nidos registrados desde hace más de seis décadas. Tampoco se han detallado los cambios a los que se han visto expuestas las poblaciones de aves en el país durante el último siglo, existiendo vacíos de información frente a retrocesos importantes para algunas especies (Medrano et al. 2018). Además de las aves, en la región se registra la presencia de tres especies de murciélagos. Específicamente, el murciélago colorado del sur (*Lasiurus varius*), el murciélago orejudo menor (*Histiotus montanus*) y el murciélago oreja de ratón del sur (*Myotis chiloensis*). Si bien estas especies se encuentran categorizadas como de preocupación menor, todas ellas se caracterizan por sus dietas insectívoras y por estar catalogada -en el caso del murciélago oreja de ratón del sur- como una especie beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria en la Ley de Caza (CEQUA, 2020).

Al respecto, la evaluación de la magnitud del riesgo de un parque eólico previo a su construcción ha sido consignada como la estrategia más prometedora para identificar sitios donde el impacto de los aerogeneradores pueda ser minimizado (Roscioni et al. 2013). Por ello, la experiencia internacional ha destacado la importancia de desarrollar mapas de sensibilidad o áreas de alto valor para la conservación para la toma de decisiones en esta materia, siendo concebidos como herramientas que aportan información espacialmente explícita sobre dónde es probable que las especies amenazadas sean más o menos sensibles al desarrollo de ciertas actividades económicas, como es la generación de energías renovables necesarias para la producción de hidrógeno. En efecto, países como Irlanda, Italia, Estados Unidos, Bélgica, Israel, Holanda y Reino Unido, entre otros, han desarrollado mapas de sensibilidad para orientar la toma de decisiones respecto a los sitios que generen un menor impacto a la biodiversidad (Bright et al. 2009, Mc Guinness et al. 2015, Allinson, 2017, American Bird Conservancy, 2022, Allinson et al. 2020).

El presente informe da cuenta de las actividades realizadas durante la presente consultoría, para dar cumplimiento con la entrega de los Productos 1 a 5 de la licitación. De esta manera, se generó un primer mapa de sensibilidad, que corresponde a primera fase contemplada en la licitación. Este mapa evalúa los

antecedentes para un conjunto de especies de aves y murciélagos vulnerables, que podrían verse afectados por el desarrollo de la generación de energía eólica instalada para proveer plantas de producción de hidrógeno verde y sus derivados en la región de Magallanes. Este mapa considera también sus hábitats y ecosistemas asociados. El listado de productos 1 a 5 se detalla a continuación:

Listado de productos contemplados en las bases de la licitación y reportados en el presente Informe Final.

- **Producto 1.** Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes, priorizados según su categoría de conservación, su caracterización conductual, rutas de migración utilizada, áreas de reproducción, dormideros, entre otros.
- **Producto 2.** Tabla con fuentes de información de distribución de especies vulnerables, sus hábitats y ecosistemas, así como otros factores relevantes, señalando la calidad de la información (fuente, grado de representatividad, etc.) y la metodología usada para abordar las brechas detectadas.
- **Producto 3.** Descripción de los indicadores de riesgo considerados que den cuenta del sistema de evaluación de sensibilidad para cada especie.
- **Producto 4.** Mapa de sensibilidad versión digital que, de cuenta de las zonas con mayor o menor nivel de sensibilidad de cada especie seleccionada frente a la presencia de proyectos eólicos e infraestructura asociada, validado en un *focus group* de especialistas.
- **Producto 5.** Reporte con recomendaciones para la realización de mapas de sensibilidad y tecnologías de mitigación de impactos. Este toma la forma de un Manual metodológico para el desarrollo de mapas de sensibilidad

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Generar un mapa de sensibilidad sobre aves y murciélagos que en alguna etapa de su ciclo de vida puedan verse afectadas por la presencia de parques eólicos y su infraestructura asociada, con el fin de contar con información para el desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde en la Región de Magallanes.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar y caracterizar mediante diversas fuentes de información aquellas especies de aves y murciélagos que puedan verse impactadas por la presencia de proyectos de generación de energía eólica en la región.
- Definir un sistema de evaluación de sensibilidad y riesgo para cada especie incluida en el estudio que integre las variables analizadas en el contexto regional.
- Construir y disponibilizar una herramienta de visualización espacial (mapa de sensibilidad) que permita la identificación de zonas sensibles al emplazamiento de parques eólicos e infraestructura asociada para cada especie identificada incluida en el estudio con alcance regional.
- Describir la metodología, tecnologías y las fuentes de información utilizadas para el desarrollo del presente estudio, señalando sus falencias, potenciales mejoras y mecanismos para ser replicado en otras zonas del país.

3. ACTIVIDADES REPORTADAS EN EL PRESENTE INFORME

Conforme a la propuesta técnica, y lo estipulado en las bases, la presente propuesta considera las siguientes actividades, que corresponden a lo propuesto en el Manual de Mapas de sensibilidad de vida silvestre para energías renovables de la Unión Europea (Allinson et al. 2020):

1. Seleccionar las especies que pudiesen ser afectadas por la presencia de parques eólicos e infraestructura asociada, con enfoque en las especies que se encuentran en una categoría de conservación (e.g. peligro, vulnerable), y aquellas que son de interés científico internacional.
2. Elaborar una base de datos bibliográfica con fuentes de información de distribución relevantes para aquellas especies identificadas como vulnerables o de interés científico internacional, así como sobre sus hábitats y otros factores relevantes, particularmente los rasgos asociados al cálculo de sensibilidad.
3. Definir la sensibilidad y variación espacial mediante un sistema de puntajes para cada especie analizada.
4. Construir el mapa de sensibilidad.
5. Recomendar mejoras y tecnologías sugeridas para el desarrollo de mapas de sensibilidad y su actualización en etapas posteriores.

En las siguientes dos figuras se ilustran los diagramas metodológicos correspondientes al informe de avance (entregado el 2 de diciembre de 2022), y al presente Informe final (13 de febrero de 2023, conforme a la solicitud de prórroga otorgada).

Objetivo 1:

Identificar y caracterizar especies potencialmente impactadas por la presencia de proyectos de generación de energía eólica

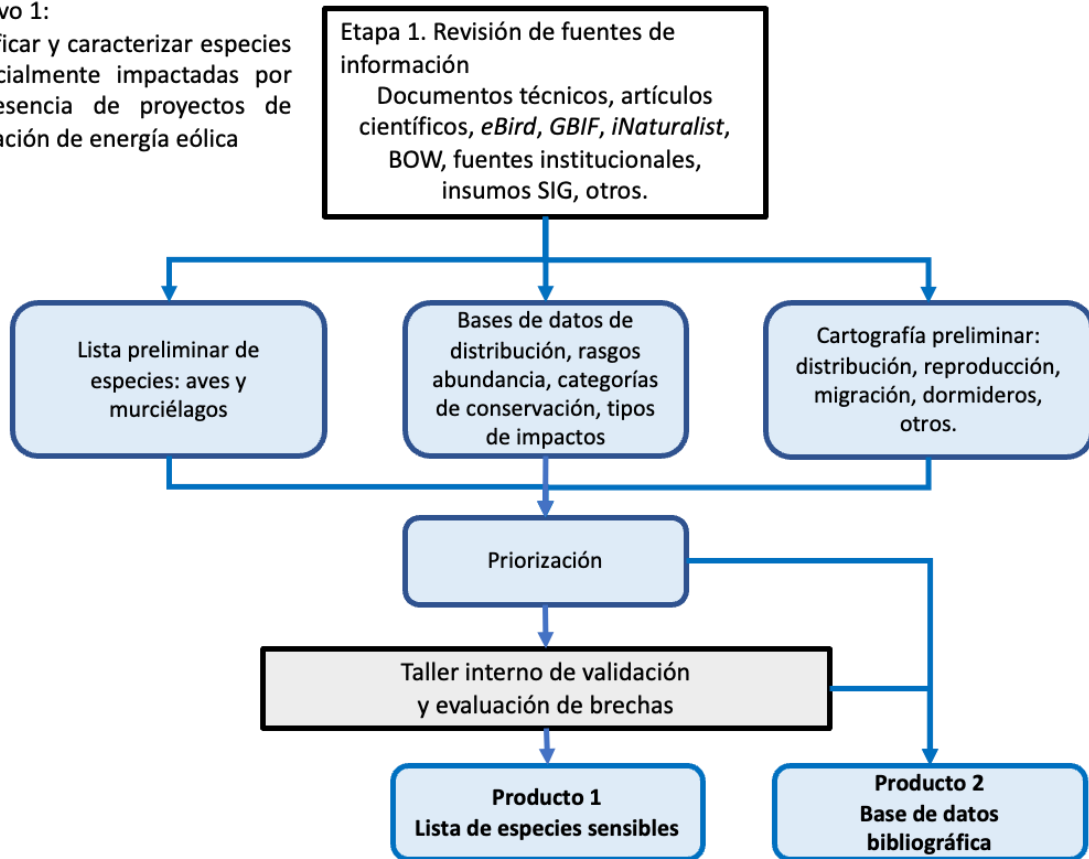


Figura 1. Diagrama metodológico del desarrollo del informe de avance. Se ilustran las etapas e hitos importantes mediante rectángulos blancos y grises respectivamente, mientras que las actividades y productos se ilustran con rectángulos redondeados.

Objetivo 2:

Definir un sistema de evaluación de sensibilidad y riesgo para cada especie incluida en el estudio que integre las variables analizadas en el contexto regional.

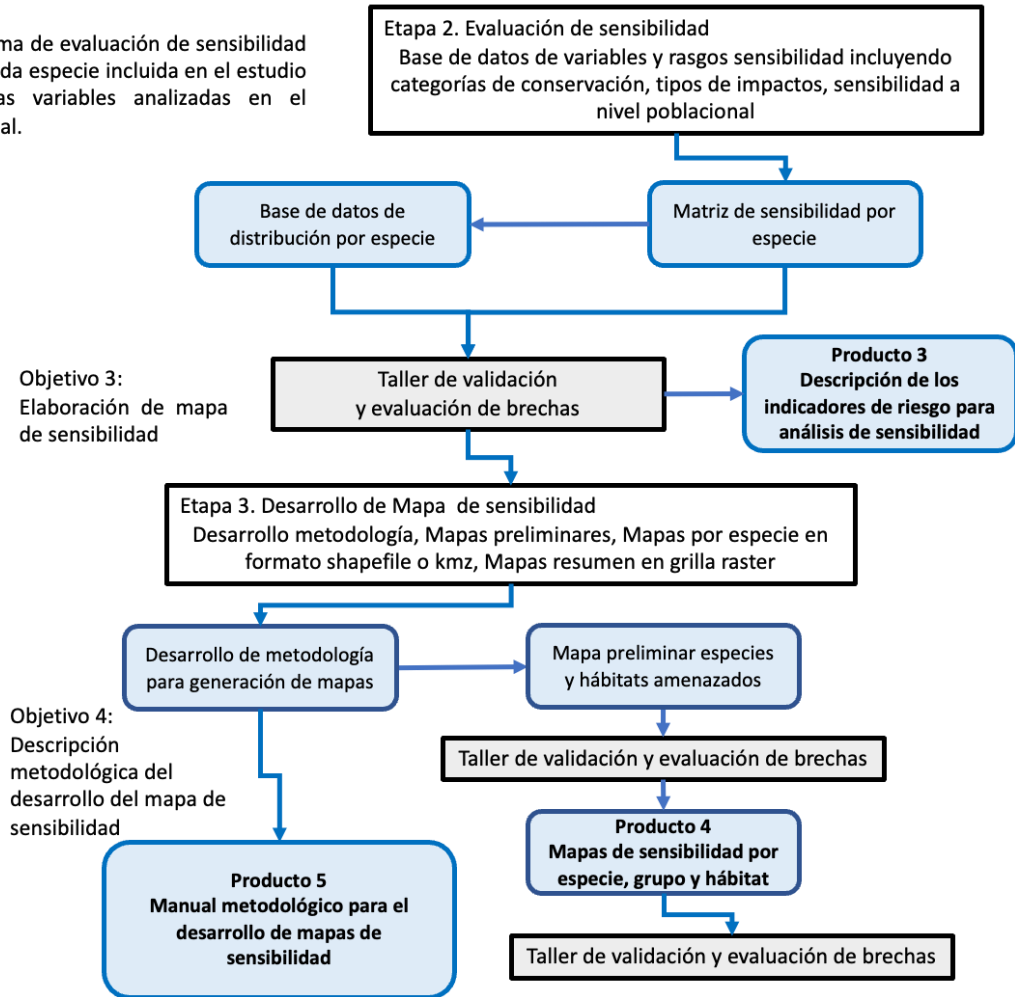


Figura 2. Diagrama metodológico del desarrollo del Pre Informe final. Se ilustran las etapas e hitos importantes mediante rectángulos blancos y grises respectivamente, mientras que las actividades y productos se ilustran con rectángulos redondeados.

A continuación, se detallan los procedimientos y procesos realizados para el desarrollo de las actividades contempladas en cada uno de los objetivos específicos de la presente consultoría.

4. METODOLOGÍAS

Métodos para el objetivo 1

4.1. Base de datos

Actividad 3.1.- Seleccionar las especies que pudiesen ser afectadas por la presencia de parques eólicos e infraestructura asociada con enfoque en las especies que se encuentran en una categoría de conservación (e.g. peligro, vulnerable), y aquellas que son de interés científico internacional.

Conforme a las bases, en esta actividad se elaboró un listado de especies de aves y murciélagos presentes en la región, indicando aquellas especies que presentan algún grado de amenaza o vulnerabilidad de acuerdo con la información disponible y los procesos de clasificación de especies. De igual manera, en este listado se consideraron las especies migratorias y amenazadas en otras regiones o países, así como aquellas especies que cuenten con un interés científico internacional. Para ello se realizó una revisión sistemática de la bibliografía y fuentes de información disponible, considerando no solo las referencias indicadas en las bases del llamado (CEQUA 2020, MMA 2021a, MMA 2021b), sino también la información de distribución disponible a partir de bases de datos de ocurrencia como *eBird*, *GBIF* e *iNaturalist*, generando una base de datos de ocurrencias geo-referenciadas. Adicionalmente a estas fuentes de información de distribución de ocurrencia de especies, se recopilaron y sistematizaron un conjunto de insumos cartográficos o de sistema de información geográfica, a fin de contar con coberturas que describan la variación topográfica, distribución de hábitats o ecosistemas, mapas de zonas o áreas protegidas, humedales, mapas de ubicación de Parques eólicos e infraestructura asociada como caminos y líneas de transmisión, designaciones de conservación y protección (i.e. Sitios Prioritarios, AICAs), así como las fuentes detalladas en el ítem 3.4 de las bases de la presente licitación. En particular, para identificar la distribución geográfica de los hábitats presentes se emplearon las coberturas generadas por Zhao et al. (2016) y Pekel et al. (2016). El primer trabajo entrega una cobertura de sistema de información geográfica (SIG) de tipos de cobertura del suelo. Esta entrega una descripción de los tipos de cobertura del suelo a una resolución de 30m de tamaño de pixel, dado que ha sido generada a partir del análisis de series de tiempo de la misión satelital Landsat 8. El segundo trabajo (Pekel et al. 2016) entrega una base de datos de variación en la cobertura de humedales y aguas continentales. La base de datos resultante de este trabajo cuenta con una actualización al año 2021 (<https://global-surface-water.appspot.com>), y permite contar con una descripción de la ubicación y

distribución temporal de las superficies de agua continentales (ríos, cuerpos de agua y humedales) a escala mundial durante las últimas 3,8 décadas, y proporciona estadísticas sobre su extensión y cambio. Esta base de datos también ha sido generada a partir del análisis de series de tiempo de las misiones satelitales Landsat, contando con una resolución de 30m.

A partir del listado preliminar de especies, se elaboró una base de datos de los rasgos y hábitats de las especies, utilizando la información disponible en la bibliografía y bases de datos existentes (Medrano et al. 2018, MMA 2021 a, b, CEQUA 2022), así como de la base de datos *Birds of the World* del Laboratorio de ornitología de Cornell (<https://birdsoftheworld.org>). Junto con ello, se realizó una búsqueda sistemática en motores de búsqueda (i.e., Google Scholar, Scopus, Web of Knowledge, entre otros), siguiendo los lineamientos establecidos en la literatura para la realización de revisiones bibliográficas sistemáticas (Pullin & Stewart 2006). Por último, se complementó esta información con documentos y fuentes institucionales y jurídicas del Ministerio del Medio Ambiente. En esta base de datos se consideraron aquellas especies que se reproducen y alimentan en las provincias indicadas durante todo el año, así como las especies voladoras y no voladoras, las de vuelo alto, y aquellas especies sociales que se reproducen o se posan juntos en áreas relativamente pequeñas, a veces en grandes cantidades (Bright et al. 2009, Mc Guinness et al. 2015, Paquet et al. 2022), las cuales forman ensambles de biodiversidad. Se consideraron los hábitos conductuales tanto diurnos como nocturnos. Se incluyeron los hábitats que son objeto de protección y aquellos que son utilizados en todas las fases del ciclo de vida (reproducción, migración, dormideros, etc.). Debido a que el concepto de hábitat es específico a una especie en particular, este fue analizado en función de cada especie sujeto de estudio (Morrison et al. 2006). Se incluyeron especies en diversas etapas de su desarrollo y aquellas que podrían verse impactadas por la presencia de parques eólicos e infraestructura asociada. Además de relevar los rasgos (i.e. características fenotípicas) y atributos (i.e. características de las especies que se relacionan con su desempeño en las comunidades) de las especies, entre los criterios de análisis se consideraron al menos los siguientes factores de riesgo frente al desarrollo de infraestructura de generación eólica i) colisión y/o electrocución, ii) pérdida y fragmentación de hábitat, iii) alteraciones en la conducta y patrones de uso del territorio (nidificación, dormideros, alimentación, etc.) y iv) efectos de barrera. Para ello, se recopiló la información disponible en libros de texto y referencias bibliográficas especializadas, conforme a lo mencionado anteriormente. En el caso que no se cuente con información para una especie dada, se imputaran dichos rasgos a partir de antecedentes disponibles para especies emparentadas o a partir de revisiones sistemáticas disponibles en la literatura (Thaxter et al. 2017).

Una vez elaborado el listado preliminar de especies, así como las bases de datos de distribución, rasgos, abundancia, categorías de conservación y tipos de impactos, se procedió a levantar una cartografía preliminar de estas especies. Todos estos insumos fueron analizados mediante un taller de validación (ver más adelante). A continuación, se describe brevemente el procesamiento de datos realizado para las principales geodatabases consultadas: Birds of the World (BOTW,

BirdLife International 2021) y Mammal range maps harmonised to the Mammal Diversity Database (MDD)

La base de datos de BOTW contiene más de 10.000 datos espaciales de distribución de especies cuyo uso está catalogado restrictivamente como no-comercial. Para acceder a ella se debe ingresar al portal BirdLife Data Zone¹ y completar un formulario solicitando su acceso.

La información de distribución de especies está almacenada en formato Geodatabase (GDB) que corresponde a un formato propio de ESRI, la cual puede ser leída directamente utilizando el software comercial ArcGIS, o los softwares gratuitos QGIS y R. Dicha información cuenta con el detalle de:

- Nombre científico
- Compilador(a)
- Año de la compilación
- Citación
- Fuente de Información
- Versión de la base de datos y
- Año de actualización, entre otros datos.

Adicionalmente, la GDB cuenta con una tabla auxiliar que contiene más información que enriquece los datos ya presenten en el formato vectorial, como la orden de las especies, la familia, el nombre común y su categoría de conservación según el libro rojo (para los análisis se consideraron las categorías de conservación actualizadas).

Geométricamente, las entidades vectoriales corresponden a un multi-polígono (*multipolygon*) lo que significa que un mismo polígono puede tener más de un atributo (lo que se ve reflejado en relaciones “uno es a varios”), o que existen superposiciones espaciales de polígonos en una misma área dentro de una misma cobertura (Figura 2). La revisión detallada de esta base de datos revela distintas brechas como errores topológicos y otros que se discuten en la sección de análisis de brechas (ver más adelante en Resultados, página 50 en adelante).

¹ <http://datazone.birdlife.org/species/requestdis>

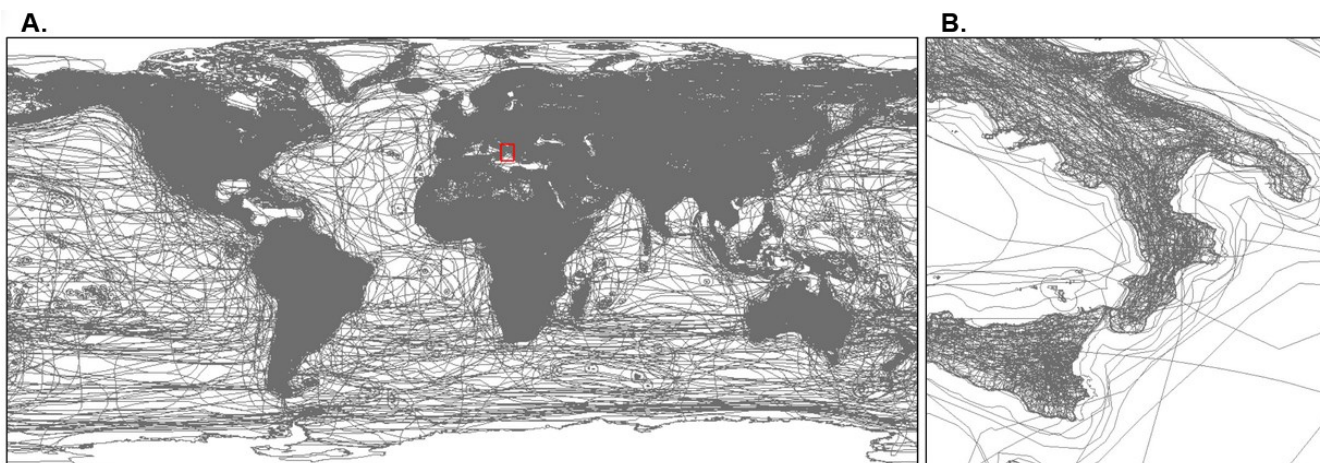


Figura 3. Visualización inicial de la GDB. En **A.** la distribución de todas las especies presentes en la base de datos y en **B.** un zoom al sur de Italia que refleja la densidad de polígonos superpuestos (multipolygon).

Por otra parte, el *Mammal Diversity Database* (MDD) corresponde a una extensa base de datos de espacialización y localización de mamíferos a escala global, que se accede a través del portal Map of Life (MOL, <https://mol.org>) estando disponible para su descarga gratuita para uso no personal y no comercial. Esta base de datos tiene como objetivo contribuir a la información integral de las Variables Esenciales para la Biodiversidad (EVB).

Para la descarga se debe ingresar a la web de MOL² y escoger la orden de las especies para la descarga. Esta fuente de información se encuentra en formato base de datos vectorial *Geopackage*, cuyos atributos incluyen:

- Nombre científico
- Orden
- Familia
- Autor(a)
- Año de la actualización
- Fuente de Información

Geométricamente, las entidades corresponden a multi-polígonos y no se logran apreciar errores topológicos en su cobertura (Figura 3).

² <https://mol.org/es/datasets/ec694c34-bddd-4111-ba99-926a5f7866e8>

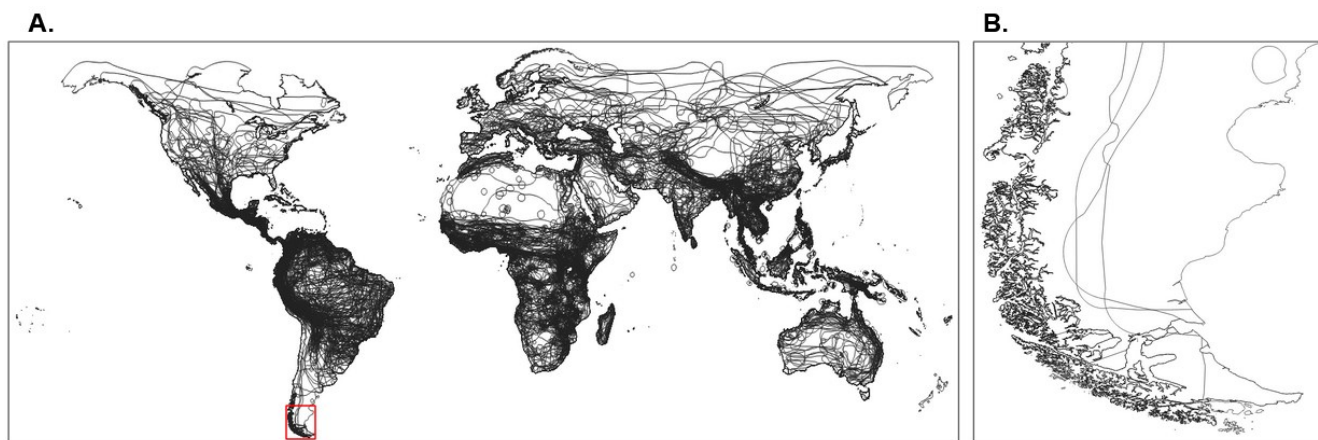


Figura 4. Visualización inicial del Geopackage de MMD. En **A.** la distribución de todas las especies del orden Chiroptera presentes en la base de datos y en **B.** un zoom al sur de Patagonia.

De las 4 especies de murciélagos descritas para la región, las 4 se encuentran presentes en la base de datos y todas descritas dentro de los límites de la región, incluyendo los 30 km de los límites regionales e internacionales.

4.2. Catálogo digital

Actividad 3.2.- Crear listado con fuentes de información de distribución de especies identificadas como vulnerables, sus hábitats y otros factores relevantes.

Como resultado del proceso de revisión bibliográfica sistemática llevado a cabo en la Actividad 3.1, se generó un catálogo digital de información bibliográfica con fuentes de información de distribución de especies vulnerables, sus hábitats y otros factores relevantes. Se sistematizó la totalidad de la información recopilada, incluyendo publicaciones científicas, tesis, manuales y libros de referencia (respetando restricciones de autoría y copyright). Cada referencia se analizó y sistematizó desglosando:

- Título
- Autor(es)
- Fecha de publicación
- Tipo de estudio (artículo Scielo, artículo ISI, libro o capítulo de libro, documento técnico, Tesis pre y postgrado)
- Tema
- Subtema
- Palabras claves (3)

En el caso de la información obtenida desde GBIF, se incorporó a la base de datos bibliográficos la cita oficial y DOI generado al descargar la información.

Este catálogo digital se entrega en formato Excel, y la base de literatura en archivos PDF. Se identifica qué fuentes de datos se pueden usar, así como su calidad,

analizando si será necesario complementar usando modelación basado en predictores de hábitat y de ecosistemas para estimar la distribución bajo un muestreo con representatividad local.

Se consignarán las deficiencias de la data incorporada o faltante en el estudio y la metodología utilizada para subsanar dichas brechas. Una vez que se haya definido la lista de especies y ecosistemas en riesgo, así como las fuentes de información, estos se deberán calificar en términos del nivel de sensibilidad.

4.3. Taller técnico interno de validación

El listado de especies presentes, más las fuentes de información, especies amenazadas, sus hábitats y otros factores relevantes como la distribución y abundancia poblacional (o la falta de datos sistemáticos sobre este último atributo), fueron revisados y validados en un taller técnico interno, en el que participaron el equipo núcleo del proyecto, más los consultores externos nacionales e internacionales. Esta actividad fue en formato telemático y tuvo una duración de 1 hora, con la siguiente agenda:

- Presentación de resultados de actividades realizadas
- Presentación de propuesta preliminar
- Discusión para recibir observaciones

La sesión fue grabada, y se elaboró una minuta con el resumen de los temas tratados en el Taller.

Métodos para el objetivo 2

4.4. Evaluación de sensibilidad

Para la evaluación de sensibilidad de las especies se aplicó la metodología descrita por McGuinness et al. (2015). Brevemente, esta metodología busca calcular para cada especie un puntaje de sensibilidad de las especies, o *species sensitivity score* (SSS). Para ello, la metodología considera las siguientes etapas:

1. Selección de especies.
2. Asignación de puntajes en las tres dimensiones a analizar. La metodología considera tres dimensiones : Puntaje de Conservación, Puntaje de vulnerabilidad de vuelo, y Puntaje de vulnerabilidad de hábitat.
3. Cálculo del puntaje de sensibilidad de las especies.

Selección de especies

Para ser consideradas, las especies deben contar con información referente a su estatus de conservación, el que debe ser relevante. En el caso de este estudio, se consideró la información contenida en las RCE de clasificación de especies del Ministerio de Medio Ambiente, además de la información disponible en la IUCN. Adicionalmente, las especies deben contar con información referente a los rasgos que se asocian con un riesgo de colisión con aerogeneradores e información referente a la preferencia de hábitat. Para el primer punto, se utilizó la información recabada en el marco del desarrollo del Objetivo 1, mientras que, en el caso del segundo punto, se revisaron las fichas de especie disponibles en *Birds of the World* y los insumos cartográficos revisados en el Informe de Avance.

Asignación de puntajes de conservación

Para asignar el puntaje de conservación a las especies, se utilizó la siguiente tabla:

PUNTUACIÓN	ESTADO DE CONSERVACIÓN	
	Estado.conservación	Proporción biog. Poblacional
4	CR	>50%
3	EN	26-50%
2	VU	11-25%
1	NT/DD	1-10%
0	LC	<1%
		reproductiva/invernal

Definición operacional de variables de conservación:

Estado de conservación: El estado de conservación se obtuvo del "Reglamento para Clasificar Especies según Estado de Conservación (RCE)" del Ministerio del Medio Ambiente. Se consideró la información disponible hasta el 18 proceso de clasificación. Para especies sin categoría en Chile, pero que poseen categoría de amenaza a nivel internacional en IUCN, se utilizó la categoría internacional. En esta tabla, la variable "Estado.conservacion" corresponde a las categorías de conservación definidas por la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN 2012, <https://www.iucnredlist.org/es>). Estas son: En peligro crítico (Critical Danger, CR), En peligro (Endangered, EN), Vulnerable (Vulnerable, V), Casi amenazada (Near Threatened, NT), Datos Deficientes (Data Deficient, DD) y Preocupación menor (Least Concern, LC). De acuerdo con lo presentado se asignan puntajes entre 0 y 4, dependiendo de la severidad de la evaluación del estado de conservación o de la proporción de la población que se encuentre en el área de estudio. Estas dos variables se evalúan en la escala cualitativa antes mencionada y se toma el valor máximo entre ambas variables. En el caso del Cóndor, *Vultur gryphus*, que está categorizado como Monumento Natural, si bien

tiene la categoría de conservación baja en Chile, se le otorga un valor 3 en Estado de Conservación en atención a su valor como especie monumento natural. Por otra parte, se sumaron los datos de la UICN para especies sin categoría en Chile (Pimpollo tobiano), y además se sumaron los datos del proceso 18 de clasificación de especies del Ministerio de Medio Ambiente (<https://clasificacionespecies.mma.gob.cl>), que está a la espera de aprobación por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, y que ya cuenta con categoría asignada (Zarapito pico recto).

Proporción biogeográfica de la población: La proporción de la población regional de una especie sustentada regularmente por Chile. Dependiendo de la especie y el subgrupo utilizado en este estudio, esto puede incluir poblaciones migratorias invernantes y/o reproductivas y/o en tránsito. Para esta métrica se usó como referencia la base de datos eBird que entrega los datos de abundancia relativa para Magallanes versus abundancia relativa en Chile. En el caso de otras especies, como el Canquén Colorado, el Playero Ártico o el Chorlo de Magallanes, se utilizó la información disponible a partir de los esfuerzos de investigación y conservación de estas especies.

De acuerdo con lo presentado se asignan puntajes entre 0 y 4, dependiendo de la severidad de la evaluación del estado de conservación o de la proporción de la población que se encuentre en el área de estudio. Estas dos variables se evalúan en la escala cualitativa antes mencionada y se toma el valor máximo entre ambas variables. En el caso del Cóndor, *Vultur gryphus*, que está categorizado como Monumento Natural, si bien tiene la categoría de conservación baja en Chile, se le otorga un valor 3 en Estado de Conservación en atención a su valor como especie monumento natural. Por otra parte, se sumaron los datos de la IUCN para especies sin categoría en Chile (Pimpollo tobiano), y además se sumaron los datos del décimo octavo proceso de clasificación de especies del Ministerio de Medio Ambiente de Chile, conforme al Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE), proceso normado por el artículo 37 de la Ley N° 20.417 (RCE N°18). Este proceso, que a la fecha de la elaboración de este informe se encontraba a la espera de aprobación por el Consejo de Ministros, y que ya cuenta con categoría asignada para el Zarapito pico recto. Para estimar la proporción de la población presente en la Región de Magallanes, se utilizó la información disponible en *eBird*, donde para algunas especies se cuenta con la estimación de abundancia relativa por zona geográfica. Así, se contrastó la abundancia relativa descrita para Magallanes con la abundancia relativa descrita para Chile. En el caso de otras especies, como el Canquén Colorado, el Playero Ártico o el Chorlo de Magallanes, se utilizó la información disponible a partir de los esfuerzos de investigación y conservación de estas especies.

Asignación de puntajes de vulnerabilidad en el vuelo

Para asignar el puntaje de vulnerabilidad en el vuelo a las especies, se utilizó la siguiente tabla:

PUNTUACIÓN	VULNERABILIDAD DEL VUELO							
	Tasa anual sobrevivencia	Maniobrabilidad de vuelo	Planeo	Alimentación aérea	Rango movimiento	Vuelo en bandada	Vuelo nocturno	Despliegue aéreo
4	>0.85-1.00	Muy bajo	Siempre		Muy amplio		Nocturno	
3	>0.70-0.85	Bajo	Usualmente	Alta	Viajero diario largo			
2	>0.60-0.70	Medio	Regularmente		Amplio	Siempre	Crepuscular	Frecuente
1	>0.50-0.60	Alto	Ocasionalmente	Parcial	Movimientos locales	Ocasionalmente		Ocasional
0		Muy alto	Nunca	Nunca	Sedentario	Nunca	Diurno	Nunca
			Vuelo altura de turbina		Foco en migración	Foco en migración		

Definición operacional de variables de vulnerabilidad en el vuelo:

Tasa de sobrevivencia anual: La proporción de la población adulta de una especie, expresada como porcentaje o proporción de la población adulta total, que sobrevive de un año al siguiente. En muchas especies, especialmente aquellas que tienen una vida más larga, esta métrica es un buen indicador de los cambios en la tasa de crecimiento de la población. Se cree que una tasa de supervivencia anual más alta expone a los mismos individuos a varios años de conflicto potencial en un sitio en particular, lo que aumenta la probabilidad de impactos en la población. Dado que no hay disponibilidad de la tasa de sobrevivencia anual para cada especie objetivo, obtuvimos un valor referencial para cada grupo taxonómico a partir de la información disponible en la literatura³. Por lo tanto, para cada orden se utilizó el mismo valor de referencia. Por ejemplo, para aquellas especies de rapaces diurnos. (Orden Accipitriformes) con que no se contó con información se utilizó el mismo valor medio descrito en la literatura. Esto permite contar con una estimación que resume el éxito de las especies de cada orden frente a una diversidad de condiciones ambientales. Esta primera aproximación permite contar con estimaciones iniciales basadas en una revisión global. El estudio citado analizo 949 estimaciones de sobrevivencia de 204 estudios, encontrando que, la sobrevivencia observada no se explica por factores extrínsecos relacionados con el clima, sino que más bien responden al gradiente latitudinal en el hemisferio norte, pero no en el hemisferio sur (Scholer et al. 2020). Ello indica que la variación en sobrevivencia está fuertemente mediada por rasgos como el tamaño corporal el tamaño de nidada. Dado que estos rasgos tienden a ser conservados al nivel de orden, la aproximación utilizada es conservadora y permite describir el valor esperado en condiciones adecuadas u optimas.

Maniobrabilidad de vuelo: La velocidad y la capacidad de un ave individual para cambiar de dirección y velocidad durante el vuelo. Este factor es esencial para predecir la capacidad de una especie para evitar obstáculos en vuelo con una mayor maniobrabilidad que resulta en un menor potencial de colisión.

Planeo (vuelo): Para esta variable se consideró el vuelo a la altura de las turbinas eólicas. El comportamiento de vuelo de algunas especies de aves que utiliza corrientes ascendentes de aire (generalmente en corrientes ascendentes de aire

³ Scholer, M.N., Strimas-Mackey, M. and Jankowski, J.E., 2020. A meta-analysis of global avian survival across species and latitude. Ecology Letters, 23(10), pp.1537-1549.

más cálido) para reducir el gasto de energía en vuelo. Las características geográficas que causan este afloramiento, como las regiones costeras o montañosas, a menudo se utilizan como sitios de energía eólica. El uso dual de estas regiones por las aves voladoras y las instalaciones de energía eólica presenta un conflicto. Es probable que la tendencia de una especie a adoptar este comportamiento aumente su riesgo de colisión con la infraestructura de energía eólica.

Alimentación aérea: Varias especies de aves que se encuentran mientras están en el aire se alimentan en vuelo de aves más pequeñas, pequeños mamíferos, anfibios o insectos. Este comportamiento, que hace que el ave muestre movimientos aéreos complejos de alta velocidad, que pueden estar dentro del área de barrido de las turbinas eólicas, puede exponer al individuo a un mayor riesgo de colisión. Por el contrario, la atención centrada en las presas que habitan en el suelo puede reducir aún más la conciencia de la infraestructura de energía eólica. Muchas turbinas eólicas están ubicadas en lugares abiertos y libres de turbulencias que normalmente se utilizan como terrenos de caza aéreos.

Vuelo en bandada: La tendencia de grupos de aves de la misma especie a moverse como colectivo de un lugar a otro. Viajar en agregaciones más grandes aumenta el potencial de colisión con la infraestructura de energía eólica al reducir la capacidad de un ave individual para evitar obstáculos, principalmente si se enfoca en los individuos vecinos en la bandada para navegar. Como este factor depende en gran medida de la altitud a la que se congrega una especie en particular, se le ha restado peso en la puntuación de sensibilidad. Para esta variable se considera la puntuación con foco en la migración de cada especie, dado que es en ese momento en donde existe un mayor riesgo de colisión con aerogeneradores.

Actividad nocturna: el movimiento durante las horas de oscuridad aumenta las posibilidades de colisión con la infraestructura de energía eólica debido a la reducción de la visibilidad. Esta escala va desde aves enteramente nocturnas (como los búhos), pasando por aquellas especies que utilizan principalmente las horas del amanecer o del anochecer (crepuscular), hasta aves completamente diurnas, activas exclusivamente durante el día.

Despliegue aéreo: muchas aves utilizan el vuelo complejo como medio de cortejo, defensa territorial o sociabilidad. Al aumentar el tiempo que se pasa en el aire y reducir la conciencia de los obstáculos, se cree que un mayor despliegue aéreo da como resultado un mayor riesgo de colisión con la infraestructura de energía eólica. Sin embargo, dado que es probable que estos comportamientos sean de naturaleza estacional o que solo se realicen en determinadas épocas del año, se ha reducido la puntuación máxima posible para este factor.

Rango de movimiento: Corresponde a la tendencia diaria de una especie a moverse de un lugar a otro dentro de su área de distribución o territorio. Este movimiento puede ser impulsado por necesidades de forrajeo, reproducción o defensa territorial. Las especies de movimientos más amplios estarían más expuestas a posibles colisiones debido a una actividad aérea tan elevada. Se utilizó la información disponible de tamaño corporal, y los datos disponibles en literatura

para estimar el ámbito de hogar de cada especie. Esto permitió cuantificar si las especies de aves y murciélagos estudiados se caracterizan por movimientos amplios, locales o sedentarios, a la escala de la conducta de alimentación y desplazamiento local. En el caso que la especie fuese migratoria, se entregó un puntaje de 4. solo para esta variable.^{4,5,6,7,8,9,10,11,12,13}. En el caso del rango de movimiento, si bien esta variable considera un foco en migración, se utilizó la información disponible de tamaño corporal, y los datos disponibles en literatura para estimar el ámbito de hogar de cada especie (Schoener 1968; Long 1983; Piersma et al. 1993; Bellis et al. 2004; Van Gils et al. 2005; Leyrer et al. 2006; Lambertucci et al. 2014; Tamburello et al. 2015 Carboneras & Kirwan 2020; Ossa et al. 2020). Esto permitió cuantificar si las especies de aves y murciélagos estudiados se caracterizan por movimientos amplios, locales o sedentarios, a la escala de la conducta de alimentación y desplazamiento local. En el caso que la especie fuese migratoria, se entregó un puntaje de 4.

⁴ Schoener, T. W. 1968. Sizes of feeding territories among birds. *Ecology* 49:123-141.

⁵ Long, p. d. (1983). the behavioral ecology of the crested tinamou (*Eudromia elegans*). The Pennsylvania State University.

⁶ Piersma, T., Hoekstra, R., Dekinga, A., Koolhaas, A., Wolf, P., Battley, P. and Wiersma, P., 1993. Scale and intensity of intertidal habitat use by knots *Calidris canutus* in the western Wadden Sea in relation to food, friends and foes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31(4), pp.331-357

⁷ Bellis, L. M., Martella, M. B., Navarro, J. L., & Vignolo, P. E. (2004). Home range of greater and lesser rhea in Argentina: relevance to conservation. *Biodiversity & Conservation*, 13(14), 2589-2598.

⁸ Van Gils, J.A., Dekinga, A., Spaans, B., Vahl, W.K. and Piersma, T., 2005. Digestive bottleneck affects foraging decisions in red knots *Calidris canutus*. II. Patch choice and length of working day. *Journal of Animal Ecology*, 74(1), pp.120-130.

⁹ Leyrer, J., Spaans, B., Camara, M. and Piersma, T., 2006. Small home ranges and high site fidelity in red knots (*Calidris c. canutus*) wintering on the Banc d'Arguin, Mauritania. *Journal of Ornithology*, 147(2), pp.376-384.

¹⁰ Lambertucci, S.A., Alarcón, P.A., Hiraldo, F., Sanchez-Zapata, J.A., Blanco, G. and Donazar, J.A., 2014. Apex scavenger movements call for transboundary conservation policies. *Biological Conservation*, 170, pp.145-150.

¹¹ Tamburello, N., Côté, I. M., & Dulvy, N. K. (2015). Energy and the scaling of animal space use. *The American Naturalist*, 186(2), 196-211.

¹² Carboneras, C. and G. M. Kirwan (2020). Ruddy-headed Goose (*Chloephaga rubidiceps*), version 1.0. In *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, and E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.ruhgoo1.01>.

¹³ Ossa, G., Lilley, T.M., Waag, A.G., Meierhofer, M.B. and Johnson, J.S., 2020. Roosting ecology of the southernmost bats, *Myotis chiloensis* and *Histiotus magellanicus*, in southern Tierra del Fuego, Chile. *Austral Ecology*, 45(8), pp.1169-1178.

Asignación de puntajes de vulnerabilidad de hábitat

Para asignar el puntaje de vulnerabilidad de hábitat a las especies, se utilizó la siguiente tabla:

PUNTUACIÓN	VULNERABILIDAD DEL HÁBITAT				
	Fidelidad reproductiva	Rango	Sensibilidad al desplazamiento	Preferencia hábitat	Disponibilidad hábitat preferencial
4	Alta	Muy limitado	Alto	Abierto	Bajo
3		Limitado			
2	Media	Local	Medio	Semi-abierto	Medio
1		Amplio			
0	Baja	Muy amplio	Bajo	Cerrado	Alto

Como se indicó anteriormente, la información para esta dimensión se obtuvo de referencias como Birds of The World, además de consulta a expertos, ratificando la validez de las puntuaciones otorgadas mediante la validación en un taller de expertos.

Definición operacional de variables de vulnerabilidad de hábitat:

Fidelidad reproductiva (sitio): la propensión de una especie a usar solo un sitio en particular. Aquellas especies con un alto nivel de fidelidad al sitio (por ejemplo, aquellas especies que regresan a un área específica cada año) no se moverán fácilmente de un lugar cuando sean perturbadas. Por lo tanto, se espera un efecto más negativo en aquellas especies con alta fidelidad al sitio como consecuencia de cualquier cambio o pérdida de hábitat.

Rango en Chile: La extensión geográfica de la distribución de una especie dentro de Chile. Una población de una especie que ocupa un área más amplia tiene menos probabilidades de verse amenazada y, por lo tanto, es menos sensible a los impactos impuestos por el desarrollo de la infraestructura de energía eólica. Las especies con un rango muy limitado en Chile recibieron la calificación más alta en esta categoría de puntuación.

Sensibilidad al desplazamiento: La perturbación humana se considera ampliamente como un problema de conservación grave, especialmente para las especies de interés para la conservación. Se ha sugerido que el desplazamiento por perturbaciones afecta más a las aves que las colisiones. Muchas especies sensibles a las perturbaciones abandonarán el área para buscar otros lugares adecuados.

Preferencia de hábitat: Los desarrollos de energía eólica generalmente se ubican en áreas libres de obstáculos que pueden crear turbulencias para las turbinas eólicas o reducir la velocidad general del aire. Este factor se incluyó para asignar una mayor sensibilidad a aquellas especies de aves que frecuentan estas áreas abiertas, como las tierras altas. Es probable que la influencia de los desarrollos de la energía eólica en las especies de aves de los bosques sea mínima, suponiendo

que las regiones boscosas permanezcan intactas.

Disponibilidad de hábitat preferencial: una medida de la cantidad de hábitat que posee requisitos ecológicos adecuados (alimento, refugio, reproducción) para sustentar una especie dentro de una región definida. Teóricamente, una mayor disponibilidad de hábitat preferido dentro del rango de una especie permite que esta área albergue más individuos de la especie. Por lo tanto, una mayor disponibilidad de hábitat para un ave o murciélago en particular reduciría su posible sensibilidad a la eliminación del hábitat, lo que podría derivarse de los desarrollos de energía eólica.

Cálculo de puntaje de sensibilidad de las especies

La metodología propuesta por McGuinness et al. (2015) resume la información en todas las variables descritas anteriormente en un puntaje de sensibilidad de las especies. La sensibilidad de las especies frente al desarrollo de proyectos de energía eólica se midió mediante un índice numérico que resume la información de las tres dimensiones descritas anteriormente en un puntaje de sensibilidad de especies (en inglés *species sensitivity score*, que se denota por la sigla SSS). El índice SSS se define como:

$$SSS = CS \times [\overline{FVS} + \overline{HVS}]$$

Ecuación 1: Ecuación para calcular el puntaje de sensibilidad de las especies, o *species sensitivity score* (SSS), conforme a lo descrito por McGuinness et al. (2015).

Es decir, SSS equivale al producto del puntaje máximo del estado de conservación (Conservation Score, CS) por la suma de los puntajes promedio de vulnerabilidad de vuelo (Flight Vulnerability Score, FVS) y vulnerabilidad del hábitat (Habitat Vulnerability Score, HVS). El índice SSS puede tomar valores continuos en el rango [0, 328], abarcando desde 0, para especies sin ninguna vulnerabilidad o bien sin ninguna amenaza o estado de conservación relevante, hasta un valor de 328, que es el valor que se obtiene cuando todas las variables en las distintas dimensiones toman su valor máximo posible. Estas propiedades son relevantes al momento de traspasar esta información al ámbito geográfico, por lo que se retomará este punto en la sección correspondiente a la metodología de elaboración del mapa de sensibilidad. La validación de los distintos productos e insumos intermedios, es decir, el listado de especies presentes, los puntajes para las variables y el cálculo de puntaje de sensibilidad fueron revisados y validados en un taller técnico interno, en el que participaron el equipo núcleo del proyecto, más los consultores externos nacionales e internacionales.

4.5. Taller técnico interno de validación

El listado de especies presentes, los puntajes para las variables y el cálculo de puntaje de sensibilidad, fueron revisados y validados en un taller técnico interno, en

el que participaron el equipo núcleo del proyecto, más los consultores externos nacionales e internacionales. Esta actividad fue en formato telemático y tuvo una duración de 1 hora, con la siguiente agenda:

- Presentación de resultados de actividades realizadas
- Presentación de propuesta preliminar
- Discusión y retroalimentación

La sesión fue grabada, y se elaboró una minuta con el resumen de los temas tratados en el taller, que permitió validar los puntajes asignados, y realizar las adecuaciones pertinentes. La tabla de puntajes de sensibilidad corregida fue enviada nuevamente por correo electrónico a todos los asistentes del taller, a fin de recoger cualquier observación o comentario adicional. Una vez validada, la tabla definitiva con puntajes de sensibilidad fue utilizada como insumo para las siguientes actividades de elaboración de mapas de sensibilidad.

Métodos para el objetivo 3

4.6. Desarrollo de Mapa de Sensibilidad

Estrategia metodológica

El desarrollo del Mapa de Sensibilidad contempló tres etapas. La primera corresponde a la descripción de la distribución espacial de las especies seleccionadas en el Objetivo 1, y analizadas en el proceso de valoración de sensibilidad. La segunda corresponde a la integración de la distribución espacial con los puntajes de sensibilidad para cada especie. Por último, la tercera etapa contempla la agregación de la información espacial de sensibilidad a nivel global y de grupos taxonómicos y funcionales. El flujo de trabajo para generar los mapas de sensibilidad se ilustra en la siguiente Figura (Fig. 5):

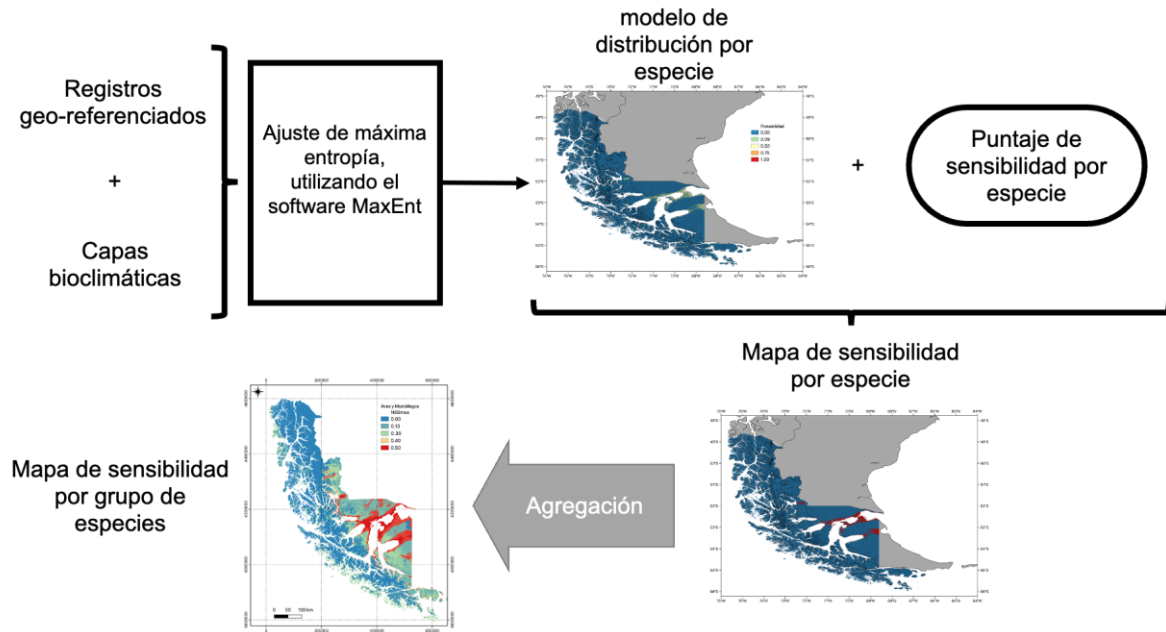


Figura 5. Diagrama metodológico que ilustra el flujo de trabajo para el desarrollo del mapa de sensibilidad.

Dado el conjunto de especies seleccionados, se definieron los siguientes niveles de agregación:

- i) Global, que corresponde a la totalidad de especies de aves y murciélagos.
- ii) De Clase, que corresponde a la agregación de especies de la Clase Aves y la Clase Chiroptera.
- iii) De Órdenes, que corresponde a la agregación al nivel de los órdenes presentes en el conjunto de especies seleccionados. Cabe destacar que este nivel es un proxy grueso de la agregación a nivel funcional, pues permite distinguir grandes grupos de rasgos y estrategias de vida: Aves rapaces, Aves rapaces nocturnas, Aves cantoras, Aves playeras, Garzas, Gansos y Patos, Murciélagos, etc.

Estimación de la distribución espacial

Para describir la distribución espacial, se analizó la información de sistemas de información geográfica disponible y los insumos recopilados en el marco del Objetivo 1. Dada la presencia de autocorrelación en los registros de presencia disponibles, y la heterogeneidad en la cantidad de datos entre especies, se optó por describir la distribución espacial de las especies mediante el ajuste de modelos de distribución de especies (SDM por sus siglas en inglés). Para ello, se utilizó una aproximación de ajuste de máxima entropía, utilizando el software MaxEnt versión 3.3.3 (Phillips et al., 2004, 2006; Phillips y Dudík, 2008). MaxEnt utiliza información

sobre ocurrencias o presencias espaciales y capas o características SIG para estimar la función de probabilidad de presencia en toda el área de estudio (Phillips et al., 2004, 2006; Phillips y Dudík, 2008; Elith et al., 2011). Distintos estudios han demostrado que MaxEnt presenta un mejor desempeño en relación con otros métodos desarrollados para analizar conjuntos de datos de presencias (por ejemplo, Elith et al., 2006; Ortega-Huerta y Peterson, 2008). Este mejor desempeño ha sido validado incluso en situaciones donde el tamaño de la muestra es pequeño ($n < 25$) (Pearson et al., 2007; Papes y Gaubert, 2007; Wisz et al., 2008). Desde el punto de vista estadístico, se ha demostrado que el modelo de máxima entropía resultante es equivalente a maximizar la función de verosimilitud de un proceso puntual de Poisson espacial no homogéneo (Aarts et al., 2012; Fithian y Hastie, 2013; Renner y Warton, 2013), y como resultado, su producción puede interpretarse como una estimación de densidad relativa a través de todo el espacio geográfico modelado (Aarts et al., 2012; Renner y Warton, 2013). Para la búsqueda de presencias se consideraron las 53 especies de aves y 4 especies de murciélagos que se detallan en las Tablas 1 y 2.

Base de datos de presencias georreferenciadas

Para ajustar los SDM usando MaxEnt se generó una base de datos de presencias para cada especie, realizando una búsqueda de registros de ocurrencia actualizados al mes de enero de 2023. Esta búsqueda se realizó en el *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), considerando las 53 especies de aves y 4 especies de murciélagos. Para las aves se seleccionaron observaciones de presencias georreferenciadas disponibles en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, así como en las provincias Argentinas de Santa Cruz y Tierra del Fuego. Adicionalmente, se realizó una búsqueda en eBird, seleccionando las presencias disponibles para las 53 especies de aves en las regiones y provincias mencionadas. A su vez para las especies de murciélagos se identificaron y descargaron en GBIF las observaciones de presencias georreferenciadas disponibles en las Regiones de Los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, así como en las provincias de Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego de Argentina (la Figura 19 ilustra el alcance geográfico de estas regiones y provincias). Adicionalmente, se incorporaron los registros de presencias documentados de murciélagos, conforme a lo reportado por el Instituto de Salud Pública (ISP) para la región de Magallanes, así como registros de literatura (Altamirano et al. 2017, Barquez et al. 2013, Diaz et al. 2017, Giménez et al. 2012, Ossa 2016, Ossa et al. 2010, 2020, Rodríguez-San Pedro et al. 2015). Esta estrategia de búsqueda de datos permitió contar con la mayor cantidad de información posible para las subregiones biogeográficas subantártica y patagónica sensu Romano (2017), para así poder entrenar los modelos más robustos posibles teniendo en cuenta las características ambientales de estas regiones biogeográficas. Una vez descargados, los datos fueron revisados, eliminando presencias duplicadas y errores de georreferenciación.

Base de datos de predictores ambientales

Tras hacer el análisis de los insumos espaciales disponibles conforme a las actividades realizadas en el desarrollo del Objetivo 1, se seleccionó como conjunto de capas predictoras la base de datos Worldclim v. 2.0 (Fick & Hijmans 2017), así como la capa de elevación (DEM) disponible en HydroSHEDs v1 (Lehner et al. 2008). Se descartó la opción de utilizar insumos de imágenes satelitales, como los desarrollados en el marco del plan RECOGE para el Canquén Colorado, *Chloephaga rubidiceps*, dado que estos insumos solo abarcan la Región de Magallanes. El acotar la zona de modelamiento a esta región resulta en una disminución del número de especies que cuentan con suficiente información para ajustar modelos de distribución de especies. Las capas predictoras se descargaron para el continente Sudamericano, acotándolas posteriormente a las zonas de estudio indicadas anteriormente para las dos clases estudiadas (Aves y Mammalia). Para ello se utilizó la resolución espacial de 1 km. La siguiente figura muestra un esquema que detalla el código original para las variables predictoras y su descripción.

Variables predictoras
Worldclim v 2.0
DEM HydroSHED v 1.0

BIO1 = Temperatura media anual
BIO2 = Rango diurno medio (Media de la temperatura mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))
BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (×100)
BIO4 = Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar ×100)
BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío
BIO7 = Rango de temperatura anual (BIO5-BIO6)
BIO8 = Temperatura media del cuarto más húmedo
BIO9 = Temperatura media del trimestre más seco
BIO10 = Temperatura media del cuarto más cálido
BIO11 = Temperatura media del cuarto más frío
BIO12 = Precipitación anual
BIO13 = Precipitación del mes más lluvioso
BIO14 = Precipitación del mes más seco
BIO15 = Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO16 = Precipitación del cuarto más húmedo
BIO17 = Precipitación del trimestre más seco
BIO18 = Precipitación del cuarto más cálido
BIO19 = Precipitación del cuarto más frío
DEM = Modelo digital de elevación

Figura 6. Esquema descriptivo de la base de datos de descriptores climáticos utilizados para el ajuste de modelos de distribución de especies

Dado el gran número de predictores disponible, se realizó un proceso de selección de variables a incorporar en los modelos. Para ello, se evaluaron modelos basados en dos conjuntos de datos: el primero usando todos los 20 predictores y otro usando las 4 variables descritas en el modelo de distribución de *Chloephaga rubidiceps* generado por el plan RECOGE correspondiente (MMA 2023). Adicionalmente, para ambos conjuntos de datos se identificaron aquellos predictores que presentaron colinealidad, de acuerdo con el valor del factor de inflación de varianza observado para el conjunto de datos de entorno. El factor de inflación de varianza (VIF) es una medida del grado de multicolinealidad en un análisis de regresión múltiple. La multicolinealidad ocurre cuando los predictores en un modelo de regresión están altamente correlacionados entre sí, lo que hace que la varianza de los coeficientes de regresión estimados se infle o sobreestime (Belsley et al. 1980, Hair et al. 2010). El valor de VIF cuantifica el grado de multicolinealidad midiendo el aumento de la varianza de un coeficiente de regresión debido a la presencia de otros predictores en el modelo. Un valor de VIF de 1 indica que no hay multicolinealidad, mientras que una puntuación mayor que 1 indica que la varianza del coeficiente estimado está siendo inflada por la presencia de predictores correlacionados en el modelo. La fórmula para calcular el VIF para un predictor es: $VIF = 1 / (1 - R^2)$, donde R^2 es el coeficiente de determinación para una regresión del predictor en todos los demás predictores del modelo (Hair et al. 2010). Dado que un VIF de 10 o más se toma comúnmente como una indicación de multicolinealidad severa, se seleccionaron solo aquellas variables cuyos VIF fuesen menores a 10. De esta manera, se evaluaron 4 modelos MaxEnt para cada especie:

- Full: Todas las 20 variables predictoras (Bio1 al Bio 19 y DEM)
- VIF_{Full} : Subconjunto seleccionado en base al VIF (Bio7, Bio11, Bio13, Bio14, Bio16, Bio18, Bio19 y DEM)
- MMA: Variables Worldclim consideradas en el Modelo elaborado para *Chloephaga rubidiceps* en el marco del Plan Recoge (Bio1, Bio2, Bio9, DEM)
- VIF_{MMA} : Subconjunto seleccionado en base al VIF (Bio1, Bio2, DEM)

Ajuste de modelos de distribución de especies

Tal como se indicó anteriormente, se utilizó el software MaxEnt (Phillips et al. 2004, 2006, 2017) para obtener modelos de distribución de las 57 especies estudiadas y proyectar su distribución geográfica a la Región de Magallanes. Para las Aves, se ajustaron los modelos usando 5 validaciones cruzadas, mientras que para Murciélagos se utilizaron 3 validaciones cruzadas. El uso de validaciones cruzadas divide el set de datos en k subconjuntos de validación, empleando cada uno de ellos como conjunto de validación para un modelo calibrado con todos los datos de los subconjuntos restantes. Este procedimiento permite que cada punto de datos de ocurrencia se use como parte de los conjuntos de datos de entrenamiento y evaluación, entregando mejores ajustes al intentar describir la relación entre la presencia de especies y los valores de las variables ambientales (Phillips et al., 2004, 2006; Phillips & Dudík, 2008; Elith y otros, 2006; Elith et al., 2011). Para medir qué tan bien cada modelo ajustado discrimina las presencias con mayor precisión que una predicción aleatoria, utilizamos la estadística del área bajo la curva (AUC)

para la característica operativa del receptor (ROC) (Phillips, Anderson & Schapire, 2006). Esta toma valores entre 0 y 1, donde un valor de 0.5 corresponde a un modelo que no difiere de una clasificación al azar. A su vez, valores de 0.7-0.8 se consideran buenos, valores de 0.8-0.9 muy buenos y valores mayores a 0.9 son modelos excelentes (Mandrekar 2010). Posteriormente, se proyectaron los modelos ajustados a la Región de Magallanes mediante la librería *rmaxent* (Baumgartner & Wilson 2020). Esta es una capa raster que entrega los valores de probabilidad de observar una especie dada en el área geográfica estudiada. Esta variable toma valores entre 0 y 1, y corresponde a una transformación Cloglog de la variable de probabilidad cruda que entrega MaxEnt (Phillips et al. 2006, 2017). La transformación Cloglog se utiliza en Maxent para asegurar que las probabilidades predichas se puedan comparar con otros modelos de regresión logística y para asegurar que los resultados sean interpretables de una manera significativa.

Para representar los modelos de distribución en escala de probabilidad Cloglog se usó la siguiente escala de clasificación, asignando las siguientes categorías antes mencionadas y un color a utilizar en las cartografías.

Probabilidad	Código Color	Color
0.00 - 0.15	#2b83ba	
0.15 - 0.25	#abdda4	
0.25 - 0.50	#ffffbf	
0.50 - 0.75	#fdae61	
0.75 - 1.00	#d7191c	

Se indica el código hexadecimal de colores asignado a cada categoría de probabilidad en la cartografía y una muestra del color. La paleta de colores fue seleccionada utilizando la herramienta ColorBrewer v. 2.0 (Coalter 2020, Stoelzle & Stein 2021) para contar con una paleta de colores adecuada para visualizar las distintas categorías de sensibilidad y que a la vez fuese accesible para usuarios con ceguera de colores (<https://colorbrewer2.org/>).

Una vez proyectados los modelos, estos se clasificaron en un mapa binario, usando como umbral de corte el valor umbral τ que maximiza la sensibilidad y especificidad de clasificación en el conjunto de validación (MSS) (Freeman et al. 2008). Mediante este criterio, aquellos valores menores a τ se consideran como ausencias, mientras que aquellos valores iguales o mayores a τ se consideran como presencias, generando un mapa de distribución binario, donde las zonas en que el modelo indica

que una especie está presente toman un valor de 1 y aquellas zonas donde el modelo indica que la especie está ausente toman un valor de 0.

Cálculo de Mapa de sensibilidad

Tal como se ilustra en la Figura 5, una vez generado el conjunto de insumos de SIG para describir la distribución de las especies, se puede generar el mapa de sensibilidad para cada especie. Para ello, el mapa de distribución binario generado a partir del modelos de distribución de cada especie se multiplica por el valor del puntaje de sensibilidad correspondiente. Una vez obtenido este conjunto de mapas por especie, McGuinness et al. (2015) generan un puntaje global sumando los mapas de sensibilidad de todas las especies a estudiar. Ello permite estimar el puntaje global de sensibilidad de las especies de un pixel, polígono o área geográfica, SSS_G (McGuinness et al. 2015). Dado que distintos grupos de especies pueden diferir en la riqueza total, las categorías de sensibilidad se estiman mediante una clasificación del histograma de valores a través de todos los pixeles o polígonos del mapa final de sensibilidad agregada, asignando las áreas geográficas a una de las siguientes categorías: sin datos, baja sensibilidad, sensibilidad media, sensibilidad alta y sensibilidad muy alta. Para ello, se divide el recorrido del histograma en tramos equidistantes, omitiendo las celdas sin especies, donde el índice toma valores iguales a 0 (McGuinness et al. 2015). Sin embargo, es importante **resaltar algunas debilidades del puntaje índice global de sensibilidad de especies SSS_G** . Primero, este índice no tiene cota superior, pues su valor dependerá tanto del número de especies a analizar como de los valores individuales de sensibilidad. En un caso extremo, donde todas las especies presentarán estados de conservación críticos o una fracción de la población mayor al 50% de lo descrito para la especie, así como una máxima de vuelo y hábitat, entonces todas ellas tendrán un valor máximo del índice de vulnerabilidad, que podemos designar como $\langle SSS \rangle$. En este escenario extremo, se puede ver que la el puntaje de sensibilidad global en cada celda o pixel j será proporcional a la riqueza de especies:

$$SSS_j = \sum SSS_{i,j} \approx S_j \times \langle SSS \rangle \approx S_j \times SSS_{max}$$

Ecuación 2: Ecuación para calcular el Índice geográfico de Sensibilidad de Especies (*Species Sensitivity Score*, SSS_j), en una celda, pixel o área geográfica j . Este valor corresponde a la suma de los puntajes individuales de las especies presentes en esa celda. En el escenario en que todas las especies presentaran estados de conservación críticos o una fracción de la población mayor al 50% de lo descrito para la especie, así como una máxima de vuelo y hábitat, esto se aproxima al producto entre S_j , la riqueza de especies de esa área geográfica, y SSS_{max} el valor esperado del puntaje máximo de sensibilidad.

La ecuación 2 muestra que el valor del Índice geográfico de Sensibilidad de Especies en cada celda, pixel, polígono o área geográfica de análisis puede aproximarse mediante el producto de la riqueza de especies por el valor promedio

de puntaje de sensibilidad de especies. En el escenario de que todas las especies tengan una sensibilidad máxima, entonces $SSS_i = SSS_{max} = 328$ para todo valor de i . Segundo, el hecho que se asignen las categorías de sensibilidad en base a la clasificación de los valores observados puede generar artefactos al comparar grupos de especies que poseen distintos valores del índice. Este es el caso al comparar murciélagos versus aves en Magallanes, donde las aves tienen un recorrido mucho mayor del índice global. Sin embargo, al seguir el procedimiento indicado por McGuinness et al. (2015), áreas con menor riqueza de murciélagos y menor sensibilidad promedio pueden ser clasificadas con sensibilidades altas o muy altas, porque todas las especies tienen valores individuales bajos. Sumado a estos artefactos, se observó que, al sumar los valores para las especies en un punto del espacio o una celda del mapa, el mapa resultante refleja el valor promedio de los puntajes de sensibilidad, y no refleja la distribución de especies con valores altos de sensibilidad que ocupan hábitats singulares, con menor riqueza, como el Canquén colorado *Chloephaga rubidiceps*, el Playero Ártico *Calidris canutus* o el Chorlo de Magallanes, *Pluvianellus socialis*.

Para abordar estas deficiencias de la metodología original, se definió un nuevo índice de sensibilidad, que denominamos el Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies (*Normalized Species Sensitivity Index*, NSSI), que se obtiene dividiendo el valor de SSS de cada especie i (SSS_i) por el valor máximo posible de SSS:

$$NSSI = \frac{SSS_i}{SSS_{max}}$$

Ecuación 3: Ecuación para calcular el Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies (*Normalized Species Sensitivity Index*, NSSI), que modifica el puntaje de sensibilidad de las especies, o *species sensitivity score* (SSS) descrito por McGuinness et al. (2015).

Una vez definido el índice NSSI, se procedió a generar los mapas de sensibilidad por especie, multiplicando el mapa de distribución binario generado a partir de los modelos de distribución de cada especie se multiplica por el valor del índice NSSI correspondiente. Luego, para generar los mapas de sensibilidad finales, se evaluó para cada celda o pixel el valor máximo del NSSI (índice normalizado de sensibilidad de especies). Este valor corresponde al valor más alto del índice NSSI para todas las especies presentes en cada pixel. De esta manera se logra que el mapa resultante refleje la distribución de especies con valores altos de sensibilidad que ocupan hábitats singulares. Esto es particularmente relevante para especies amenazadas, como *C. rubidiceps*, *C. canutus* o *P. socialis*. De esta manera, el índice de sensibilidad final se define como $NSSI_{max}$, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NSSI_{max} = \max_{i=1}^{i=S} \left\{ \sum_{i=1}^S \frac{SSS_i}{SSS_{max}} \right\}$$

Ecuación 4: Ecuación para calcular el Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, $NSSI_{max}$, que representa el valor máximo de sensibilidad en cada polígono o pixel.

El índice $NSSI_{max}$ toma valores entre 0 y 1, independientemente del número de especies observadas. En el caso de las especies analizadas, dado que no hay especies donde todas las variables de vulnerabilidad alcancen su valor máximo, toma valores entre 0 y 0.47. Este índice utiliza un criterio conservador, que otorga prioridad a la presencia de especies sensibles, conforme al principio precautorio. Esto es relevante, dada la presencia de vacíos de conocimiento en varios de los atributos de muchas de las especies analizadas. Dado que el recorrido está acotado, la comparación de distintos grupos de especies se vuelve mucho más fácil. Se usó la siguiente escala de clasificación, asignando las categorías antes mencionadas y un color a utilizar en las cartografías.

Rango $NSSI_{max}$,	Sensibilidad	Código Color	Color
[NA;0]	sin datos	#2b83ba	
0.00 - 0.13	baja	#abdda4	
0.13 - 0.30	media	#ffffbf	
0.30 - 0.40	alta	#fdae61	
0.40 - 0.50	muy alta	#d7191c	

Al igual que en el caso de la escala de colores utilizada para los mapas de distribución, se indica el código hexadecimal de colores asignado a cada categoría de sensibilidad en la cartografía y una muestra del color. La paleta de colores fue seleccionada utilizando la herramienta ColorBrewer v. 2.0 (Coalter 2020, Stoelzle & Stein 2021) para contar con una paleta de colores adecuada para visualizar las distintas categorías de sensibilidad y que a la vez fuese accesible para usuarios con ceguera de colores (<https://colorbrewer2.org/>).

Una vez elaborados los mapas de sensibilidad, se compararon con los límites administrativos de las comunas correspondientes al área de estudio, generando insumos cartográficos y evaluando la superficie de territorio comunal

correspondiente a cada uno de los niveles de sensibilidad. Además, se examinó la superposición de los mapas de sensibilidad con las áreas de Potencial de desarrollo energético eólico, información provista por CORFO a través del programa Transforma, calculando la superficie correspondiente a cada uno de los niveles de sensibilidad.

4.7. Taller técnico interno de validación

El resultado del proceso de modelamiento de distribución de especies, cálculo de los índices de sensibilidad y generación de los mapas de sensibilidad a nivel global y de clases, fueron revisados y validados en un taller técnico abierto, en el que participaron el equipo núcleo del proyecto, más los consultores externos nacionales e internacionales y actores relevantes de servicios y ONGs regionales (MMA, SAG, SEA, WCS). Esta actividad fue en formato telemático, y tuvo una duración de 1 hora y media, con la siguiente agenda:

- Presentación de resultados de actividades realizadas
- Presentación de aproximación metodológica
- Presentación de mapas de distribución
- Presentación de mapas de sensibilidad
- Discusión para recibir observaciones

Se elaboró una minuta con el resumen de los temas tratados en el Taller.

Métodos para el objetivo 4

4.8. Desarrollo de metodología para el desarrollo de Mapas de sensibilidad

Para desarrollar el Objetivo 4 y el producto asociado, el Manual Metodológico para el Desarrollo de Mapas de Sensibilidad, se resumieron y sistematizaron los procedimientos utilizados a lo largo de la ejecución de la presente licitación. En ese contexto, se utilizaron como guía los trabajos de Bright et al. (2009), McGuinness et al. 2015 y Allinson et al. (2020). Además, el reporte contó como insumo base con las observaciones recabadas en cada uno de los talleres internos de validación.

5. RESULTADOS

Producto 1. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes. Priorizados según su categoría de conservación, su caracterización conductual, rutas de migración utilizada, áreas de reproducción, dormideros, entre otros.

El desarrollo de las actividades contempladas para este producto permitió recabar un listado preliminar de 237 especies de aves y 4 especies de mamíferos presentes en la región de Magallanes (eBird 2022, Cequa 2021). Este listado inicial fue categorizado con una variable dicotómica para identificar especies que pudiesen presentar un potencial impacto. Dicha variable se categorizó con un valor 0 si se consideró que la especie no presentaba ningún riesgo o posibilidades de ser impactada por el desarrollo de proyectos de generación eólica e infraestructura asociada, y con un valor de 1 en el caso de considerar que la especie pudiese presentar algún riesgo o posibilidades de ser impactada. Conforme a lo indicado en la propuesta técnica, se consideraron los siguientes criterios o categorías de potenciales impactos: (i) la posibilidad de colisión con turbinas, (ii) potenciales impactos derivados de la pérdida y fragmentación de hábitat, (iii) potenciales impactos derivados de alteraciones en la conducta y patrones de uso del territorio de las aves o murciélagos y finalmente (iv) potenciales impactos producto de la obstrucción de los movimientos de las aves y murciélagos, o efectos de barrera.

Tomando en cuenta este conjunto de criterios, el listado inicial consideró en primer lugar aquellas especies con algún grado de vulnerabilidad frente a proyectos eólicos o categoría de amenaza presentes en la región de Magallanes, y que además presentasen alguna conducta de vuelo o estrategias sociales que pudiesen significar algún grado de riesgo. Ejemplo de estas especies son el canquén colorado, chorlo de magallanes y playero ártico, así como el cóndor y flamenco. Adicionalmente a este listado, se seleccionaron especies pertenecientes a familias que han sido mencionadas en la literatura como presentando impactos en estudios en otros países como aves rapaces, garzas o aves playeras. Como complemento a

este criterio general, también se consideraron como guía los resultados de la revisión realizada por Thaxter et al. (2017). Este estudio reveló que las tasas de colisión predichas por el modelo global fueron altas para aves de los ordines Accipitriformes, Ciconiformes y Charadriiformes. Cabe señalar que en el modelo ajustado por Thaxter et al. (2017) las aves de los órdenes Anseriformes y Galliformes tuvieron tasas de colisión menores en el modelo. Sin embargo, al considerar los criterios adicionales, y dado que podrían ocurrir impactos de fragmentación de hábitat, cambios de conducta o efectos de barrera, se seleccionaron algunas especies del orden Anseriformes en el listado preliminar. Por otra parte, estudios como el de Desholm (2009) en parques eólicos *offshore* indican que las aves acuáticas y aves rapaces tienden a tener probabilidades altas de colisión. Cabe destacar que si bien el trabajo de Desholm (2009) se enfoca en parques eólicos offshore, entre las especies que considera hay varias especies y géneros que han sido identificados en la revisión bibliográfica como organismos que son afectados por parques eólicos *onshore*. Ello se debe a que el área de estudio considerada por Desholm incluye presencia de especies terrestres migratorias o con capacidades de vuelo extensas. Por otra parte, y en el contexto de la selección de especies para la presente licitación, dada la presencia del Estrecho de Magallanes y de zonas cercanas a áreas con influencia marina, se seleccionaron algunas especies de aves acuáticas y aves playeras.

Por otra parte, es importante señalar que la revisión de la literatura no permitió identificar información o datos disponibles respecto a la altura de vuelo para ninguna de las especies de aves presentes en la región de Magallanes. Por ello, se utilizaron referencias de otras regiones de Sudamérica o de especies con-familiares o del mismo orden estudiadas en otros continentes. En este respecto, las estrategias de vuelo y morfologías asociadas al vuelo son rasgos relativamente conservados, por lo que las especies cercanas comparten muchos de estos atributos. Esta es la base de la aproximación comparada, que permite realizar inferencias acerca de los rasgos en base al parentesco o cercanía filogenética, pese a no contar con información completa para todas las especies en todos los rasgos o características de interés (Scholer et al. 2020, Sheard et al. 2020). Por otra parte, en el caso de los murciélagos presentes en la región, estos son todos integrantes de la familia Vespertilionidae, que en el estudio de Thaxter et al. (2017) se caracterizan por tener una alta tasa de colisión, motivo por el cual fueron consideradas las cuatro especies descritas para la región de Magallanes. El listado inicial fue sometido a evaluación por parte de los integrantes del equipo consultor, así como a un conjunto de expertos, quienes participaron en un Taller de validación. En el Anexo I se reporta el informe que describe la realización de este taller de validación. Una vez concluido el taller, se realizaron consultas y observaciones mediante correo electrónico, consignando incorporaciones o eliminaciones de especies, para contar con un listado preliminar de especies a considerar.

Listado preliminar de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes. Priorizados según su categoría de conservación, su caracterización conductual, rutas de migración utilizada, áreas de reproducción, dormideros, entre otros.

El listado preliminar de aves y murciélagos sensibles a proyectos eólicos considera un total de 67 especies, de estas, 63 especies corresponden a aves y 4 a murciélagos (Orden Chiroptera). La distribución taxonómica de aves está representada por 12 órdenes y 45 géneros. Los órdenes con mayor representación son Passeriformes con 17 especies (27%), Charadriiformes con 12 especies (19%) y Anseriformes con 11 especies (17,5%) (Fig. 6). Del total de aves identificadas como sensibles, 11 especies cuentan con categoría de conservación, 10 otorgadas según el Reglamento de Clasificación de Especies del MMA y una con categoría de conservación según la IUCN (Tabla 1). Una especie, Pimpollo tobiano, se encuentra en categoría En Peligro Crítico (CR); tres En Peligro (EN) Canquén colorado, Playero ártico y Chorlo de Magallanes; cinco como Vulnerable (VU) Ñandú, Perdiz austral, Caranca, Pidén austral y Aguilucho de cola rojiza; y una especie en categoría Casi Amenazada (NT) Cóndor andino (Tabla 1).

Respecto a los murciélagos, se incluyen las cuatro especies reportadas para la Región de Magallanes, todas pertenecientes a la familia Vespertilionidae, *Myotis* (1 especie), *Lasiurus* (1 especie) e *Histiotus* (2 especies) (Tabla 1). Las categorías de conservación para los murciélagos son Datos Insuficientes (DD) para Murciélago orejón austral y Preocupación Menor (LC) para las otras tres especies (Tabla 1). El listado preliminar detallado se entrega en la Tabla 2, al igual que en el archivo Excel correspondiente.

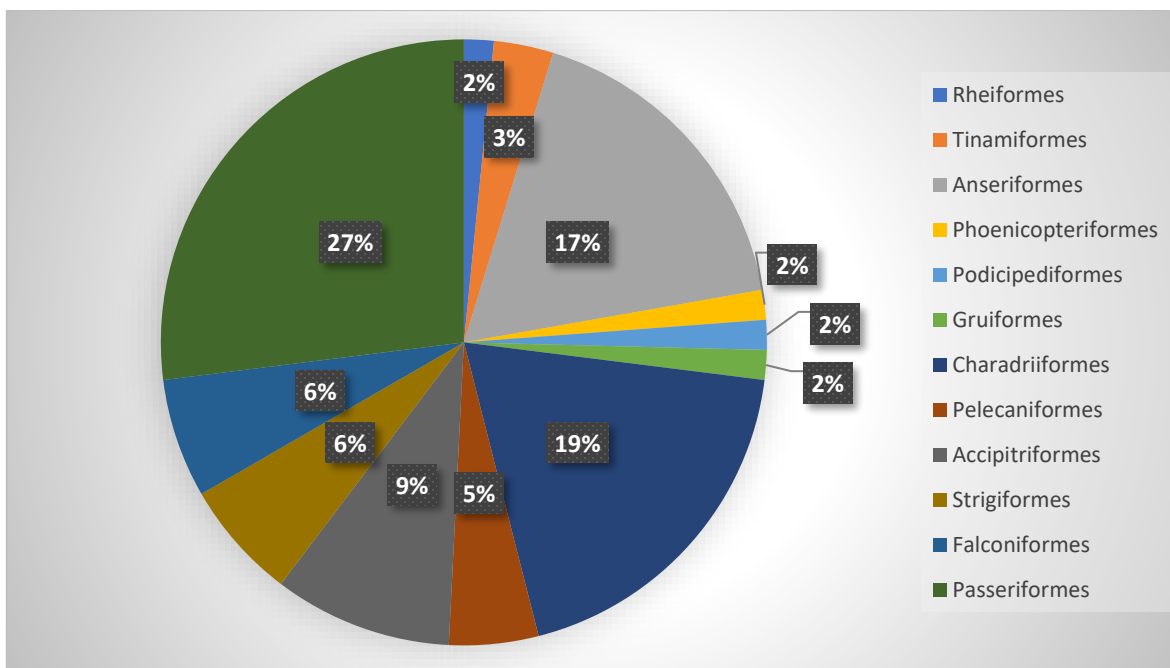


Figura 6. Distribución taxonómica a nivel de órdenes de las especies de aves identificadas como sensibles al impacto de los proyectos eólicos en la Región de Magallanes, Chile.

Tabla 1. Especies de aves y murciélagos en categoría de conservación.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA
<i>Rhea pennata</i>	Ñandú	VU
<i>Tinamotis ingoufi</i>	Perdiz austral	VU
<i>Chloephaga hybrida</i>	Caranca	VU
<i>Chloephaga rubidiceps</i>	Canquén colorado	EN
<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco chileno	NT
<i>Podiceps gallardoi</i>	Pimpollo tobiani	CR*
<i>Rallus antarcticus</i>	Pidén austral	VU
<i>Pluvianellus socialis</i>	Chorlo de Magallanes	EN
<i>Calidris canutus</i>	Playero ártico	EN
<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor	NT
<i>Buteo ventralis</i>	Aguilucho de cola rojiza	VU
<i>Myotis chiloensis</i>	Murciélago de oreja de ratón	LC
<i>Lasiurus varius</i>	Murciélago peludo patagónico	LC
<i>Histiotus magellanicus</i>	Murciélago orejón austral	DD
<i>Histiotus montanus</i>	Murciélago orejudo menor	LC

*Categoría otorgada por IUCN.

Tabla 2. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes. La taxonomía sigue lo propuesto por Clements et al. (2022) para aves, y *Mammal Diversity Database* (Versión 1.2) para murciélagos.

Clase **Aves**

Orden **Rheiformes**

Familia **Rheidae**

Género ***Rhea***

Rhea pennata

Orden **Tinamiformes**

Familia **Tinamidae**

Género ***Eudromia***

Eudromia elegans

Género ***Tinamotis***

Tinamotis ingoufi

Orden **Anseriformes**

Familia **Anatidae**

Género ***Cygnus***

Cygnus melancoryphus

Género ***Coscoroba***

Coscoroba coscoroba

Género ***Chloephaga***

Chloephaga picta

Chloephaga hybrida

Chloephaga poliocephala

Chloephaga rubidiceps

Género ***Lophonetta***

Lophonetta specularioides

Género ***Spatula***

Spatula platalea

Género ***Mareca***

Mareca sibilatrix

Género ***Anas***

Anas georgica

Anas flavirostris

Orden **Phoenicopteriformes**

Familia **Phoenicopteridae**

Género ***Phoenicopus***

Phoenicopus chilensis

Orden **Podicipediformes**

Familia **Podicipedidae**

Género ***Podiceps***

Podiceps gallardoi

Orden **Gruiformes**

Familia **Rallidae**

Género ***Rallus*** *Rallus antarcticus*

Tabla 2. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes (cont.).

Orden **Charadriiformes**

Familia **Pluvianellidae**

Género ***Pluvianellus***

Pluvianellus socialis

Familia **Thinocoridae**

Género ***Attagis***

Attagis malouinus

Género ***Thinocorus***

Thinocorus orbignyianus

Thinocorus rumicivorus

Familia **Scolopacidae**

Género ***Limosa***

Limosa haemastica

Género ***Calidris***

Calidris canutus

Calidris fuscicollis

Género ***Gallinago***

Gallinago stricklandii

Gallinago magellanica

Familia **Stercorariidae**

Género ***Stercorarius***

Stercorarius chilensis

Familia **Laridae**

Género ***Larus***

Larus dominicanus

Género ***Sterna***

Sterna hirundinacea

Orden **Pelecaniformes**

Familia **Ardeidae**

Género ***Bubulcus***

Bubulcus ibis

Género ***Nycticorax***

Nycticorax nycticorax

Familia **Threskiornithidae**

Género ***Theristicus***

Theristicus melanopsis

Tabla 2. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes (cont.).

Orden **Accipitriformes**

Familia **Cathartidae**

Género ***Vultur***

Vultur gryphus

Familia **Accipitridae**

Género ***Circus***

Circus cinereus

Género ***Accipiter***

Accipiter bicolor

Género ***Geranoaetus***

Geranoaetus polyosoma

Geranoaetus melanoleucus

Género ***Buteo***

Buteo ventralis

Orden **Strigiformes**

Familia **Tytonidae**

Género ***Tyto***

Tyto alba

Familia **Strigidae**

Género ***Bubo***

Bubo magellanicus

Género ***Glaucidium***

Glaucidium nana

Género ***Asio***

Asio flammeus

Orden **Falconiformes**

Familia **Falconidae**

Género ***Caracara***

Caracara plancus

Género ***Falco***

Falco sparverius

Falco femoralis

Falco peregrinus

Orden **Passeriformes**

Familia **Furnariidae**

Género ***Geositta***

Geositta cunicularia

Geositta rufipennis

Geositta antarctica

Tabla 2. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes (cont.).

Orden **Passeriformes** (cont.)

Familia **Tyrannidae**

Género ***Elaenia***

Elaenia albiceps

Género ***Lessonia***

Lessonia rufa

Género ***Muscisaxicola***

Muscisaxicola maculirostris

Muscisaxicola flavinucha

Muscisaxicola maclovianus

Muscisaxicola albilora

Muscisaxicola capistratus

Género ***Neoxolmis***

Neoxolmis rufiventris

Familia **Hirundinidae**

Género ***Pygochelidon***

Pygochelidon cyanoleuca

Género ***Tachycineta***

Tachycineta leucopyga

Género ***Hirundo***

Hirundo rustica

Familia **Motacillidae**

Género ***Anthus***

Anthus correndera

Familia **Thraupidae**

Género ***Melanodera***

Melanodera melanodera

Melanodera xanthogramma

Clase **Mammalia**

Orden **Chiroptera**

Familia **Vespertilionidae**

Género ***Lasiurus***

Lasiurus varius

Género ***Myotis***

Myotis chiloensis

Género ***Histiotus***

Histiotus magellanicus

Histiotus montanus

Producto 2. Tabla con fuentes de información de distribución de especies vulnerables, sus hábitats y ecosistemas, así como otros factores relevantes, señalado su calidad de la información (fuente, grado de representatividad, etc.) y la metodología usada para abordar las brechas detectadas.

La revisión bibliográfica de fuentes de información consideró no solo la búsqueda de fuentes de literatura revisada por pares, sino también libros de textos, libros de conferencias o congresos, bases de datos, reportes técnicos y tesis. En total se revisaron 140 fuentes de información, las que se desglosan respecto al tipo de fuentes en la Figura 7.

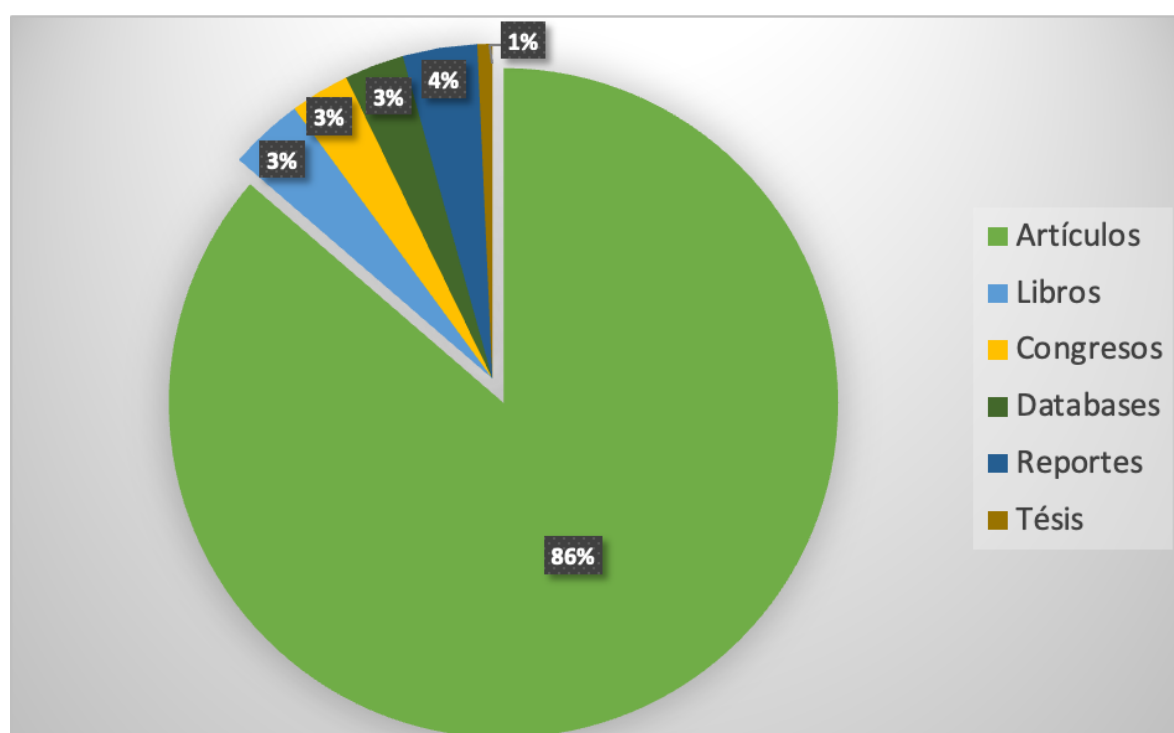


Figura 7. Distribución de frecuencia de las 140 fuentes de información de distribución de especies amenazadas, sus hábitats y ecosistemas, así como otros factores relevantes, para las especies de aves y murciélagos identificados como sensibles al impacto de los proyectos eólicos en la Región de Magallanes, Chile.

Como se puede apreciar en la Figura 8, el grueso de las fuentes de información consultadas tiene una fecha de publicación o actualización posterior al año 2005. Esto refleja no solo la tasa de publicación de trabajos enfocados en el análisis de impactos de proyectos de infraestructura eólica, sino también el desarrollo de fuentes de información en línea como son las bases de datos eBird, GBIF, e

iNaturalist entre otras (Sullivan et al. 2009, 2014, Telenius 2011, Wood et al. 2011, Jetz et al. 2012, Van Horn et al. 2018, BirdLife International 2021)

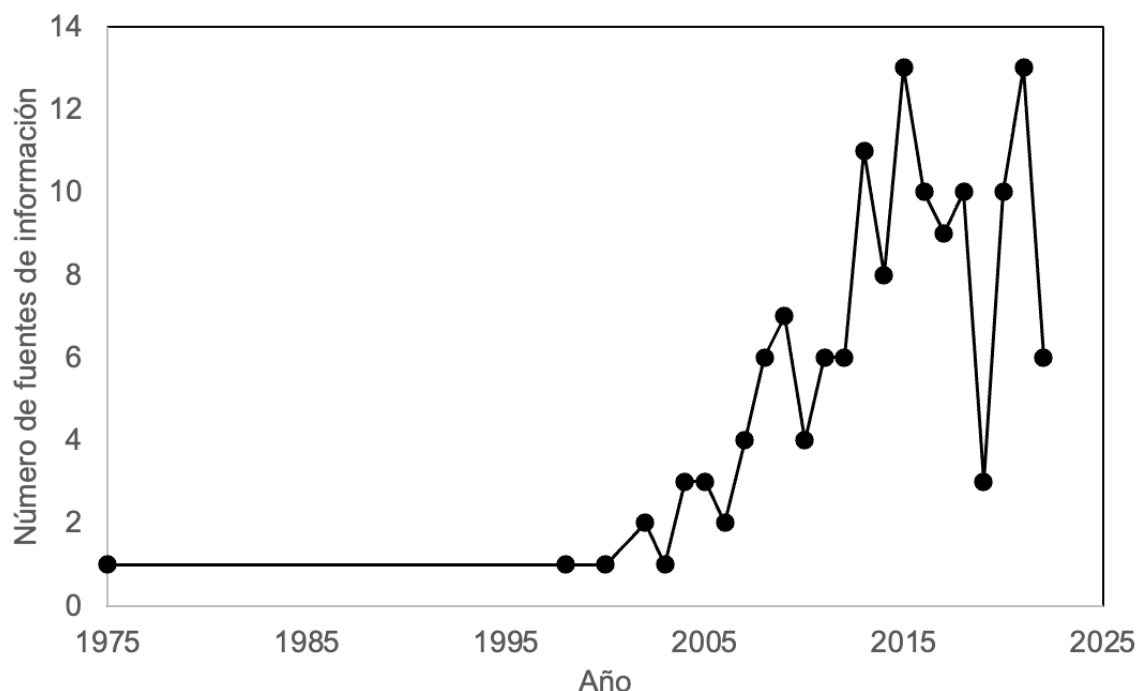


Figura 8. Distribución de frecuencia por año de publicación o actualización de las 140 fuentes de información de distribución de especies amenazadas, sus hábitats y ecosistemas, así como otros factores relevantes, para las especies de aves y murciélagos identificados como sensibles al impacto de los proyectos eólicos en la Región de Magallanes, Chile.

Una de las características observadas en la base de información y fuentes de distribución recopilada es la gran frecuencia de artículos revisados por pares. Esta información a su vez se caracteriza por representar el fuerte sesgo derivado del desarrollo de proyectos de generación eólica en otros países. Así, la mayoría de los trabajos consultados corresponden a estudios realizados en Estados Unidos, seguidos por revisiones o bases de datos de alcance Global. A estos le siguen los trabajos realizados a lo largo del Reino Unido, Escocia, y España. En el ámbito de nuestro país, se revisaron 7 fuentes de información, 3 de las cuales son específicas de la región de Magallanes. Nuevamente, esto refleja el fuerte desarrollo de la investigación realizada en los países y continentes que han implementado la generación eólica (Fig. 9).

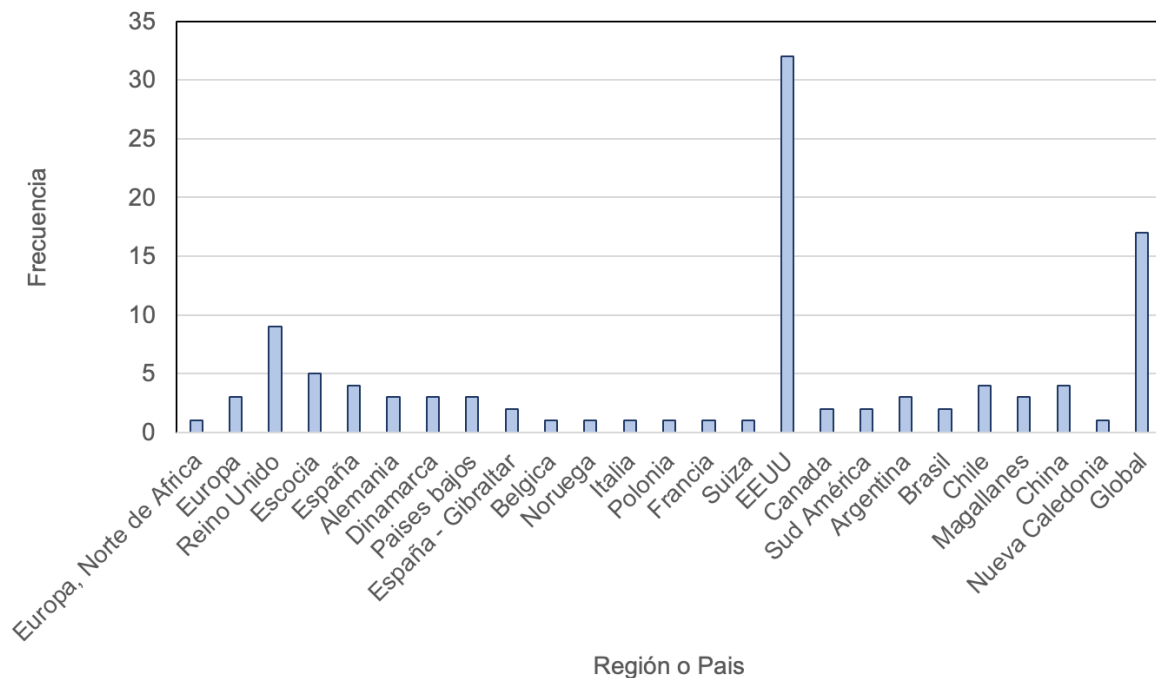


Figura 9. Distribución de frecuencia por región o país de publicación o actualización de las 109 fuentes de información recopiladas en la base de datos que indican el ámbito geográfico de la información entregada.

Cartografía Preliminar y Análisis crítico de fuentes de información de distribución y estrategias para abordar las deficiencias o brechas de información.

Como parte del análisis de los insumos de sistema de información geográfica, se procedió a elaborar un conjunto de cartografías preliminares, elaboradas a partir de las bases de datos BOTW y MMD. Estas permiten apreciar la calidad de la información contenida en estas bases de datos, y contar con una primera apreciación de la potencial distribución espacial de eventuales zonas de sensibilidad frente al desarrollo de infraestructura de generación eólica e instalaciones asociadas. Como primer nivel de análisis, se representó la información de distribución de las especies contenidas en el listado preliminar (Tabla 2 usando una grilla de 1 km de resolución. Esto permitió realizar una operación de sumatoria, representando la riqueza de especies a lo largo del territorio de la región de Magallanes. En la Figura 10 se muestra la variación geográfica de la riqueza de especies considerando todas las especies descritas en la Tabla 2.

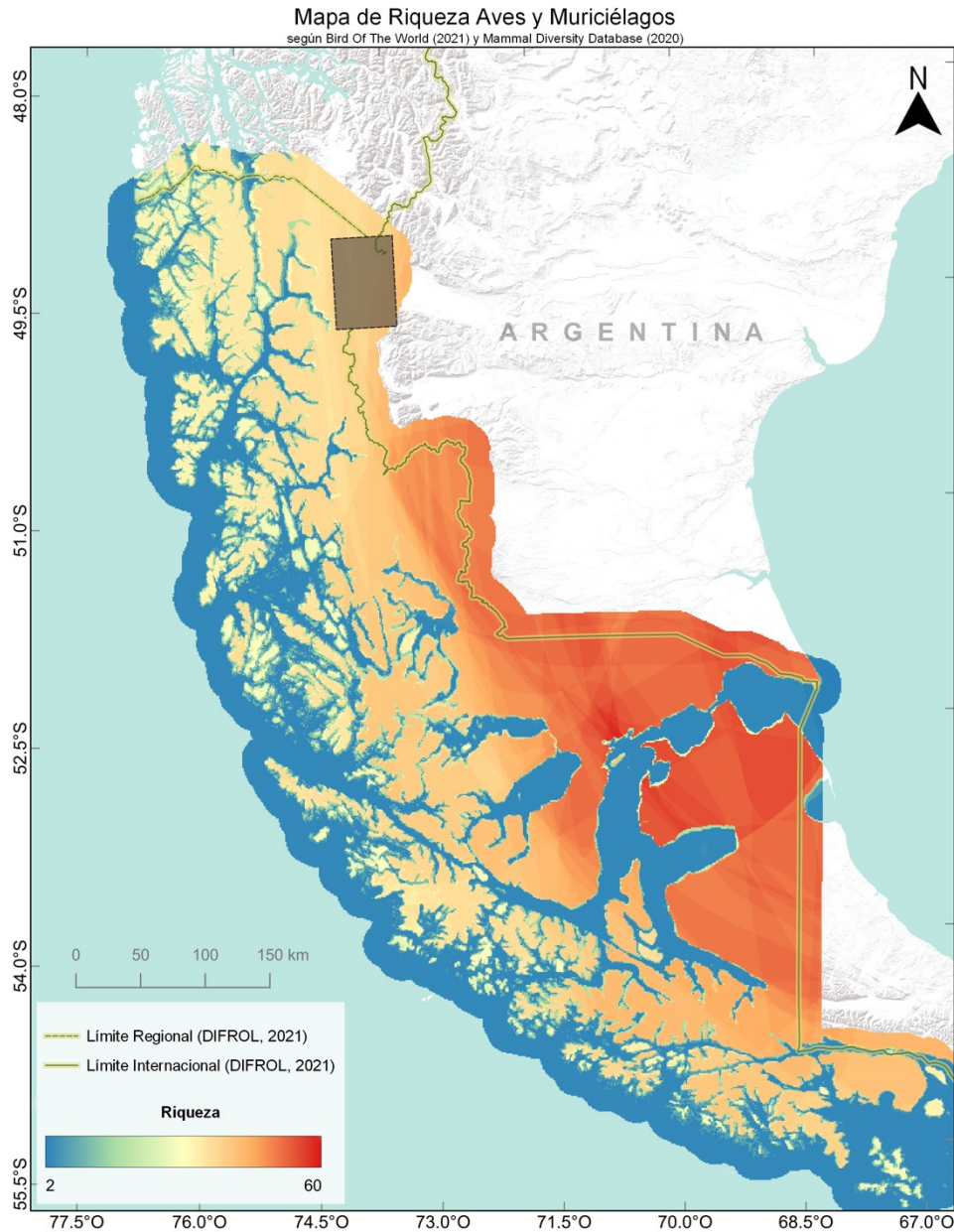


Figura 10. Riqueza de especies de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en las bases de datos BOTW y MMD. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

Como se aprecia en la Figura 10, las zonas de menor elevación se caracterizan por una alta riqueza (~60 especies). Ello sugiere que estas áreas pueden presentar un mayor potencial de riesgo, dependiendo de los patrones de conducta de vuelo, densidad poblacional, y distribución del hábitat, entre otros.

Mapa de Riqueza de orden Chiroptera según Mammal Diversity Database (2020)

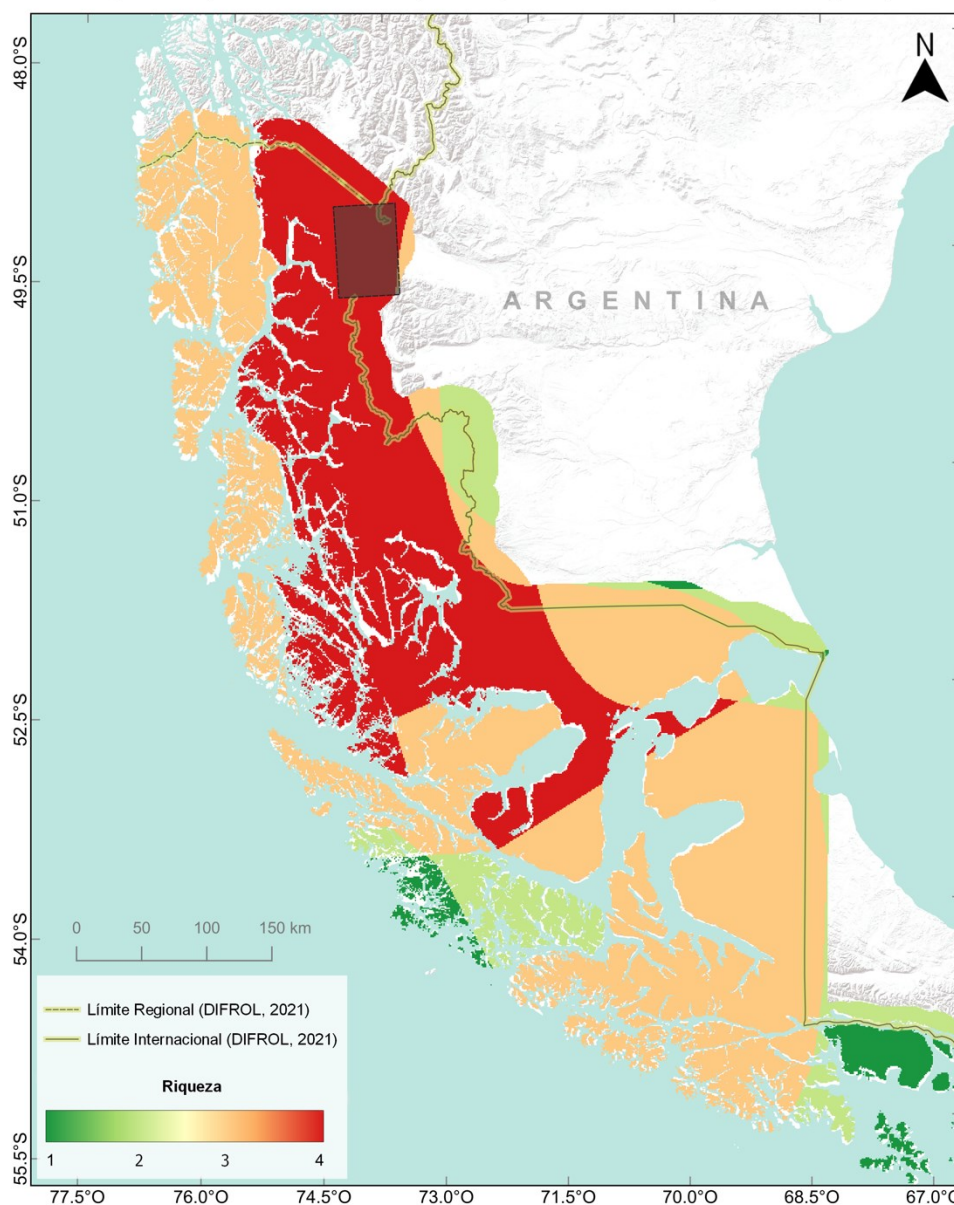


Figura 11. Riqueza de especies de murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en la base de datos MMD. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

De manera similar, en la Figura 11 se ilustra la variación geográfica en la riqueza de murciélagos. En este caso, se aprecia que la riqueza de murciélagos es bastante menor, y que para la mayor parte del territorio oscila entre 2 y 3 especies, aunque hay sectores en los que la base de datos MMD entrega una distribución conjunta de todas las especies de murciélagos. Sin embargo, se debe tener presente que el

patrón real de sensibilidad dependerá de la ocupación real del paisaje, el que a su vez refleja los patrones de distribución espacial de forrajeo, la conducta de vuelo, densidad poblacional, y distribución del hábitat y especies de presas de estas especies. A fin de ilustrar el rango de patrones de riqueza que entregan las dos bases de datos, a continuación se muestran las cartografías de riqueza de los órdenes Anseriformes (Fig. 12), Charadriiformes (Fig. 13), Pelecaniformes (Fig. 14), Aves rapaces (Fig. 15), Passeriformes (Fig. 16) y otros órdenes de Aves (Fig. 17).

Mapa de Riqueza de orden Anseriformes según Bird Of The World (2021)

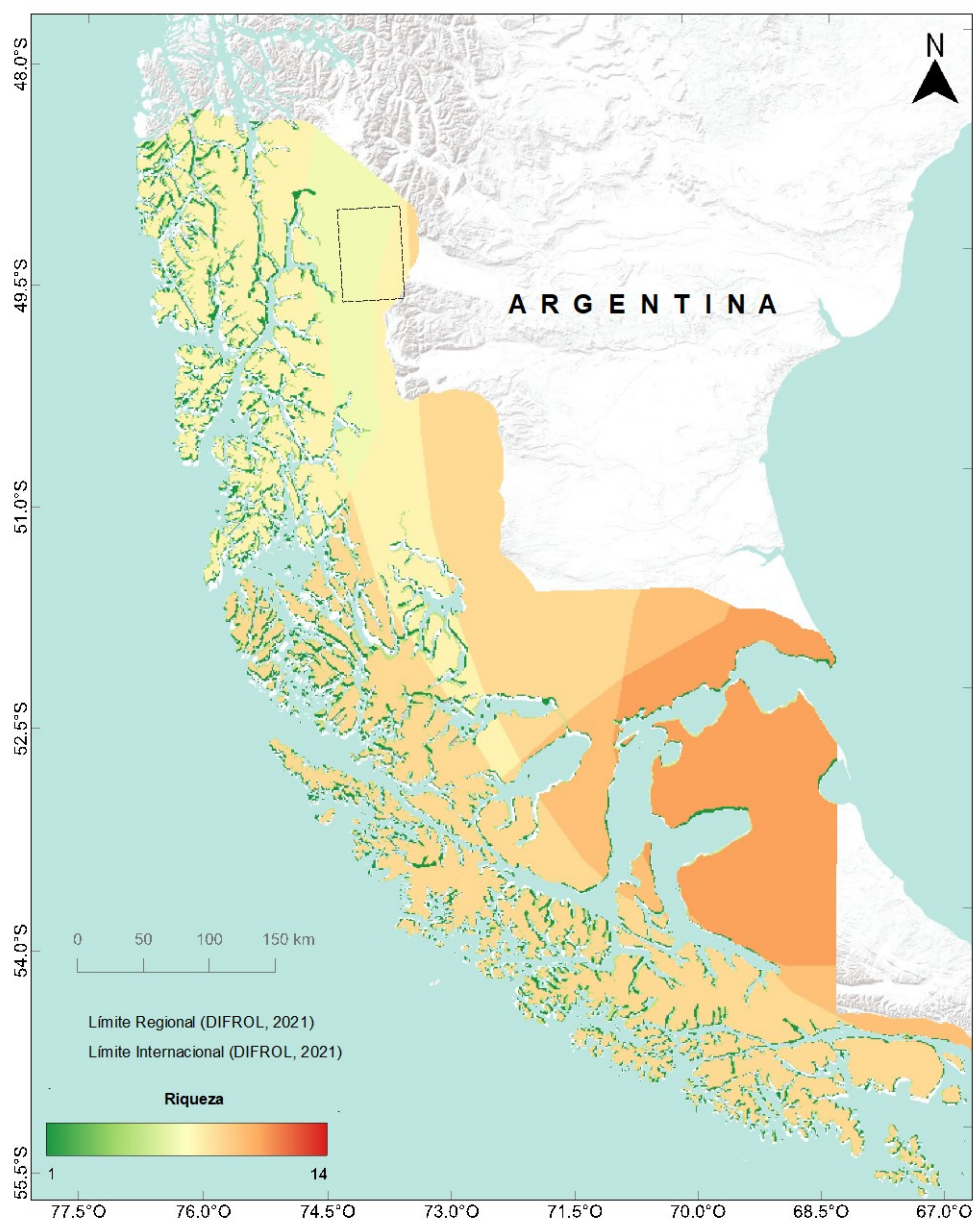


Figura 12. Riqueza de especies de Anseriformes, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en la base de datos BOTW. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

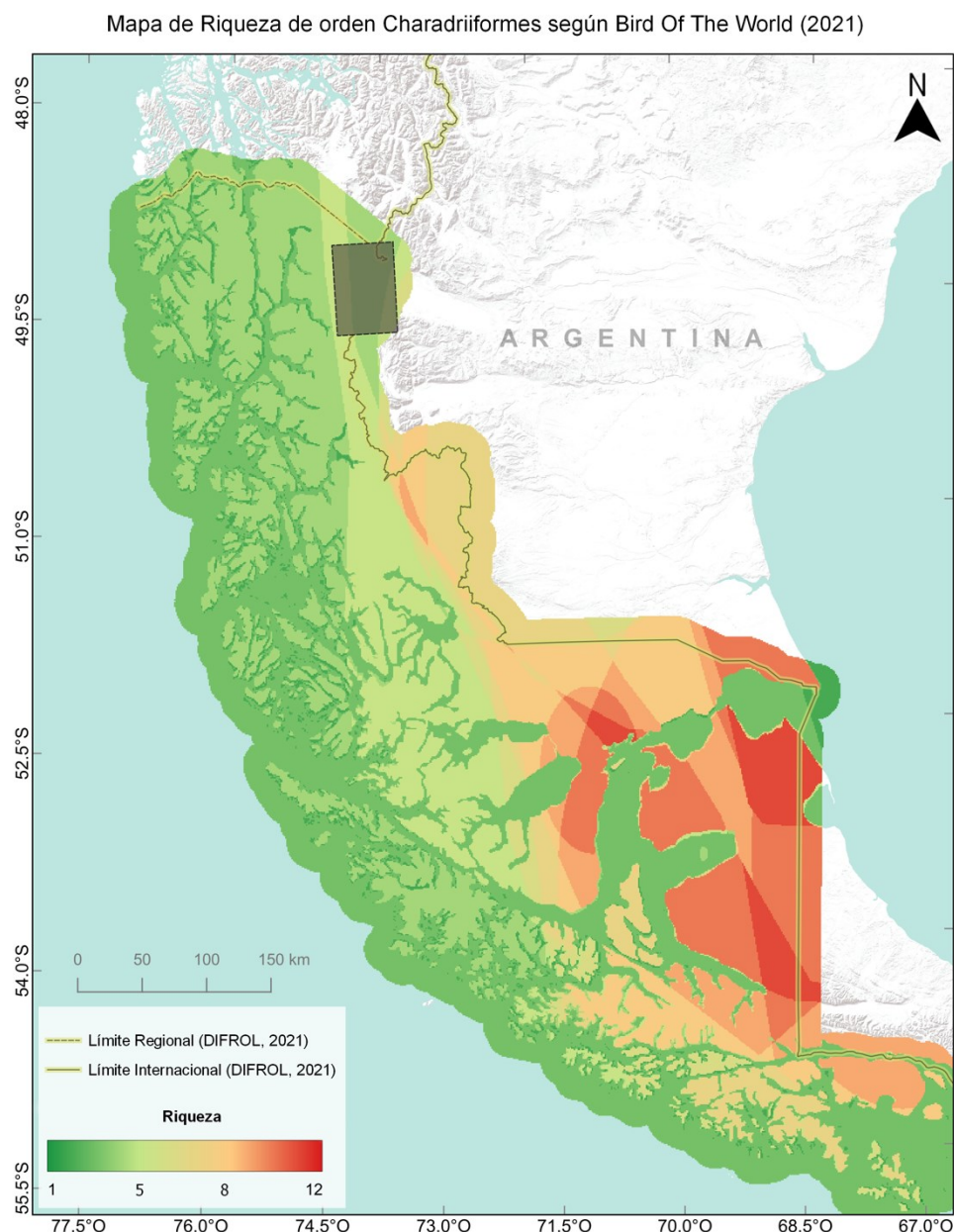


Figura 13. Riqueza de especies de Charadriiformes, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en la base de datos BOTW. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

Mapa de Riqueza de orden Pelicaniformes según Bird Of The World (2021)

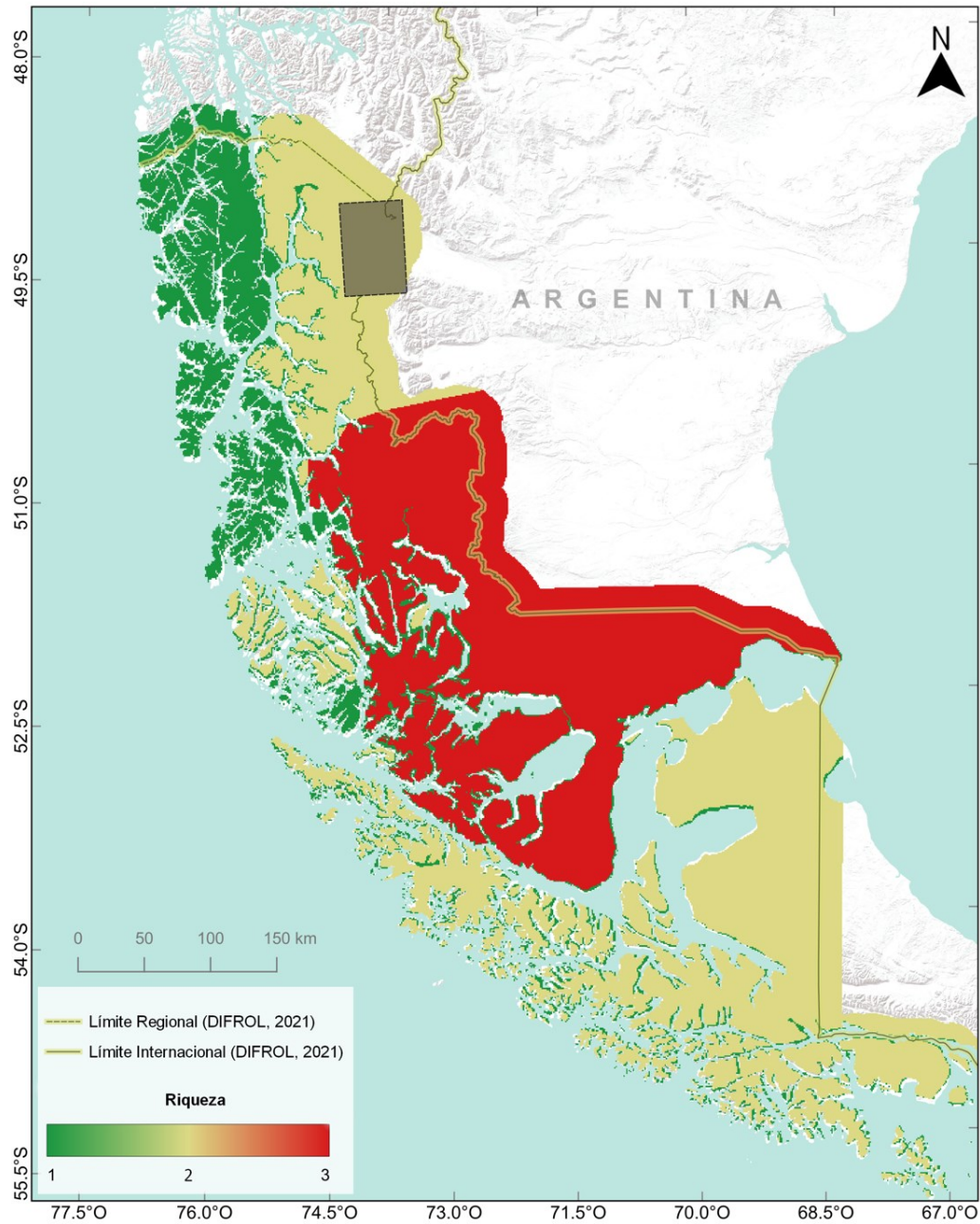


Figura 14. Riqueza de especies de Pelecaniformes, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en la base de datos BOTW. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

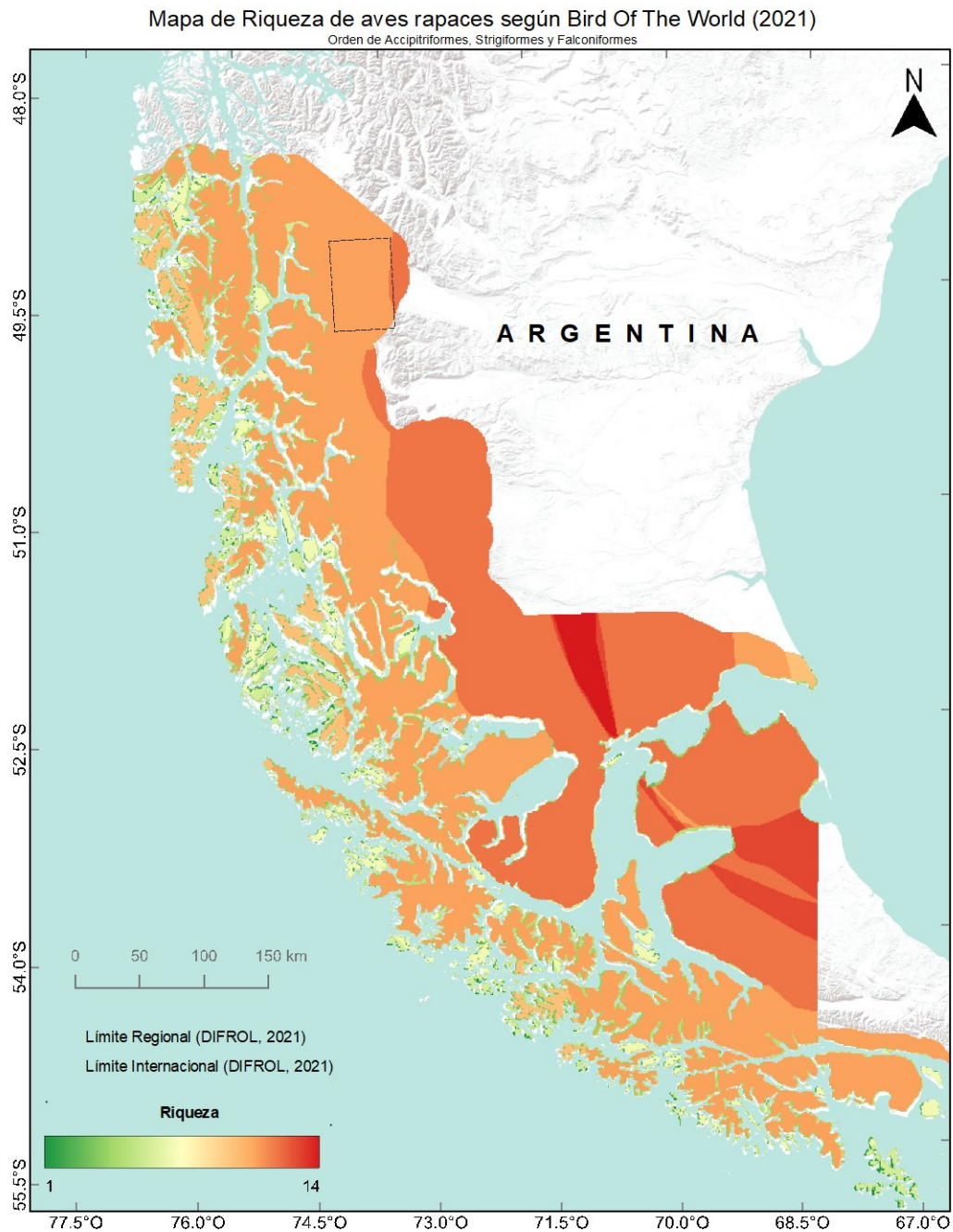


Figura 15. Riqueza de especies de Aves rapaces, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en la base de datos BOTW. Se ilustran como referencias los limites regional e internacional entregados por la DIFROL. Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

Mapa de Riqueza de orden Passeriforme según Bird Of The World (2021)

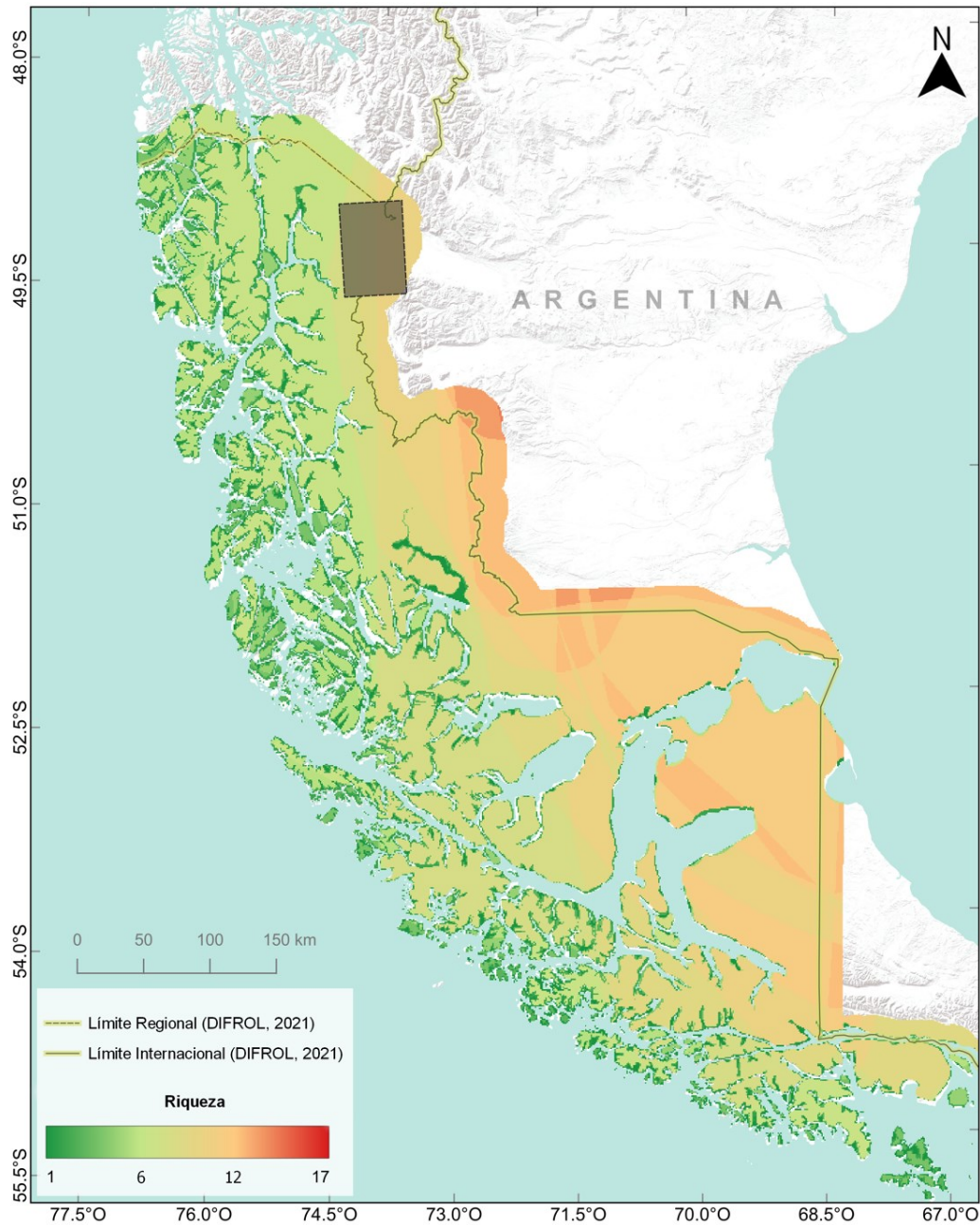


Figura 16. Riqueza de especies de Passeriformes, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en la base de datos BOTW. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

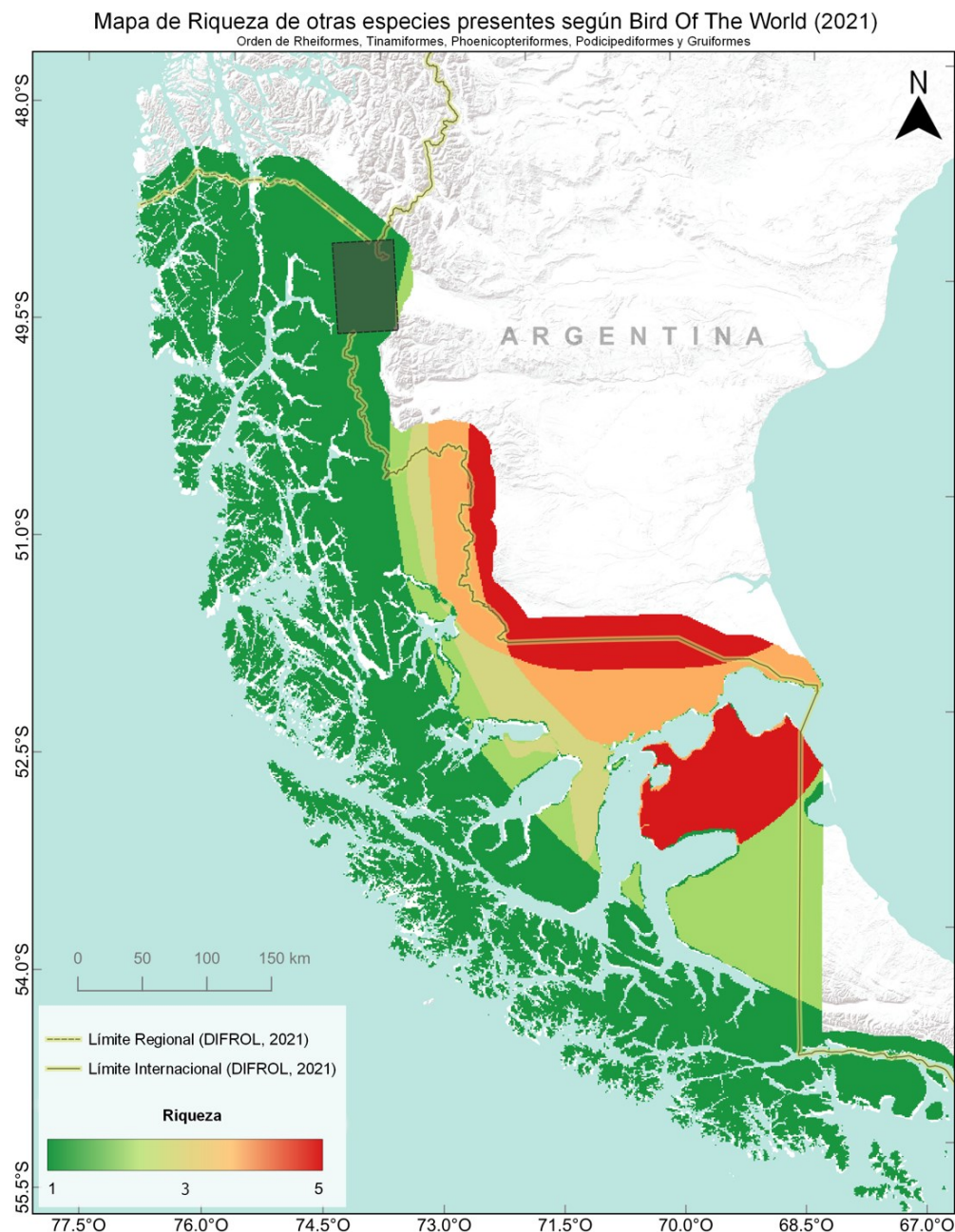


Figura 17. Riqueza de especies de otros ordenes de Aves, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes conforme a los rangos descritos en la base de datos BOTW. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Cartografía preliminar, que ilustra información de referencia de las bases de datos antes mencionadas.

Además de estas cartografías representando la variación geográfica en la riqueza de especies, se representó la distribución geográfica de las especies de aves con alguna categoría de conservación, así como las cuatro especies de murciélagos.

Estas se entregan en formato pdf, en el Anexo III. Al examinar las cartografías de riqueza de especies y los rangos de distribución individuales, se observa la presencia de trazados poligonales regulares, que reflejan el resultado del proceso de digitalización de cada una de las fuentes originales. Ello sugiere que estas bases de datos podrían tener artefactos o discrepancias topológicas o geográficas. A continuación, se discuten las limitaciones de estas fuentes de información.

Respecto a las bases de datos o fuentes de información de distribución de especies amenazadas, sus hábitats y ecosistemas, así como otros factores relevantes, cabe destacar un grupo reducido que permite recabar antecedentes de distinta calidad. La primera corresponde a la base de datos de rangos de distribución de especies de aves, BOTW, generada por *BirdLife International* (BirdLife International 2021), que cuenta con su equivalente en la base de datos de rangos de distribución de mamíferos, la que ha sido armonizada con la base de datos *Mammal Diversity Database* (Versión 1.2), ambas disponibles a través del portal *Map of Life* (<https://mol.org>, Jetz et al. 2012). Estos recursos entregan información sobre los rangos de distribución de distintas especies, representados mediante insumos de sistema de información geográfica, específicamente en polígonos o multi-polígonos que pueden accederse ya sea como archivos shapefile (en el caso de Mamíferos y murciélagos) o bien como una geodatabase de ArcGIS (en el caso de Aves).

Debido a que la base de datos de BOTW está conformada por información recolectada por distintos compiladores cuyos levantamientos están realizados a diferentes escalas, no existe una concordancia espacial en los límites en tierra, por lo que existen desplazamientos en los bordes de las superficies, y en la región de Magallanes y la Antártica Chilena se hace más evidente al tener una geografía tan accidentada hacia el sur y el oeste (Fig. 18).

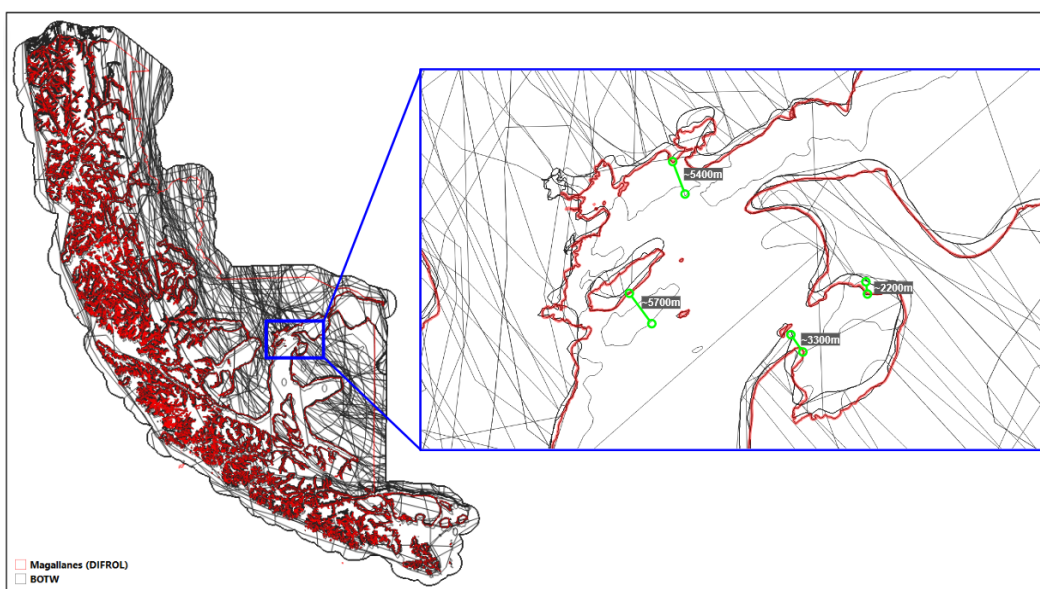


Figura 18. Substracción de las coberturas del BOTW a Magallanes. La información contenida en la BOTW (líneas grises) presenta desplazamientos de más de 5.000

m lineales, en algunos sectores, de los límites descritos (líneas rojas) por la DIFROL.

Para detectar la concordancia entre la base de datos de BirdLife (BOTW; Birds of the World) y el catastro de eBird, se realizó un primer filtro de presencia a través de uniones de tablas de ambas bases de datos. Luego, debido a la existencia de errores en la topología de BOTW, se realizó un cruce entre esta cobertura y los límites de regionales e internacionales de La Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado (DIFROL) incluyendo un radio de influencia de 30 km para evitar él no extraer coberturas que no se encontraran bien posicionadas. De las 63 especies descritas y seleccionadas de la base de datos eBird, se reconocieron 62 especies en la base de datos BOTW, existiendo una omisión de 1 especie (*Gallinago magallánica*). De las especies concordantes, solamente 60 están descritas espacialmente dentro de los límites de la región de Magallanes +30 km, por lo que 2 de ellas no se encuentran tipificadas dentro de la región. Dadas estas observaciones, se recomienda no utilizar la base de datos BOTW como insumo para la elaboración de mapas de sensibilidad de especie, debido a la heterogeneidad que presentan en resolución y nivel de actualización. Por otra parte, si bien la base de datos de MMD no presenta errores topológicos, la información contenida en esta base de datos puede ser demasiado gruesa para los fines de elaborar un mapa de sensibilidad, y por ello se recomienda no utilizar esta base de datos con este fin.

Otra fuente de información importante para poder describir la distribución de las especies seleccionadas es GBIF: *Global Biodiversity Information Facility*. Esta es una red internacional e infraestructura de datos financiada por los gobiernos del mundo y destinada a proporcionar a cualquier persona, en cualquier lugar, acceso abierto a datos sobre todos los tipos de vida en la Tierra. En Chile, la institución focal para la recolección de información de datos de biodiversidad a entregar a GBIF es el Ministerio de Medio Ambiente. En particular, GBIF alberga aproximadamente 2,258,641,085 registros de ocurrencia de especies a nivel mundial, y solo para la región de Magallanes, GBIF cuenta con un total de 311,346 registros de ocurrencias de aves. Cabe señalar que en el caso de GBIF, esta red y la base de datos asociada incluye información proveniente no solo de registros de museo y comunicaciones oficiales de distintos países, sino también información recolectada en esfuerzos de ciencia ciudadana como *iNaturalist* o *eBird* (Sullivan et al. 2009, 2014, Telenius 2011, Wood et al. 2011, Jetz et al. 2012, Van Horn et al. 2018). Esto revela su potencial importancia como fuente de información geoespacial para inferir patrones de distribución. Sin embargo, GBIF se ve limitado por el esfuerzo de muestreo histórico en distintas regiones y países, y una característica frecuente es que sus registros suelen tener una importante autocorrelación espacial, presentando zonas con muy bajo número de observaciones. Esto es particularmente notorio en el caso de algunas especies de aves o en el caso de murciélagos, con este último orden presentando menos de 10 datos georreferenciados para todas las especies descritas en Magallanes. Esto puede complementarse incluyendo registros de especies provenientes desde otras fuentes, como puede ser el programa de monitoreo del ISP, que recolecta aquellos especímenes que pudiesen presentar seropositividad para el virus de la rabia. Al recolectar este tipo de datos, y

complementarlos con registros propios (contribuidos por la Dra. Annia Rodríguez San Pedro, integrante del equipo consultor), se cuenta con un total de 25 registros para las cuatro especies de murciélagos en Magallanes. Además, la SEREMI de Medio Ambiente de Magallanes aportó los registros de sus bases de datos. Esto plantea una potencial brecha en el caso de encontrar otras especies (de aves en este caso) que tengan un número reducido de observaciones georreferenciadas. Una estrategia alternativa en este caso es ampliar la extensión espacial de modelamiento, considerando áreas administrativas más allá de la Región de Magallanes.

En el caso de este tipo de situaciones, la cantidad de registros no permite elaborar insumos cartográficos adecuados, y se recomienda evaluar, caso a caso, la pertinencia de ajustar modelos de nicho o de distribución de especies, utilizando registros de un dominio geográfico más amplio. En el caso de las especies de murciélagos mencionadas, esto corresponde a considerar los registros de ocurrencia disponibles a lo largo de su rango geográfico. Esta información espacialmente explícita puede ser utilizada en conjunto con bases de datos climáticas y topográficas para construir modelos estadísticos que describan la probabilidad de ocurrencia de la especie a lo largo del territorio. Se propone usar el algoritmo MaxEnt (Phillips et al. 2017, Phillips, Dudík & Schapire, 2019). Este es el método de modelamiento correlacional más utilizado para datos de presencia, que permite estimar la idoneidad del hábitat para las especies en función de las correlaciones con las condiciones ambientales (Merow et al. 2013). Cabe señalar que no se utilizarán modelos de ensamble o de modelamiento de gran número de algoritmos como los realizados por el software BIOMOD, ya que la literatura reciente indica que no hay evidencia de que los modelos de ensambles de algoritmos presenten un mejor desempeño que los modelos basados en un único algoritmo, como puede el uso de elipsoides de volumen mínimo o MaxEnt (Hao et al. 2019). Dado que la información recolectada a partir de GBIF debe ser depurada y contrastada con los datos y observaciones disponibles por parte del equipo consultor y los expertos que validaran los productos de la presente licitación, el análisis y decisión de la viabilidad y pertinencia de usar modelos de nicho o distribución de especies se realizó como parte de las siguientes actividades. Un elemento central para el ajuste de estos modelos de distribución o nicho ecológico es contar con capas de información geográfica que permitan la inferencia y proyección de los modelos. Para modelar la idoneidad climática de estas especies se utilizarán las variables bio-climáticas que entrega la base de datos Worldclim 2.1 (Bioclim 1 a 19) para la línea de base para el periodo entre 1970 y 2000 (Fick and Hijmans 2017). Adicionalmente se utilizará el modelo de elevación digital de la base de datos HydroSHEDS (Lehner et al. 2008). Todos los datos se descargaron como grillas rasters en formato geotiff a una resolución de 30 arco-segundos (~1km²). Para evaluar la viabilidad de realizar modelos de distribución se analizó la disponibilidad de datos en el rango de distribución en el continente sudamericano, para así extraer los valores de las 20 variables iniciales (bio1 a bio19 y elevación) en cada uno de los puntos de presencia de cada especie, generando además 10.000 puntos georreferenciados de referencia o entorno. Usando esta base de datos, se evaluó el grado de colinealidad entre los predictores iniciales,

seleccionando aquellas variables cuyo factor de inflación de varianza sea inferior al umbral de 10 (Dormann et al., 2013, Naimi et al., 2014).

Producto 3. Descripción de los indicadores de riesgo considerados que den cuenta del sistema de evaluación de sensibilidad para cada especie.

Índice de sensibilidad

La sensibilidad se definió a través de puntajes para cada especie de interés, los cuales tomaron en cuenta al menos las características del territorio analizado, requerimientos y uso de hábitat, categoría de conservación, y todas aquellas consideraciones que pueden verse alteradas frente a posibles impactos. Estos puntajes fueron aplicados a la distribución espacial descrita para cada una de las especies de interés, generando un mapa de calor con los niveles de sensibilidad (Allinson et al. 2020) identificados para el área de estudio. La metodología sigue la propuesta de McGuinness et al. (2015) desarrollada para proyectos eólicos en Irlanda. Esta metodología se basa en el uso de 15 variables cuantitativas y cualitativas, que se agrupan en tres categorías con distinto peso para el desarrollo del índice de sensibilidad: 1) estado de conservación, 2) vulnerabilidad del vuelo, y 3) vulnerabilidad del hábitat. En la Tabla 3 se presenta cada categoría, sus variables y el sistema de puntaje, mientras que en la Tabla 4 se entregan los valores asignados a las variables usadas en el cálculo del índice de sensibilidad para las distintas especies estudiadas, al igual que valores de los índices de sensibilidad SSS y NSSI para cada especie.

Tabla 3. Variables usadas en el cálculo del índice de sensibilidad. Modificado a partir de Mc Guinness et al. (2015).

A) Estado de Conservación

PUNTUACIÓN	ESTADO DE CONSERVACIÓN	
	Estado Conservación	Proporción biogeográfica población
4	CR	>50%
3	EN	26-50%
2	VU	11-25%
1	NT/DD	1-10%
0	LC	<1%

B) Vulnerabilidad del vuelo

PUNTUACIÓN	VULNERABILIDAD DEL VUELO							
	Tasa sobrevivencia anual	Maniobrabilidad vuelo	Planeo	Alimentación aérea	Rango movimiento	Vuelo bandada	Vuelo nocturno	Despliegue aéreo
4	>0.85-1.00	Muy bajo	Siempre		Muy amplio		Nocturno	
3	>0.70-0.85	Bajo	Usualmente	Alta	Viajero diario largo			
2	>0.60-0.70	Medio	Regularmente		Amplio	Siempre	Crepuscular	Frecuente
1	>0.50-0.60	Alto	Ocasionalmente	Parcial	Movimientos locales	Ocasionalmente		Ocasional
0		Muy alto	Nunca	Nunca	Sedentario	Nunca	Diurno	Nunca

C) Vulnerabilidad del hábitat

VULNERABILIDAD DEL HÁBITAT					
PUNTUACIÓN	Fidelidad_reproductiva	Rango	Sensibilidad_al_desplazamiento	Preferencia_hábitat	Disponibilidad_hábitat_preferencial
4	Alta	Muy limitado	Alto	Abierto	Bajo
3		Limitado			
2	Media	Local	Medio	Semi-abierto	Medio
1		Amplio			
0	Baja	Muy amplio	Bajo	Cerrado	Alto

Nota 1: Para el caso de proporción biogeográfica de la población, se consideran los estimados para especies reproductoras y especies no reproductoras.

Nota 2: Para la variable planeo se consideró vuelo a altura de turbina.

Nota 3: Para las variables rango de movimiento y vuelo en bandada, se considera la puntuación con foco en la migración de cada especie, dado que es en ese momento en donde existe un mayor riesgo de colisión con aerogeneradores.

Tabla 4. Variables usadas en el cálculo del índice de sensibilidad y valores de los índices de sensibilidad SSS y NSSI. Modificado a partir de Mc Guinness et al. (2015).

Clase	Orden	Familia	Especie	nombre_comun	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	SSS	NSSI
Aves	Rheiformes	Rheidae	<i>Rhea pennata</i>	Suri/Nandú	2	3	3	0	0	0	4	0	0	0	2	2	0	4	0	60	0.18
	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Tinamotis ingoufi</i>	Perdiz austral	2	0	3	0	0	0	4	0	0	0	2	3	0	2	2	26	0.08
	Anseriformes	Anatidae	<i>Cygnus melanocoryphus</i>	Cisne de cuello negro	0	3	2	2	0	0	4	1	0	0	2	0	4	4	0	51	0.16
			<i>Coscoroba coscoroba</i>	Cisne coscoroba	0	4	2	2	0	0	3	1	0	0	2	0	4	4	0	64	0.20
			<i>Chloephaga picta</i>	Caíquén	0	1	2	2	0	0	4	1	0	1	4	1	4	4	0	21	0.06
			<i>Chloephaga hybrida</i>	Caranca	2	2	2	2	0	0	4	1	0	1	4	1	4	4	0	84	0.26
			<i>Chloephaga poliocephala</i>	Canquén común	0	1	2	2	0	0	4	1	0	1	4	1	4	4	0	21	0.06
			<i>Chloephaga rubidiceps</i>	Canquén colorado	3	3	2	2	0	0	4	1	0	1	4	4	4	4	2	156	0.48
			<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	0	1	2	2	0	0	3	2	0	0	2	0	2	4	0	15	0.05
			<i>Anas georgica</i>	Pato jergón grande	0	4	2	2	0	0	4	2	0	0	2	0	2	4	0	64	0.20
	Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	1	2	2	2	0	0	4	2	0	0	4	1	2	4	0	57	0.17
	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps gallardoi</i>	Pimpollo tobiano	4	0	2	2	0	0	3	1	0	0	0	4	2	4	2	72	0.22
	Gruidiformes	Rallidae	<i>Rallus antarcticus</i>	Pidén austral	2	1	1	2	0	0	2	0	0	0	2	4	2	4	4	60	0.18
	Charadriiformes	Pluvianellidae	<i>Pluvianellus socialis</i>	Chorlo de Magallanes	3	4	2	2	0	0	2	2	0	0	4	4	2	4	4	168	0.51
		Thinorcoridae	<i>Attagis malouinus</i>	Perdicitia austral	0	3	2	2	0	0	2	1	0	2	2	3	2	4	0	54	0.16
			<i>Thinocorus orbignyianus</i>	Perdicitia cojón	0	1	2	2	0	0	3	1	0	2	2	1	2	4	0	17	0.05
			<i>Thinocorus rumicivorus</i>	Perdicitia chica	0	1	2	2	0	0	2	1	0	2	2	1	2	4	0	16	0.05
			<i>Limosa haemastica</i>	Zarapito de pico recto	2	3	2	1	0	0	3	2	0	0	4	1	4	4	2	105	0.32
		Scolopaciidae	<i>Calidris canutus</i>	Playero ártico	3	4	2	1	0	0	4	2	0	0	4	1	4	4	2	154	0.47
			<i>Calidris fuscicollis</i>	Playero de lomo blanco	0	4	2	1	0	0	2	2	0	0	4	2	4	4	0	76	0.23
			<i>Gallinago stricklandii</i>	Becacina grande	1	3	2	2	0	0	3	1	4	2	2	3	2	4	2	100	0.30
			<i>Gallinago magellanica</i>	Becacina común	0	1	2	2	0	0	2	1	4	2	2	0	2	4	0	19	0.06
		Stercorariidae	<i>Stercorarius chilensis</i>	Salteador chileno	0	1	2	1	0	0	4	1	0	0	4	0	4	4	0	18	0.05
		Laridae	<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana	0	1	3	1	0	0	3	2	0	0	2	0	4	4	0	16	0.05
			<i>Sterna hirundinacea</i>	Gaviotín sudamericano	0	4	3	1	0	0	3	2	0	0	2	0	2	4	0	56	0.17
			<i>Bubulcus ibis</i>	Garza bueyera	0	1	2	1	0	0	3	2	0	0	2	0	2	4	0	14	0.04
	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huairavo común	0	1	2	2	0	0	3	1	4	0	2	0	2	4	0	18	0.05
	Threskiornithidae	<i>Theristicus melanopus</i>	Bandurria común	0	1	2	1	3	0	4	2	0	1	2	0	4	4	0	21	0.06	
	Accipitriformes	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor	3	1	2	2	4	0	4	2	0	2	4	0	4	4	0	104	0.32
		Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila	0	3	2	1	4	0	4	1	0	2	2	0	4	4	0	66	0.20
	Strigiformes	Strigidae	<i>Buteo ventralis</i>	Aguilucho de cola rojiza	2	1	2	1	4	1	4	1	0	2	4	1	4	2	2	78	0.24
			<i>Bubo magellanicus</i>	Tucúquere	0	1	2	1	0	0	4	1	4	0	4	0	4	2	0	20	0.06
			<i>Asio flammeus</i>	Nuco	0	1	2	1	3	0	3	1	4	1	2	0	4	4	0	23	0.07
	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Traro	0	4	2	1	4	0	3	1	0	2	2	0	4	4	0	84	0.26
			<i>Falco sparverius</i>	Cernicalo	0	2	2	1	3	0	2	1	0	2	2	0	4	4	0	38	0.12
			<i>Falco femoralis</i>	Halcón perdiguero	0	1	2	1	4	1	3	1	0	2	2	0	4	4	0	22	0.07
			<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	0	1	2	1	4	1	3	1	0	2	2	0	4	4	0	22	0.07
			<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	4	0	9	0.03
Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta antarctica</i>	Minero austral	0	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	2	4	0	20	0.06	
		<i>Elania albiceps</i>	Fío-fío	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	4	0	2	0	0	8	0.02	
		<i>Lessonia rufa</i>	Colegial austral	0	4	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	4	0	36	0.11	
		<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	4	0	9	0.03	
		<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	Dormilona fraile	0	2	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	4	0	18	0.05	
		<i>Muscisaxicola maclovianus</i>	Dormilona tonita	0	2	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	4	0	18	0.05	
		<i>Muscisaxicola albilora</i>	Dormilona de ceja blanca	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	4	0	9	0.03	
		<i>Muscisaxicola capistratus</i>	Dormilona rufa	0	3	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	2	4	0	30	0.09	
		<i>Neoxolmis rufiventris</i>	Cazamoscas chocolate	0	3	1	0	0	0	2	1	0	1	0	2	2	4	0	36	0.11	
		<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	0	1	1	0	0	3	1	1	0	1	0	0	4	4	0	14	0.04	
		<i>Tachycineta leucopyga</i>	Golondrina chilena	0	1	1	0	0	3	1	1	0	1	0	0	4	4	0	14	0.04	
	Motacillidae	<i>Anthus correndera</i>	Ballarín chico común	0	1	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	2	4	0	10	0.03	
	Thraupidae	<i>Melanodera melanodera</i>	Yal austral	2	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	2	2	4	0	33	0.10	
		<i>Melanodera xanthogramma</i>	Yal cordillerano	0	3	1	0	0	0	2	1	0	1	0	1	2	4	0	33	0.10	
Mammalia	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis chiloensis</i>	Murciélago de oreja de ratón	0	1	1	1	0	3	2	2	4	2	4	0	4	4	4	30	0.09
			<i>Lasiurus varius</i>	Murciélago peludo patagónico	0	1	1	1	0	3	2	2	4	2	4	1	4	4	0	27	0.08
			<i>Histiotus magellanicus</i>	Murciélago orejón austral	1	1	1	1	0	3	2	2	4	2	4	1	4	4	0	54	0.16
			<i>Histiotus montanus</i>	Murciélago orejudo menor	0	1	1	1	0	3	2	2	4	2	4	1	4	4	0	27	0.08

El análisis de la información disponible reveló un conjunto de 10 especies con vacíos de información, que no permitieron la estimación de los puntajes de sensibilidad, las que se detallan estas especies en la Tabla 5.

Tabla 5. Listado de aves cuyos vacíos de información no permiten el cálculo de sensibilidad por especie, pese a potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes. La taxonomía sigue lo propuesto por Clements et al. (2022) para aves.

Clase **Aves**

Orden **Tinamiformes**

Familia **Tinamidae**

Género ***Eudromia***

Eudromia elegans

Orden **Anseriformes**

Familia **Anatidae**

Género ***Spatula***

Spatula platalea

Género ***Mareca***

Mareca sibilatrix

Género ***Anas***

Anas flavirostris

Orden **Accipitriformes**

Familia **Accipitridae**

Género ***Circus***

Circus cinereus

Género ***Accipiter***

Accipiter bicolor

Género ***Geranoaetus***

Geranoaetus polyosoma

Orden **Strigiformes**

Familia **Tytonidae**

Género ***Tyto***

Tyto alba

Familia **Strigidae**

Género ***Glaucidium***

Glaucidium nana

Orden **Passeriformes**

Familia **Furnariidae**

Género ***Geositta***

Geositta rufipennis

Familia **Hirundinidae**

Género ***Hirundo***

Hirundo rustica

Brechas de información

A lo largo del desarrollo del presente estudio, tanto en sus diferentes etapas, como en los procesos de validación de productos en los talleres de expertos, se identificaron una serie de brechas que se presentan a continuación:

- **Datos de distribución:** la principal brecha identificada es la escasez o baja disponibilidad de información detallada sobre la distribución y abundancia de las especies a lo largo de la región. Por ello, se propone evaluar, especie por especie, la pertinencia e idoneidad de usar modelos de distribución o de nicho como estrategia metodológica para subsanar estas brechas, particularmente para las especies con bajo número de presencias o presencias agrupadas en el espacio. Particularmente para murciélagos, existe carencia de datos de distribución geográfica, las cuatro especies presentes en la Región de Magallanes poseen menos de 100 registros. Se sugiere el diseño e implementación de una estrategia de generación de datos de distribución de estas especies, idealmente tomando en cuenta las variaciones estacionales, particularmente para especies migratorias.
- **Categorías de conservación:** una de las variables críticas del índice de sensibilidad es la categoría de conservación de la especie objetivo. Dado que para muchas aves chilenas estas categorías aún no están disponibles, se sugiere priorizar la categorización del estado de conservación de las especies de Magallanes. En ese contexto, grupos de aves como los Passeriformes y Charadriiformes deben ser prioritarios, a fin de mejorar la base de conocimiento con la cual se evalúan índices de sensibilidad para estas especies.
- **Proporción biogeográfica de la población:** Las estimaciones poblacionales se actualizan a medida que se cuenta con mejor información de censos poblacionales o estimaciones de abundancia relativa. En el caso de especies amenazadas y con mayores esfuerzos de muestreo como *C. rubidiceps*, *C. canutus* y *P. socialis* se contó con estimaciones o censos poblacionales locales. Para otras especies que han sido estudiadas mediante el análisis de datos de eBird, se utilizaron estimaciones de abundancia relativa, modeladas en base a datos de presencias y ausencias controlados por el esfuerzo de muestreo. Se debe considerar que las estimaciones utilizadas en la estimación de sensibilidad son los datos más actualizados disponibles, pero para especies amenazadas, estas estimaciones podrían cambiar en el corto plazo. Esto sugiere el desarrollo de monitoreos poblacionales que permitan contar con información de base para el desarrollo de modelos de distribución más exigentes.

- **Tasa de sobrevivencia anual:** En este estudio se obtiene desde trabajo de Scholer (2020) y se estandariza valor para grupos taxonómicos que no presentan tanto detalle, e.g. el mismo valor para Accipitriformes o rapaces diurnos. Pero en la medida que se genere nueva información para las especies de aves y murciélagos de Chile, estos valores se pueden actualizar en la base de datos del índice de sensibilidad.
- **Murciélagos:** En aquellas especies que suelen formar colonias, como son las del género *Myotis* e *Histiotus*, el vuelo en grupo se observa frecuentemente al momento de abandonar el refugio. Después suelen forrajear de forma individual o en grupos muy pequeños. En el caso de *Lasiurus varius*, ésta suele ser una especie solitaria (no forma colonias) por lo tanto, el vuelo en grupo difícilmente se observe salvo que la especie mostrara algún comportamiento migratorio, de lo cual no se tiene conocimiento a la fecha. Se requiere levantar información de historia natural de murciélagos en Magallanes.
- **Tecnología:** Se requieren estudios con un importante componente tecnológico que permitan estudiar aspectos poco conocidos para las aves y murciélagos de Magallanes, como su migración. Existe una iniciativa de los Ministerios de Energía y Medio Ambiente para mejorar los estándares de evaluación ambiental, para que efectivamente evalúen los impactos ambientales en términos de migración y áreas de concentración. Esta iniciativa propone el uso de tecnologías para estudiar patrones de movimiento, información que a futuro se puede utilizar en el desarrollo de nuevos mapas de sensibilidad.

Producto 4. Mapa de sensibilidad que dé cuenta de las zonas con mayor o menor nivel de sensibilidad de cada especie seleccionada frente a la presencia de proyectos eólicos e infraestructura asociada, validado en un ‘focus group’ de especialistas. El formato es un reporte con archivos ‘shapes’ territoriales. Además, se generarán mapas ráster para resumir la información a nivel taxonómico y funcional.

Modelamiento de distribución de especies

Registros de presencia

Tras el procesamiento de datos, se obtuvieron un total de 141472 presencias de aves y 79 presencias de murciélagos. Para cada una de estos dos conjuntos de datos de presencia se generaron 10 000 puntos de entorno, que permiten describir la variabilidad ambiental mediante una muestra de referencia. Los puntos de entorno se generaron de manera que sus coordenadas se encontraran distribuidas al azar a lo largo de la extensión geográfica correspondiente. En las Figuras 19 y 20 se ilustra la distribución geográfica de las presencias y puntos de entorno para aves y murciélagos respectivamente.

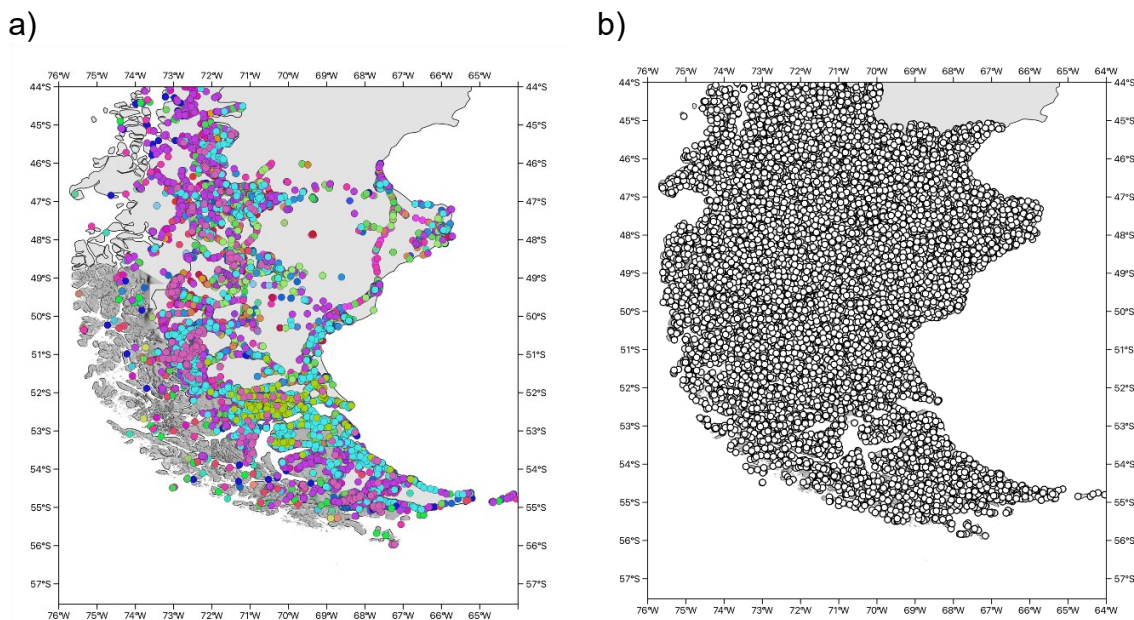
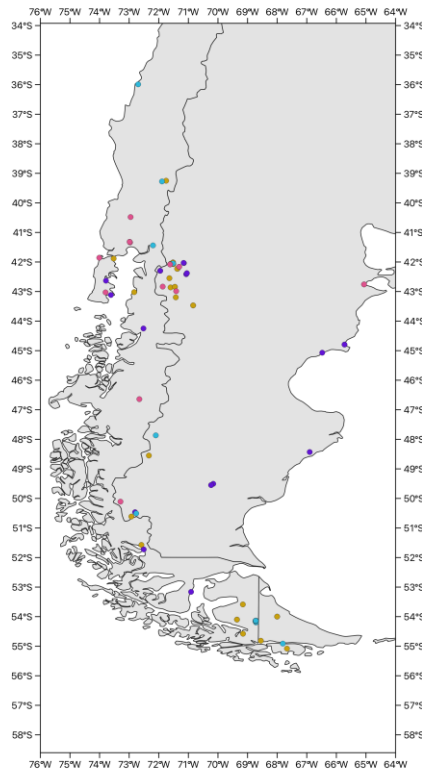


Figura 19. Distribución geográfica de los puntos de presencia y entorno utilizados para el modelamiento de distribución de aves. La figura ilustra a) Los 141472 puntos de presencia para las 53 especies de aves, con una paleta de colores aleatoria. b) Los 10 000 puntos de entorno seleccionados al azar a lo largo del área geográfica seleccionada, usando un buffer de 50 km alrededor de cada punto de presencia. Cartografía elaborada usando una proyección WGS 1984.

a)



b)

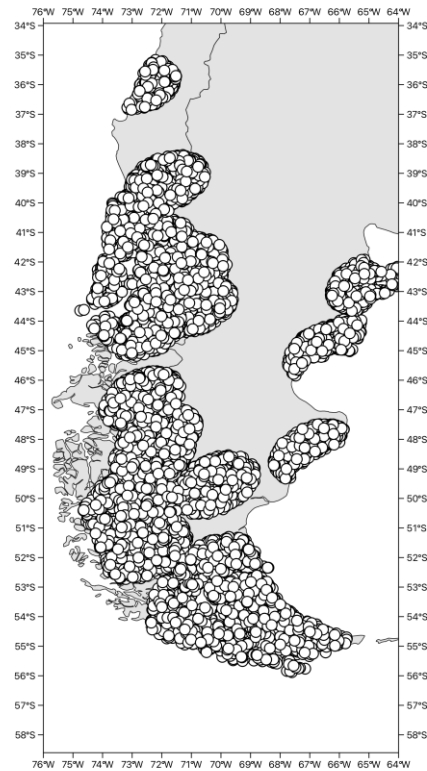


Figura 20. Distribución geográfica de los puntos de presencia y entorno utilizados para el modelamiento de distribución de aves. La figura ilustra a) Los 79 puntos de presencia para las 4 especies de murciélagos, con una paleta de colores aleatoria. b) Los 10 000 puntos de entorno seleccionados al azar a lo largo del área geográfica seleccionada, usando un buffer de 50 km alrededor de cada punto de presencia. Cartografía elaborada usando una proyección WGS 1984.

Bondad de ajuste y selección de conjunto de predictores

Este conjunto de datos permitió el ajuste de modelos de distribución de especies, usando los cuatro conjuntos de datos: Full, VIF_{Full} , MMA y VIF_{MMA} , que cuentan con 20, 8, 4 y 3 predictores respectivamente. Para determinar cuál de estos sets de datos presentaban mayor ajuste y parsimonia (i.e. menor número de variables), se examinó el valor medio del estadístico AUC, evaluado a través de los conjuntos de validación cruzada (5 y 3 para aves y murciélagos respectivamente). En la Figura 21 se muestra la variación en AUC medio (media \pm 1 desviación estándar) en función del número de predictores ambientales.

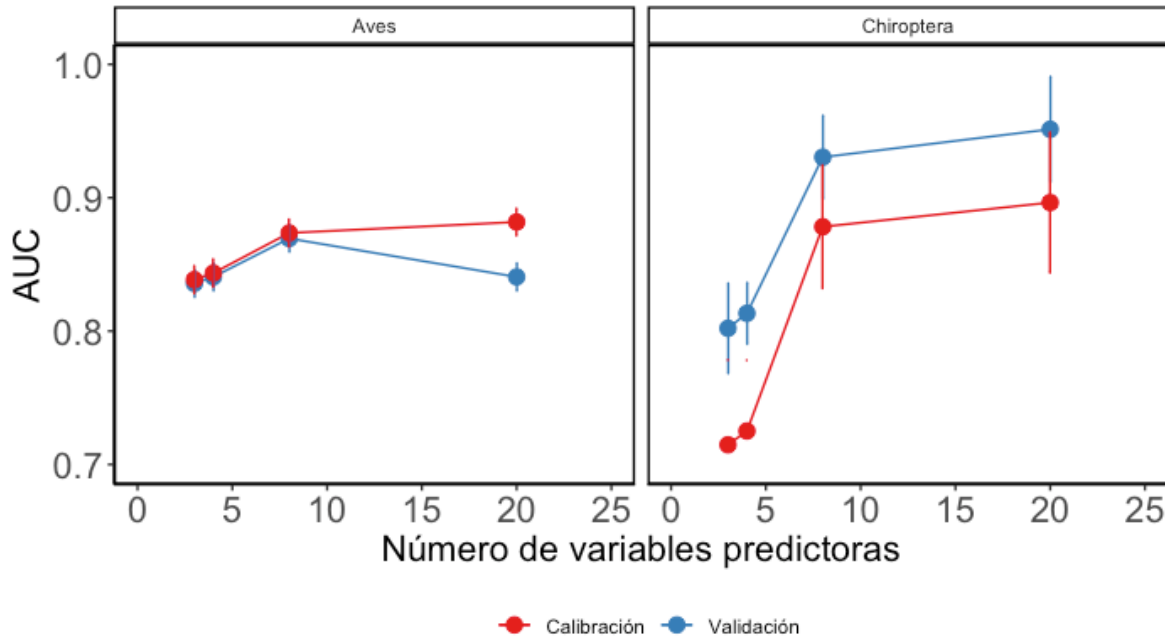


Figura 21. Variación del valor medio del estadístico AUC en función del número de predictores ambientales. Se ilustra el valor medio observado (media \pm 1 desviación estándar) calculado para los conjuntos de calibración (círculos rojos) y entrenamiento (círculos azules), donde $n=5$ y $n=3$ para aves y murciélagos respectivamente. En los paneles de la izquierda y derecha se muestran los resultados para aves y murciélagos respectivamente

En general, se observa un buen a muy buen desempeño de los modelos ajustados. En el caso de las aves, el AUC de validación para el set de datos VIF_{Full} fue el que presentó valores óptimos en los conjuntos de validación, tomando valores entre 0.72 y 0.99. Se destaca que este grupo de modelos presenta en su mayoría ajustes buenos a excelentes, siendo el Caiquén la única excepción (AUC = 0.69). Por otra parte, en el caso de los murciélagos, el AUC medio para los conjuntos de validación o prueba, en este mismo conjunto de datos toma valores entre 0.83 y 0.92. Si bien el valor más alto se observa para el modelo con todas las variables predictoras, se privilegió el uso del conjunto VIF_{Full}, por su mayor parsimonia.

Una vez seleccionado el conjunto de modelos a utilizar, se procedió a proyectar estos modelos a la Región de Magallanes, utilizando la librería R *rmaxent*. En las figuras 22 a 25 se ilustran los modelos de distribución de especies para las aves *Chloephaga rubidiceps* y *Calidris canutus*, así como para los murciélagos *Histiotus magellanicus* y *Myotis chiloensis* respectivamente.

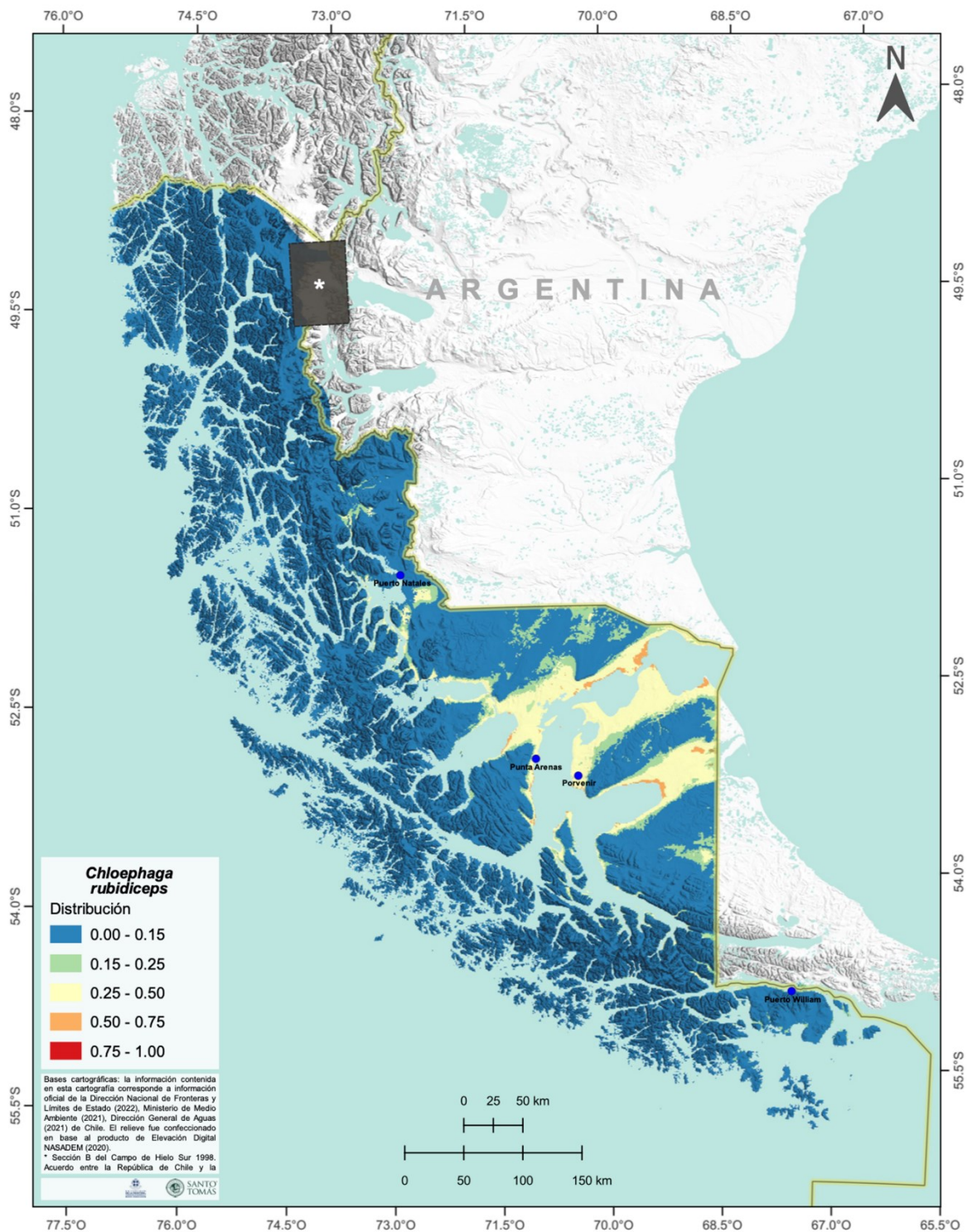


Figura 22. Distribución espacial del Canquén colorado, *Chloephaga rubidiceps* en la Región de Magallanes. La figura muestra el patrón de distribución espacial para la probabilidad de observar la especie en una escala *Cloglog*. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

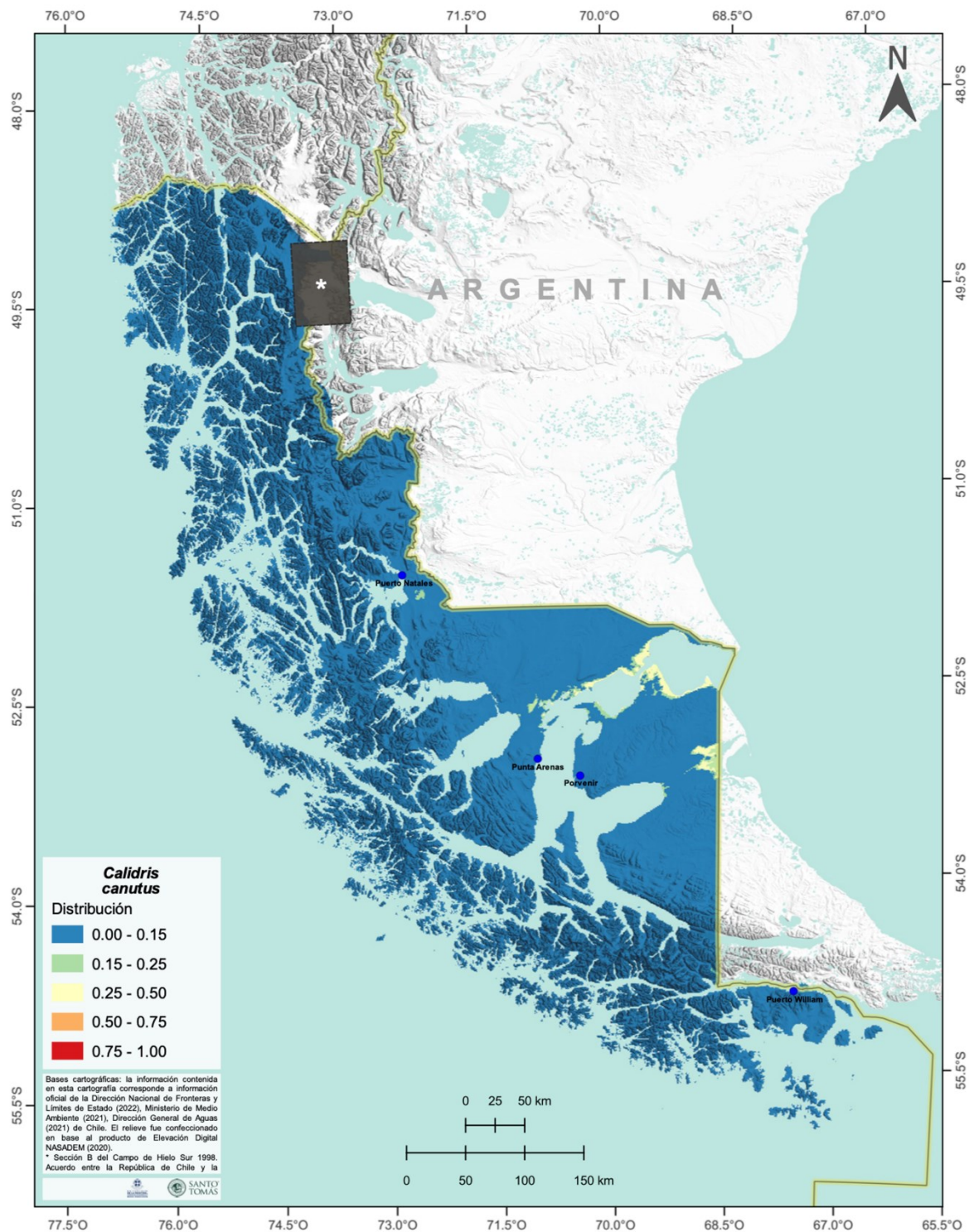


Figura 23. Distribución espacial del Playero ártico, *Calidris canutus* en la Región de Magallanes. La figura muestra el patrón de distribución espacial para la probabilidad de observar la especie en una escala *Cloglog*. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

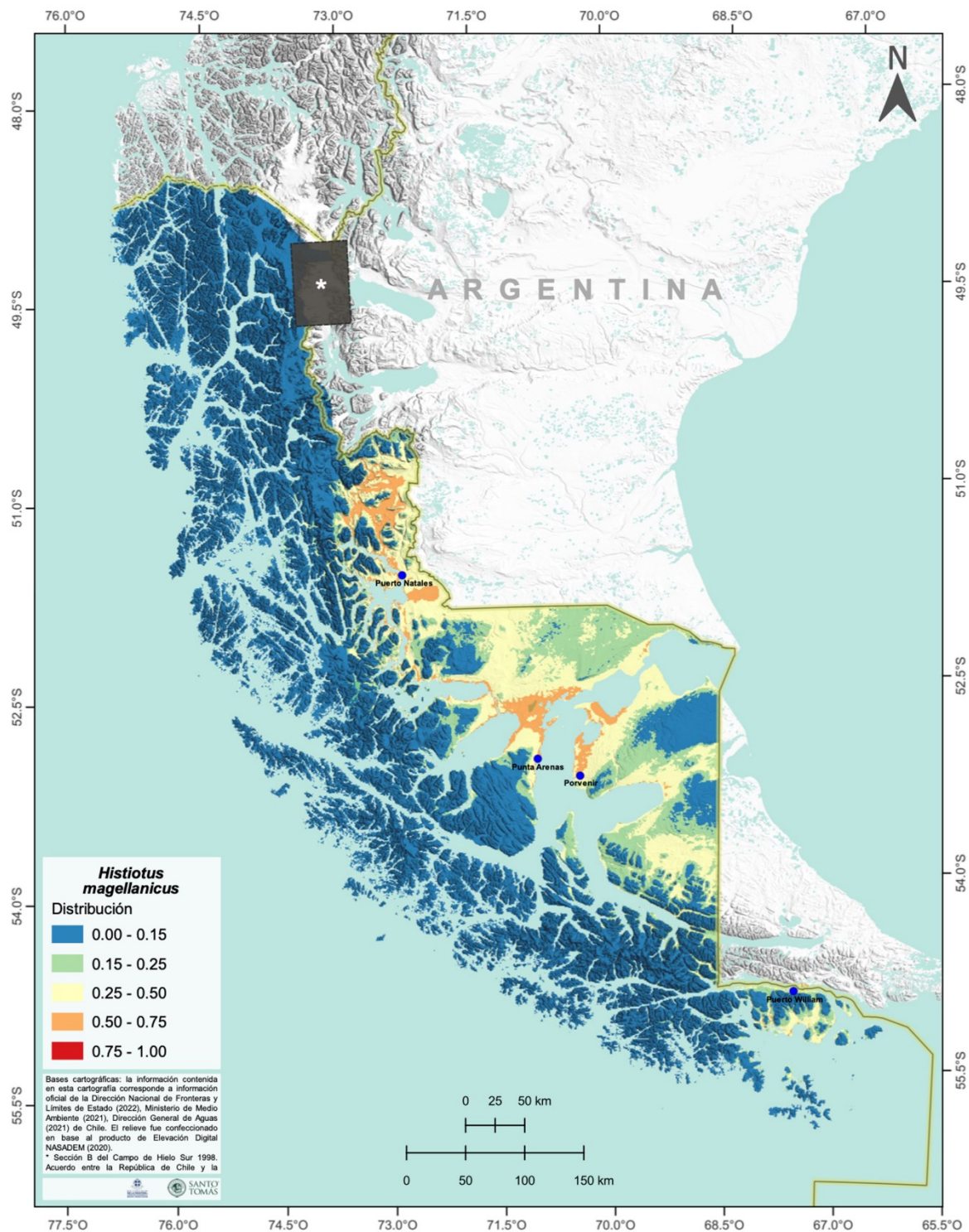


Figura 24. Distribución espacial del Murciélago orejón austral, *Histiotus magellanicus* en la Región de Magallanes. La figura muestra el patrón de distribución espacial para la probabilidad de observar la especie en una escala *Cloglog*. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

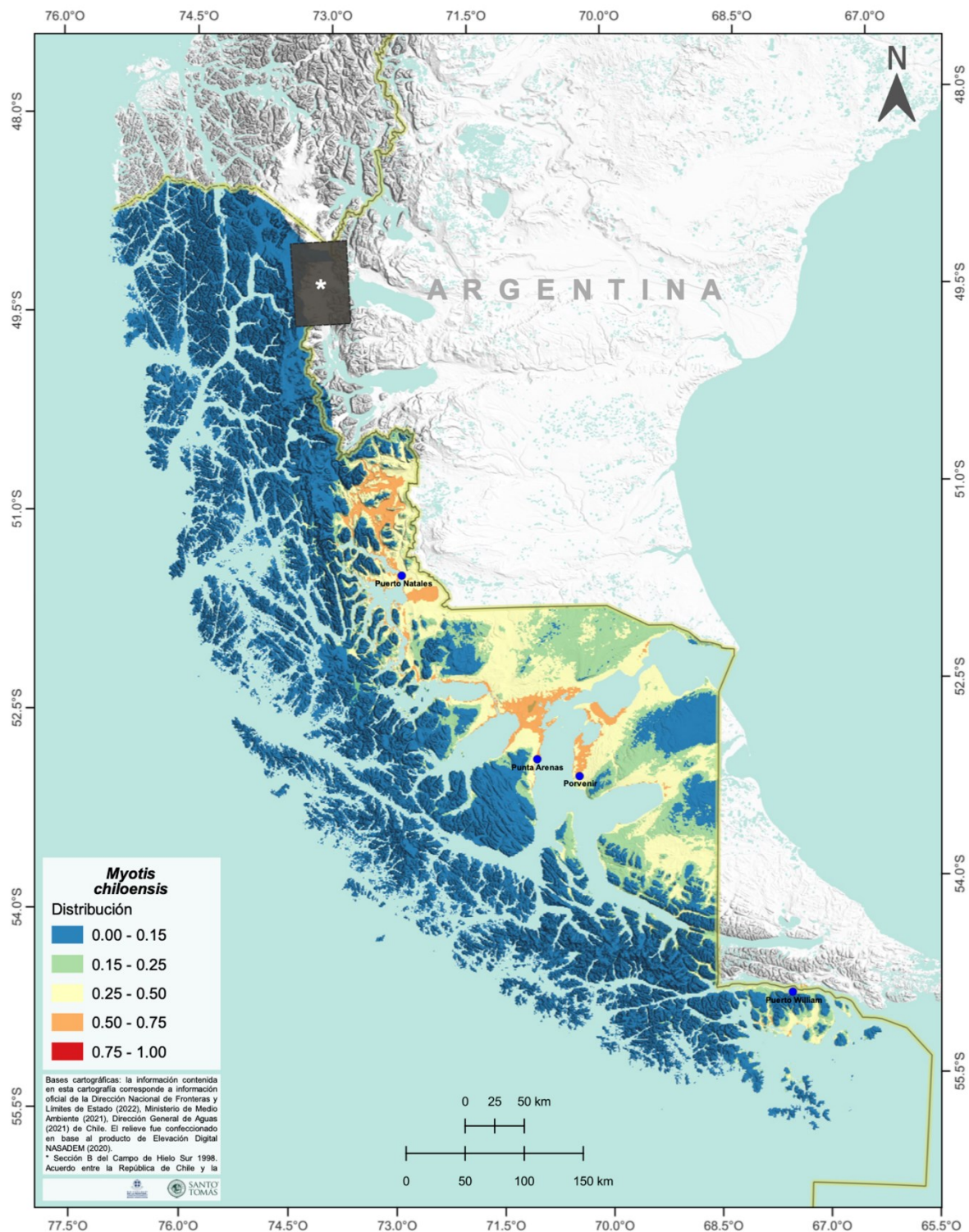


Figura 25. Distribución espacial del Murciélago oreja de ratón, *Myotis chiloensis* en la Región de Magallanes. La figura muestra el patrón de distribución espacial para la probabilidad de observar la especie en una escala *Cloglog*. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

Una vez ajustados los modelos de distribución, estos permitieron estimar el área de presencia para todas las especies, y la suma de estas áreas permite obtener los mapas de riqueza de especies correspondientes a distintos grupos de especies. En las Figuras 26, 27 y 28 se presenta la cartografía del patrón espacial de riqueza de especies para el total de especies, aves y murciélagos. El conjunto de cartografías de los modelos de distribución en formato pdf se entregan en un archivo comprimido, en el Anexo IV "Cartografías de la distribución geográfica de las especies de aves con alguna categoría de conservación, así como las cuatro especies de murciélagos". De igual manera, en el Anexo V "Cartografías de patrones de riqueza de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes" se entrega el conjunto de cartografías en formato pdf para la riqueza agregadas a través de estos tres niveles.

Finalmente, conforme a lo indicado en la metodología, se procedió a elaborar un conjunto de mapas de sensibilidad que integran las especies vulnerables que puedan verse afectados por el desarrollo de la generación de energía eólica. Para ello, se utilizó el Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, $NSSI_{max}$, que representa el valor máximo de sensibilidad observado para las especies presentes en cada pixel. De esta manera, los mapas de sensibilidad modifican la metodología propuesta inicialmente por McGuinness et al. (2015), acotando el rango de valores posibles para cada especie, lo que facilita la comparación entre conjuntos de especies y facilita la toma de decisiones. Adicionalmente, el uso del máximo local para estimación de la sensibilidad en cada pixel permite que la priorización espacial refleje las categorías de sensibilidad de las especies amenazadas, independientemente de la riqueza local o la distribución de valores de sensibilidad de especies observadas en cada pixel. De esta manera, los mapas de sensibilidad generados utilizan un criterio conservador, que otorga prioridad a la presencia de especies sensibles, conforme al principio precautorio. Esto es relevante, dada la presencia de vacíos de conocimiento en varios de los atributos de muchas de las especies analizadas. Las Figuras 29 a 31 presentan la cartografía del patrón espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, $NSSI_{max}$ total de especies, para aves y para murciélagos respectivamente, y las Figuras 32 y 33 la cartografía correspondiente al valor de $NSSI_{max}$ más frecuente por comunas. Este último corresponde al valor de $NSSI_{max}$ con mayor frecuencia a través de todos los pixeles presentes en cada comuna. Vale decir, para cada comuna se calculó el valor modal de la variable $NSSI_{max}$.

Al igual que en el caso de las cartografías digitales para los modelos de distribución de especies y la riqueza de especies, en el Anexo VI "Cartografías de patrones de Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes" se entrega el conjunto de cartografías en formato pdf para la riqueza agregadas a través de estos tres niveles. En la Tabla 6 se entregan los resultados del modelamiento de distribución y análisis de sensibilidad.

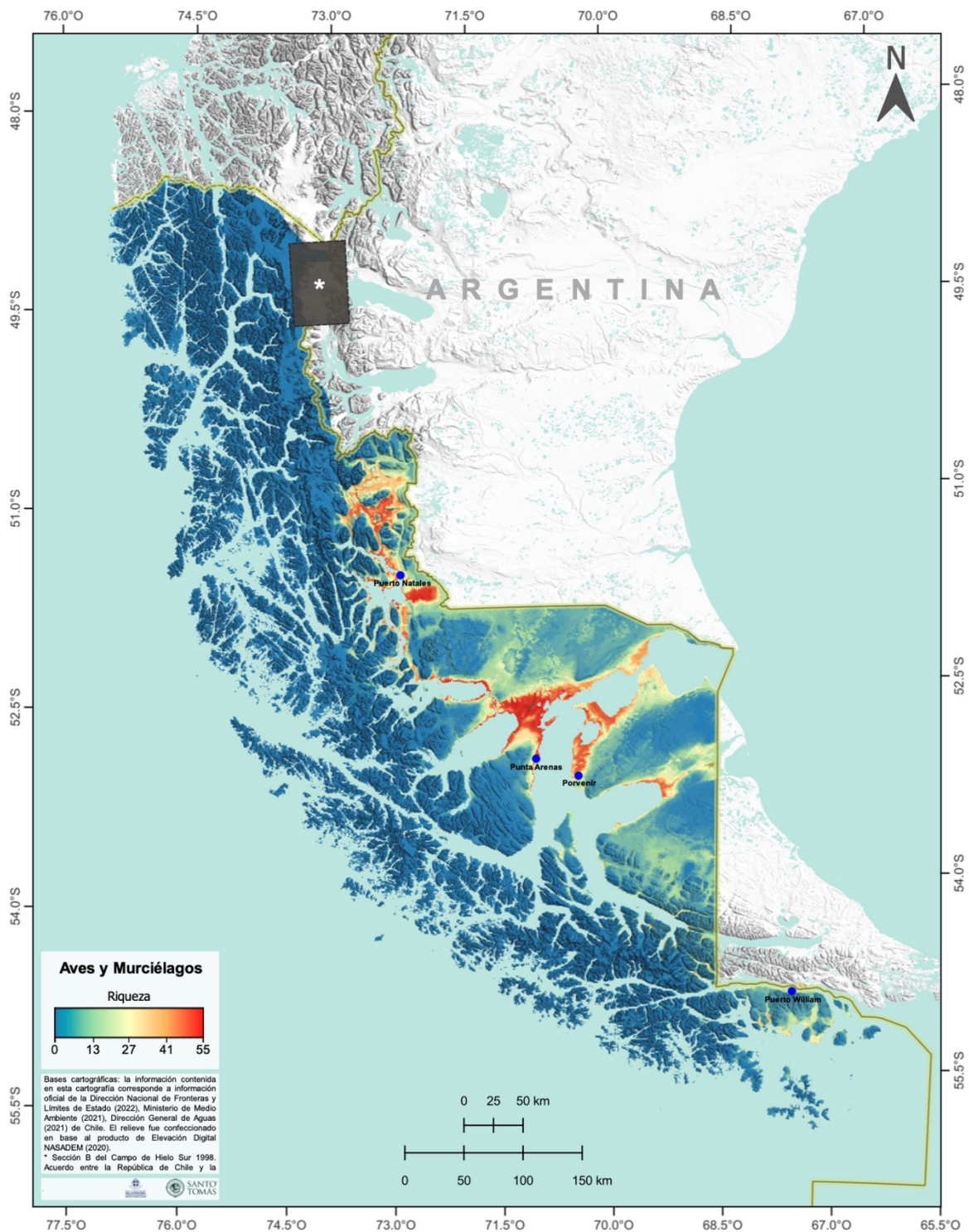


Figura 26. Distribución espacial de la riqueza de Aves y Murciélagos en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

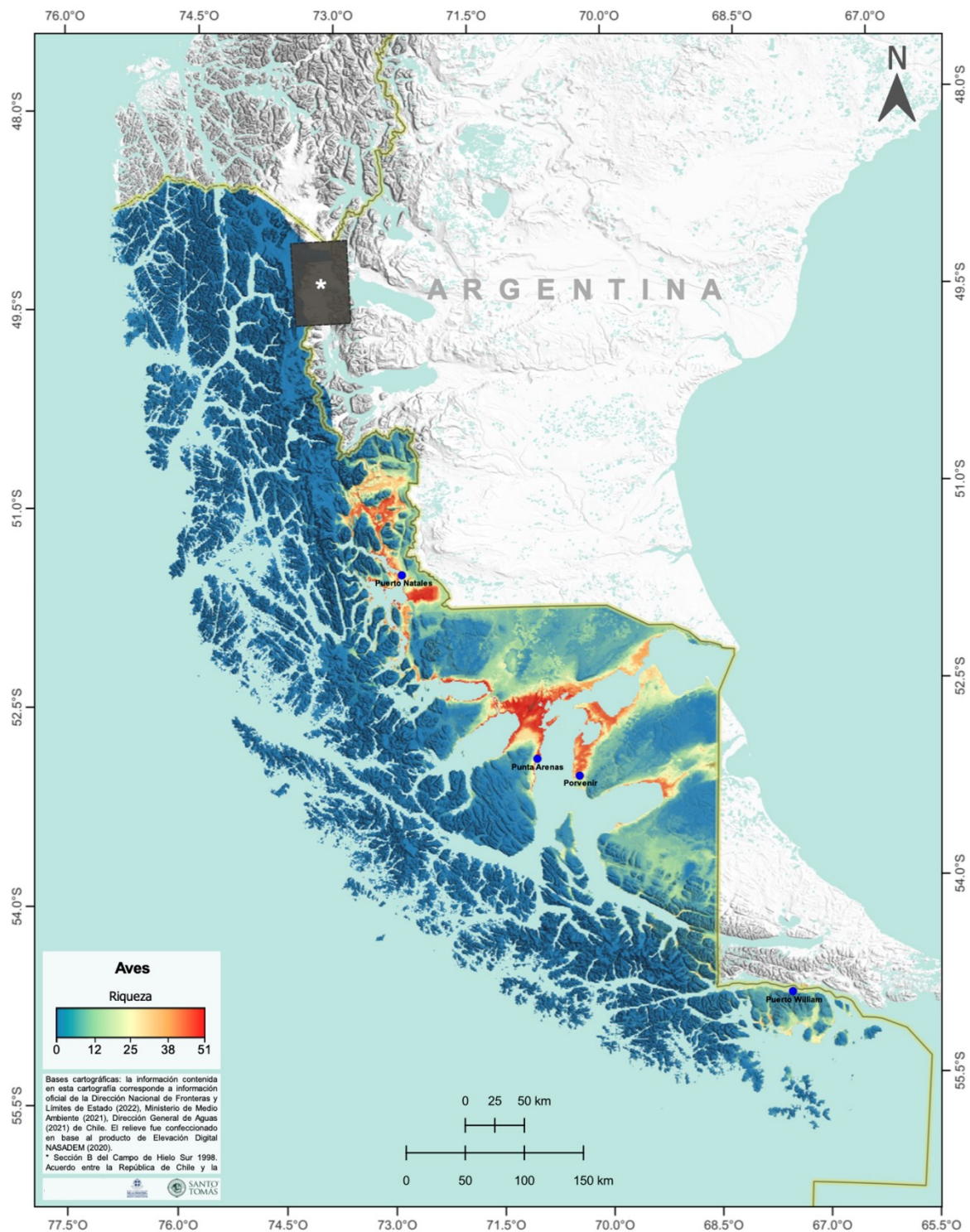


Figura 27. Distribución espacial de la riqueza de Aves en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

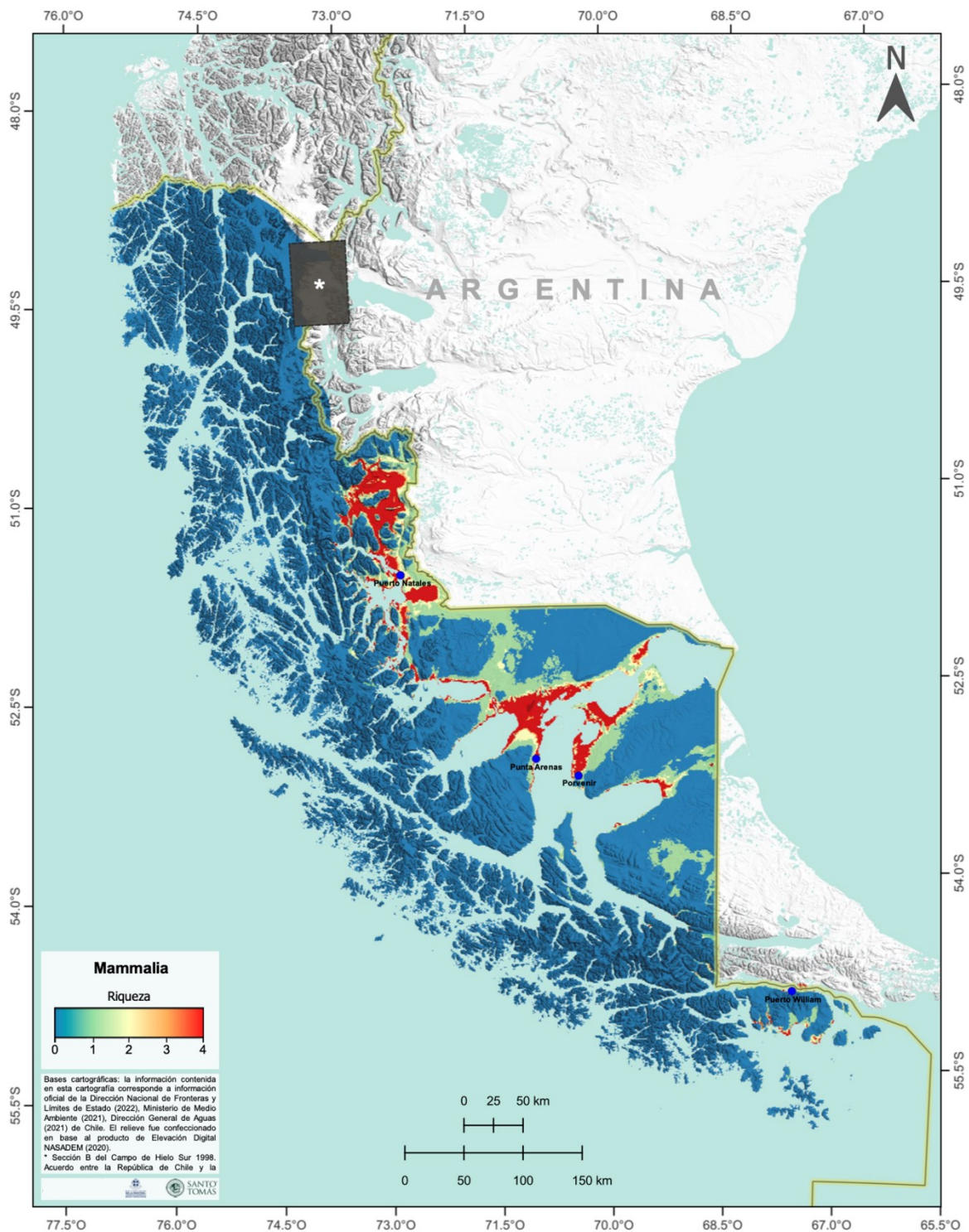


Figura 28. Distribución espacial de la riqueza de Murciélagos en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

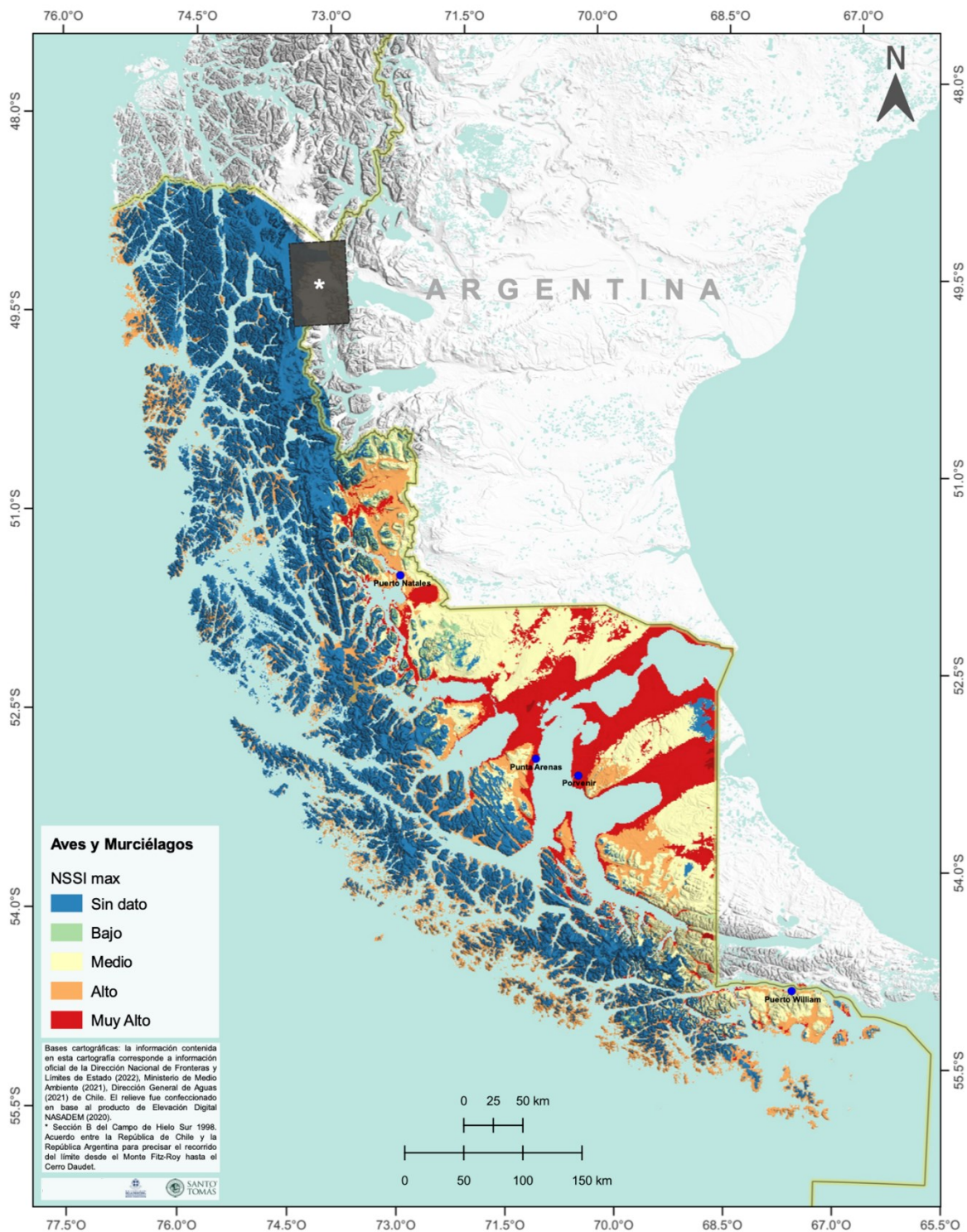


Figura 29. Distribución espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, NSSI_{max} para Aves y Murciélagos en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

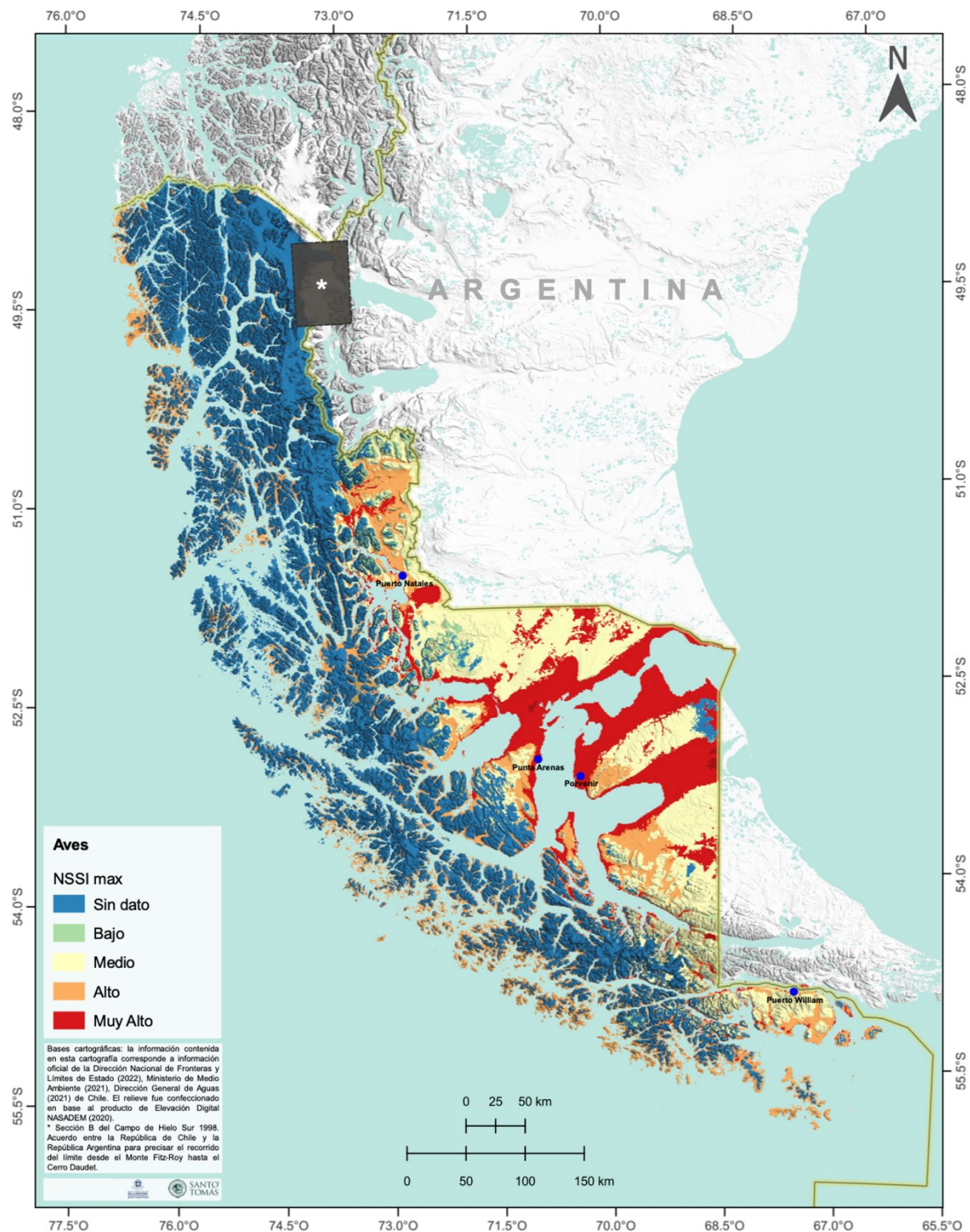


Figura 30. Distribución espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, $NSSI_{max}$ para Aves en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

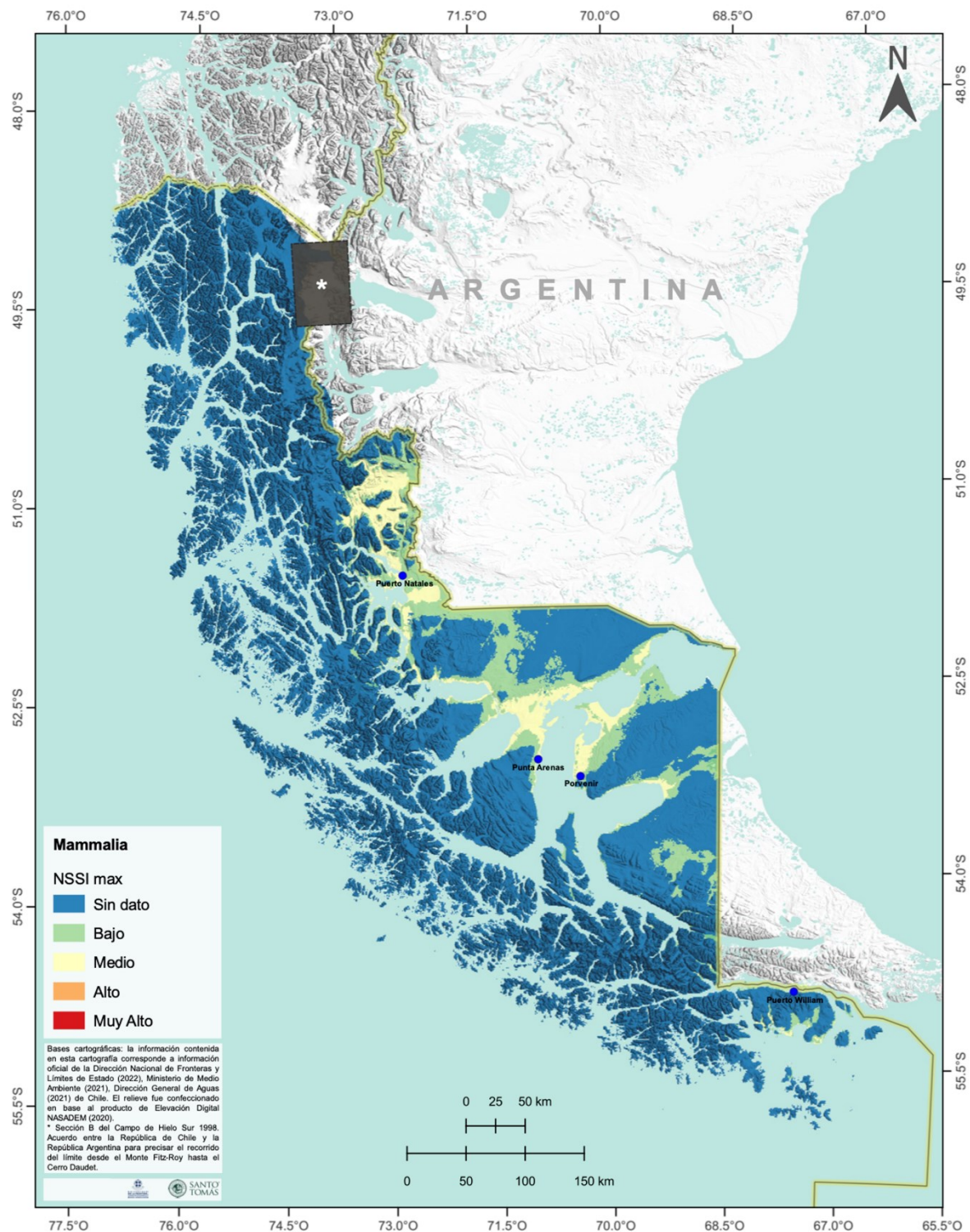


Figura 31. Distribución espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, $NSSI_{max}$ para Murciélagos en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL.

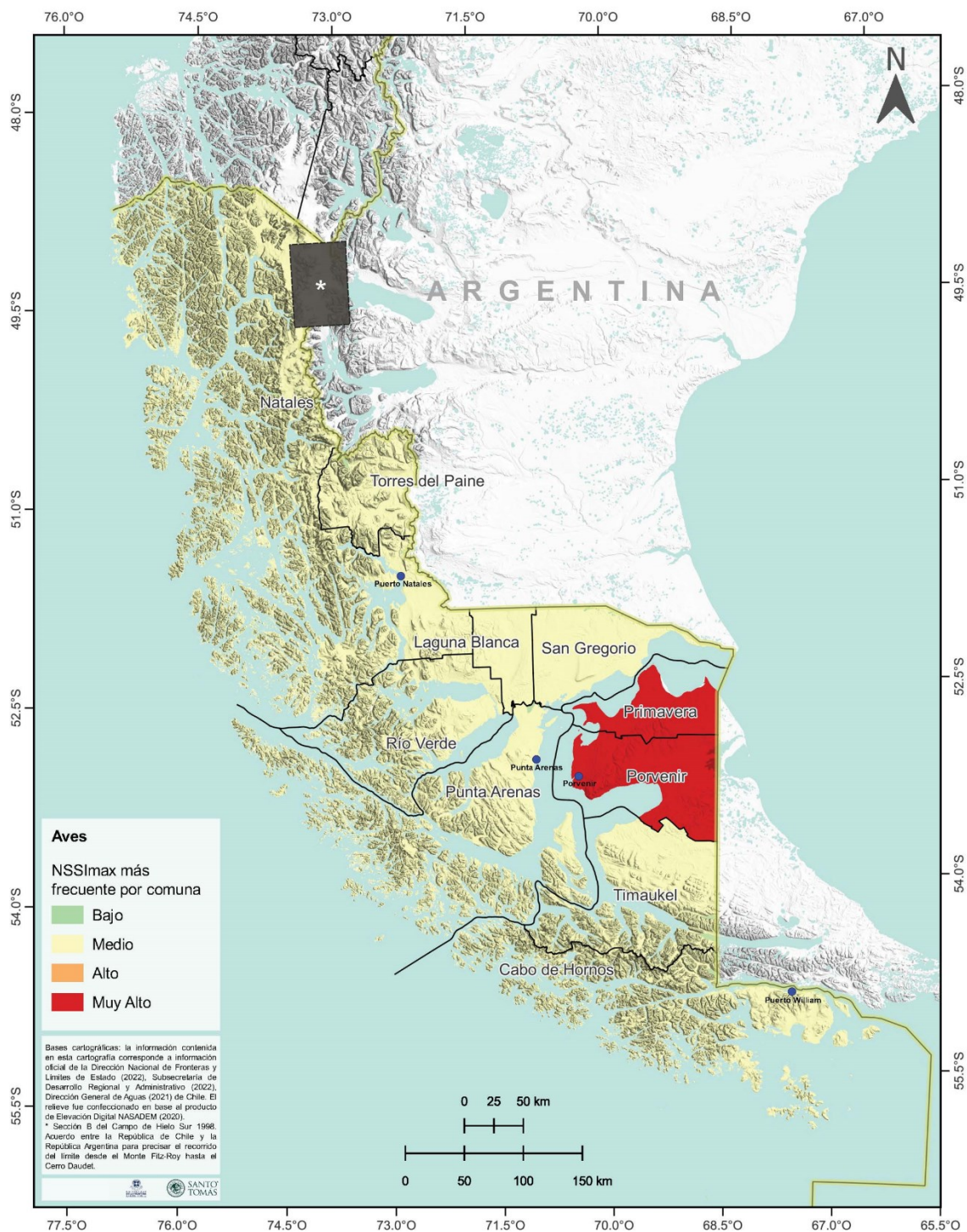


Figura 32. Distribución espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, NSSI_{max} más frecuente para Aves por comunas en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Se ilustra el valor de NSSI_{max} que presenta la mayor frecuencia a través de todos los pixeles presentes en cada comuna, vale decir el valor modal de esta variable para cada comuna.

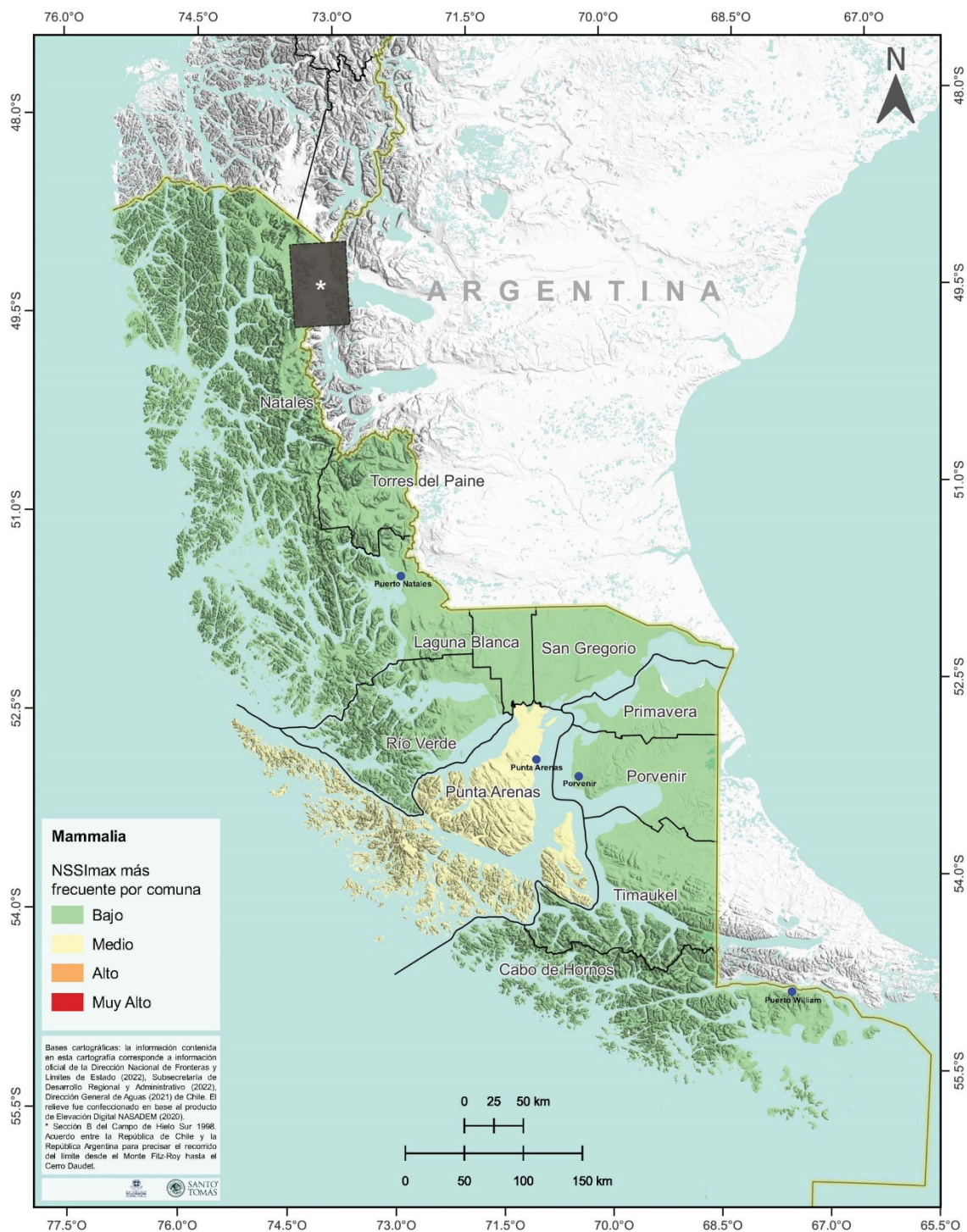


Figura 33. Distribución espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, NSSI_{max} más frecuente para Murciélagos por comunas en la Región de Magallanes. Se ilustran como referencias los límites regional e internacional entregados por la DIFROL. Se ilustra el valor de NSSI_{max} que presenta la mayor frecuencia a través de todos los pixeles presentes en cada comuna, vale decir el valor modal de esta variable para cada comuna.

Tabla 6. Tabla resumen del índice de sensibilidad normalizado, presencias y ajustes de los modelos de distribución de las especies objetivo.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Sensibilidad		Presencias	AUC		MSS
					SSS	NSSI _{max}		Calibración	Validación	
Aves	Rheiformes	Rheidae	<i>Rhea pennata</i>	Suri/Ñandú	60	0.18	2726	0.84±0.001	0.83±0.0052	0.39±0.016
	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Tinamotis ingoufi</i>	Perdiz austral	26	0.08	249	0.91±0.0022	0.89±0.0114	0.25±0.047
	Anseriformes	Anatidae	<i>Cygnus melanocoryphus</i>	Cisne de cuello negro	51	0.16	4418	0.81±0.0002	0.81±0.0024	0.45±0.038
			<i>Coscoroba coscoroba</i>	Cisne coscoroba	64	0.20	4077	0.83±0.0008	0.83±0.0051	0.41±0.019
			<i>Chloephaga picta</i>	Caiquén	21	0.06	15126	0.68±0.0001	0.68±0.005	0.52±0.038
			<i>Chloephaga hybrida</i>	Caranca	84	0.26	670	0.96±0.001	0.96±0.0062	0.23±0.058
			<i>Chloephaga poliocephala</i>	Canquén común	21	0.06	4039	0.82±0.001	0.82±0.0063	0.43±0.051
			<i>Chloephaga rubidiceps</i>	Canquén colorado	156	0.48	627	0.96±0.0003	0.96±0.0025	0.15±0.022
			<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato juarjual	15	0.05	9243	0.75±0.0004	0.75±0.0054	0.48±0.04
			<i>Anas georgica</i>	Pato jergón grande	64	0.20	3239	0.83±0.0005	0.82±0.002	0.43±0.021
	Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco chileno	57	0.17	3015	0.84±0.0009	0.84±0.0074	0.41±0.046
	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps gallardoi</i>	Pimpollo tobiano	72	0.22	854	0.95±0.0012	0.94±0.0061	0.24±0.029
	Gruiformes	Rallidae	<i>Rallus antarcticus</i>	Pidén austral	60	0.18	136	0.97±0.0032	0.96±0.0179	0.18±0.018
	Charadriiformes	Pluvianellidae	<i>Pluvianellus socialis</i>	Chorlo de Magallanes	168	0.51	400	0.95±0.0013	0.95±0.0042	0.3±0.102
		Thinorcoridae	<i>Attagis malouinus</i>	Perdicitia austral	54	0.16	456	0.9±0.0035	0.89±0.0199	0.27±0.096
			<i>Thinocorus orbignyianus</i>	Perdicitia cojón	17	0.05	591	0.92±0.001	0.92±0.004	0.25±0.08
			<i>Thinocorus rumicivorus</i>	Perdicitia chica	16	0.05	3374	0.82±0.0008	0.82±0.0091	0.45±0.064
		Scolopacidae	<i>Limosa haemastica</i>	Zarapito de pico recto	105	0.32	584	0.96±0.0016	0.96±0.0113	0.13±0.035
			<i>Calidris canutus</i>	Playero ártico	154	0.47	119	0.99±0.0002	0.99±0.0019	0.09±0.109
			<i>Calidris fuscicollis</i>	Playero de lomo blanco	76	0.23	2048	0.9±0.0003	0.9±0.0034	0.3±0.028
			<i>Gallinago stricklandii</i>	Becacina grande	100	0.30	50	0.98±0.0026	0.97±0.01	0.23±0.103
			<i>Gallinago magellanica</i>	Becacina común	19	0.06	1505	0.88±0.001	0.87±0.0076	0.3±0.062
		Sternorariidae	<i>Sternorarius chilensis</i>	Salteador chileno	18	0.05	2080	0.9±0.0007	0.9±0.0034	0.27±0.082
			<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana	16	0.05	9295	0.75±0.0003	0.75±0.0019	0.43±0.021
	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Sterna hirundinacea</i>	Gaviotín sudamericano	56	0.17	1937	0.9±0.0008	0.9±0.0049	0.27±0.015
			<i>Bubulcus ibis</i>	Garza bueyera	14	0.04	505	0.94±0.0023	0.93±0.0141	0.21±0.083
		Threskiornithidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huairavo común	18	0.05	966	0.91±0.0023	0.9±0.0095	0.29±0.057
			<i>Theristicus melanopsis</i>	Bandurria común	21	0.06	7729	0.75±0.0002	0.75±0.0045	0.51±0.014
			<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor	104	0.32	3242	0.83±0.0006	0.83±0.0058	0.13±0.07
	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i>	Peququito	69	0.21	420	0.93±0.0039	0.92±0.0132	0.3±0.063
			<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila	66	0.20	5170	0.79±0.0009	0.79±0.0063	0.49±0.048
			<i>Buteo ventralis</i>	Aguilucho de cola rojiza	78	0.24	146	0.95±0.0032	0.94±0.0158	0.13±0.07
			<i>Bubo magellanicus</i>	Tucúquere	20	0.06	476	0.9±0.0058	0.89±0.0256	0.39±0.023
	Strigiformes	Strigidae	<i>Asio flammeus</i>	Nuco	23	0.07	332	0.96±0.0022	0.95±0.0118	0.24±0.065
	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Traro	84	0.26	10486	0.72±0.0004	0.72±0.0045	0.48±0.035
			<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo	38	0.12	2520	0.85±0.0013	0.85±0.0092	0.43±0.028
			<i>Falco femoralis</i>	Halcón perdiguero	22	0.07	1492	0.87±0.0009	0.86±0.0042	0.39±0.036
			<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	22	0.07	823	0.9±0.0018	0.89±0.012	0.3±0.031
			<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común	9	0.03	1335	0.88±0.0024	0.88±0.014	0.3±0.111
	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta antarctica</i>	Minero austral	20	0.06	1351	0.9±0.0021	0.9±0.0147	0.33±0.066
			<i>Elaenia albiceps</i>	Fío-fío	8	0.02	4485	0.81±0.0006	0.81±0.0053	0.4±0.025
		Tyrannidae	<i>Lessonia rufa</i>	Colegial austral	36	0.11	8649	0.74±0.0006	0.74±0.005	0.47±0.02
			<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	9	0.03	453	0.9±0.0023	0.89±0.0062	0.44±0.107
			<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	Dormilona fraile	18	0.05	574	0.94±0.0013	0.93±0.0067	0.3±0.101
			<i>Muscisaxicola maclovianus</i>	Dormilona tontita	18	0.05	2329	0.84±0.0019	0.84±0.0072	0.4±0.072
			<i>Muscisaxicola albilora</i>	Dormilona de ceja blanca	9	0.03	445	0.94±0.0013	0.94±0.0069	0.24±0.062
			<i>Muscisaxicola capistratus</i>	Dormilona rufa	30	0.09	2012	0.86±0.0006	0.86±0.0032	0.38±0.033
			<i>Neoxalmis rufiventris</i>	Cazamoscas chocolate	36	0.11	1665	0.87±0.0012	0.87±0.0045	0.4±0.04
			<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro	14	0.04	1474	0.86±0.0018	0.85±0.0106	0.37±0.038
		Hirundinidae	<i>Tachycineta leucopyga</i>	Golondrina chilena	14	0.04	6810	0.76±0.0009	0.76±0.0074	0.46±0.018
		Motacillidae	<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico común	10	0.03	3428	0.84±0.0011	0.84±0.0077	0.46±0.042
		Thraupidae	<i>Melanodera melanodera</i>	Yal austral	33	0.10	585	0.96±0.0003	0.96±0.003	0.19±0.079
			<i>Melanodera xanthogramma</i>	Yal cordillerano	33	0.10	712	0.9±0.0015	0.9±0.0098	0.34±0.056

Los mapas representados en las Figuras 29 a 31 representa para cada pixel el puntaje máximo de sensibilidad normalizada, reflejando las categorías de sensibilidad de las especies más amenazadas en cada pixel. Por el contrario, los mapas representados en las Figuras 32 y 33 muestran la distribución espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, NSSI_{max} más frecuente por comunas en la Región de Magallanes, para Aves y Murciélagos respectivamente.

En la Figura 34 y la Tabla 7 se describe la variación en superficie de cada uno de los niveles de sensibilidad a través de las 10 comunas presentes en el área de estudio

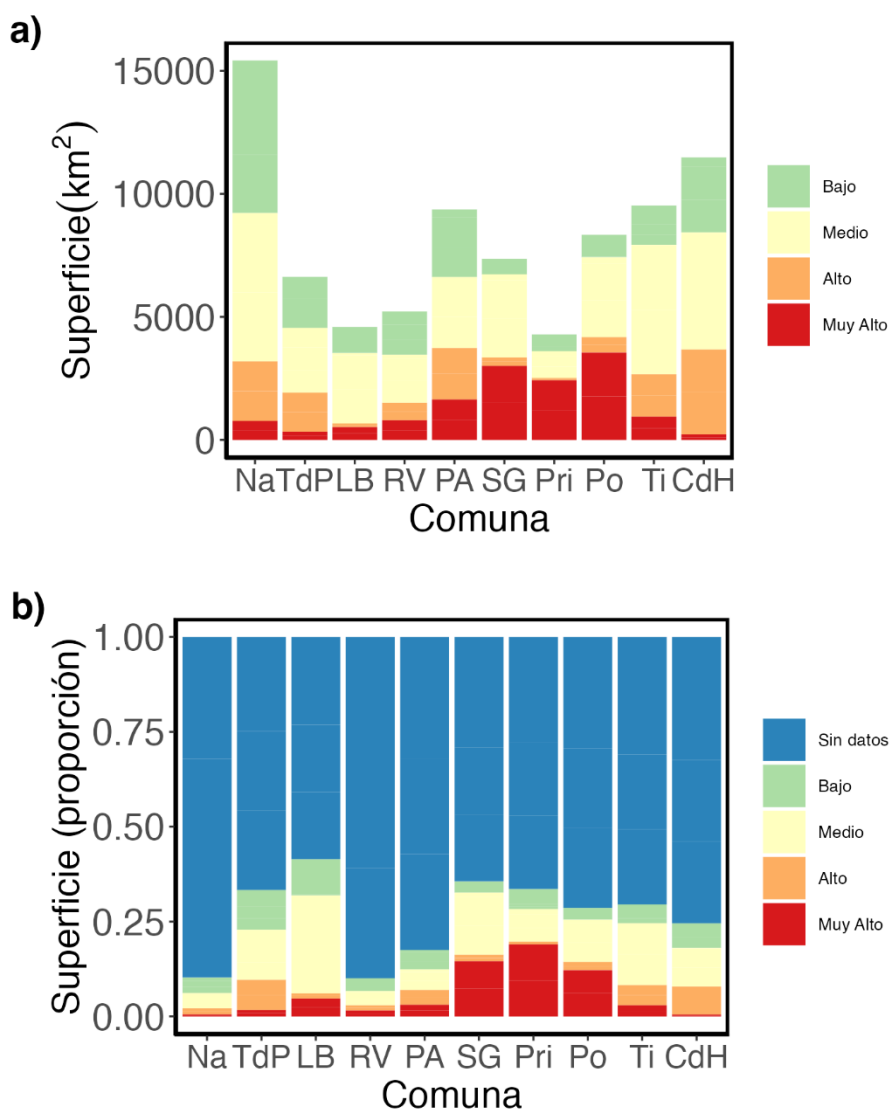


Figura 34. Superficie para las distintas categorías del Índice Normalizado Máximo de Sensibilidad de Especies, $NSSI_{max}$ para Aves y Murciélagos en la Región de Magallanes. Se ilustran a) la superficie en (medida en km²) y b) la proporción de la superficie de la comuna correspondiente a las distintas categorías. Se ordenan las comunas siguiendo su orden latitudinal de norte a sur.

Tabla 7. Superficie para las distintas categorías del Índice Normalizado Máximo de Sensibilidad de Especies, $NSSI_{max}$ para Aves y Murciélagos en la Región de Magallanes. La tabla muestra para cada comuna la superficie en (medida en km^2) y proporción de la superficie de la comuna (en paréntesis cuadrados) correspondiente a las distintas categorías. Se ordenan las comunas siguiendo su orden latitudinal de norte a sur.

Provincia	Comuna	Superficie(km^2) [%]			
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Ultima Esperanza	Natales	2376[4.8]	2799[5.6]	1207[2.4]	387[0.8]
	Torres del Paine	595[9]	916[13.8]	793[12]	166[2.5]
Magallanes	Laguna Blanca	13[0.4]	1384[37.4]	75[2]	260[7]
	Río Verde	616[3.6]	903[5.2]	351[2]	401[2.3]
	Punta Arenas	1205[6.8]	1265[7.1]	1045[5.9]	821[4.6]
	San Gregorio	0[0]	1566[22.7]	172[2.5]	1504[21.8]
Tierra del Fuego	Primavera	80[1.9]	453[10.6]	46[1.1]	1212[28.5]
	Porvenir	16[0.2]	1498[15.4]	314[3.2]	1774[18.3]
	Timaukel	412[3.8]	2628[24.4]	862[8]	472[4.4]
Antártica Chilena	Cabo de Hornos	1334[8.6]	2359[15.1]	1722[11.1]	113[0.7]

Las comunas con mayores superficies de sensibilidad elevada, correspondientes a valores de $NSSI_{max}$ Alto y Muy Alto, son las comunas de Porvenir, San Gregorio, Punta Arenas y Primavera, seguidas por las comunas de Cabo de Hornos y Natales (Figura 34a, Tabla 7). Al examinar estas superficies en términos de la proporción de superficie comunal, se destacan las comunas de Primavera, San Gregorio y Porvenir, que presentan sobre un 20% de la superficie comunal con valores de $NSSI_{max}$ Alto y Muy Alto (Figura 34b, Tabla 7).

Por otra parte, la Figura 35 y la Tabla 8 muestran el grado de superposición espacial entre las áreas de potencial energético eólico y el Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, $NSSI_{max}$ para Aves y Murciélagos en la Región de Magallanes. Esta indica que varias de las zonas con alto potencial energético eólico ubicadas en las comunas de Porvenir, San Gregorio y Primavera se superponen de manera importante con áreas de sensibilidad alta o muy alta (Figura 35, Tabla 8).

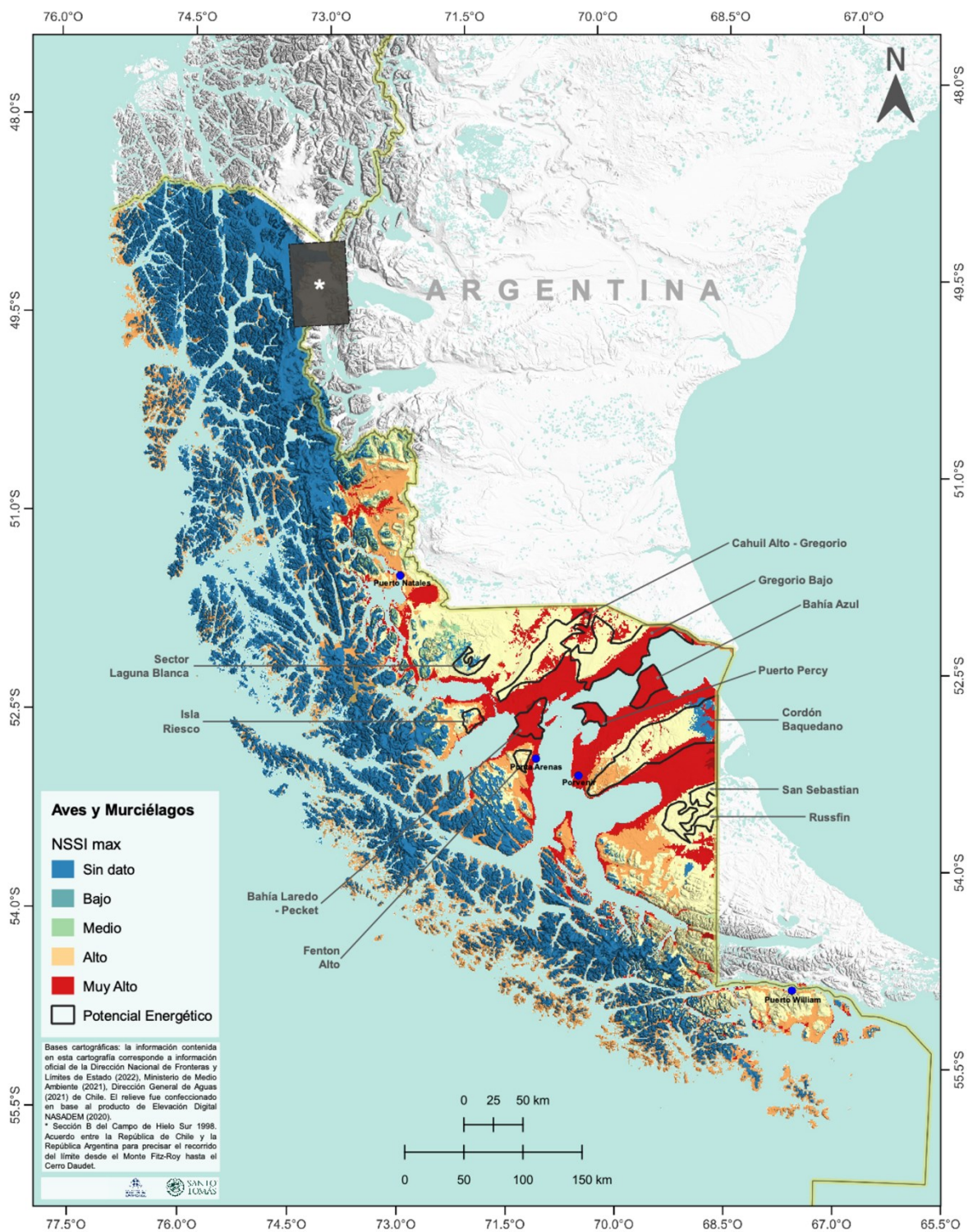


Figura 35. Superposición espacial entre las áreas de potencial eólico y el Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo, $NSSI_{max}$ para Aves y Murciélagos en la Región de Magallanes.

Tabla 8. Superficie para las distintas categorías del Índice Normalizado Máximo de Sensibilidad de Especies, $NSSI_{max}$ para Aves y Murciélagos en las zonas de alto potencial energético de la Región de Magallanes. Para cada zona se muestra la superficie del polígono (medida en km^2) correspondiente a las distintas categorías de Sensibilidad. Se destacan aquellas zonas que cuentan con altos niveles de superposición con zonas con valores Alto o Muy Alto del índice $NSSI_{max}$. En el Anexo II se entrega la información desglosada para aves y murciélagos.

Zona	Superficie(km^2)			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Cahuil Alto - Gregorio	0	527	49	125
Sector Laguna Blanca	36	87	0	0
Isla Riesco	9	48	27	19
Gregorio Bajo	0	517	33	543
Bahía Azul	0	0	0	269
Puerto Percy	0	0	0	144
Cordón Baquedano	86	887	200	244
Russfin	0	342	1	1
San Sebastián	0	133	0	0
Bahía Laredo - Pecket	0	0	0	256
Fenton Alto	0	72	7	0

Por último, en la Tabla 9, se entrega el listado detallado de Anexos del presente informe final, y los productos contenidos en cada uno de ellos.

Tabla 9. Listado detallado de anexos que acompañan el presente informe final, y los productos contenidos en cada uno de ellos.

Anexo	Descripción
I	Informes de Talleres de Validación
II	Producto 1. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes. Priorizados según su categoría de conservación, su caracterización conductual, rutas de migración utilizada, áreas de reproducción, dormideros, entre otros. (Ver Archivo Excel Adjunto)
III	Producto 2. Tabla Digitalizada de Referencias (Ver Archivo Excel Adjunto)
IV	Producto 2. Cartografías de la distribución geográfica de las especies de aves con alguna categoría de conservación, así como las cuatro especies de murciélagos (Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)
V	Producto 2. Cartografías de patrones de riqueza de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes. (Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)
VI	Producto 2. Cartografías de patrones de Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes. (Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)
VII	Producto 2. Cartografías a nivel comunales de patrones de Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes. (Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)
VIII	Producto 3. Base de dato de Sistema de Información Geográfica con archivos raster para: <ul style="list-style-type: none"> i. Distribución de especies individuales ii. Riqueza de especies de aves y murciélagos a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes. iii. Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes. (Ver Archivo Comprimido Adjunto con carpetas de archivos raster en Formato Geotiff)
IX	Producto 3. Base de datos de Sistema de Información Geográfica a nivel comunal, incluyendo archivos vectoriales y raster para el Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos a nivel global (aves y murciélagos). Se incluyen sub carpetas que contienen: <ul style="list-style-type: none"> i. Archivos vectoriales comunales* en formato <i>shapefile</i> con la categoría más frecuente de $NSSI_{max}$ global por comuna.

	ii. Archivos vectoriales comunales* en formato <i>shapefile</i> con la superficie de cada categoría en cada columna de sus atributos. iii. Archivos <i>raster</i> del índice $NSSI_{max}$ vectorizados en formato <i>shapefile</i> .
X	Manual metodológico para el desarrollo y actualización de mapas de sensibilidad.
XI	Base de datos con aplicación de variables para obtención de índice de sensibilidad por especie.

Producto 5. Reporte con recomendaciones para la realización de mapas de sensibilidad.

Finalmente, conforme a lo indicado en la metodología, se procedió a elaborar un reporte con recomendaciones para la realización de mapas de sensibilidad, este se entrega como documento Anexo X, bajo el nombre “Manual metodológico para el desarrollo y actualización de mapas de sensibilidad”. Este documento incluye una descripción del marco metodológico y conceptual, valoración de la sensibilidad de las especies, distribución espacial de especies y hábitat y metodología para la elaboración del mapa de sensibilidad. Además, incluye el proceso de obtención de la información de base y los códigos para la generación de los mapas.

Conclusiones

- Las actividades realizadas han permitido identificar y caracterizar mediante diversas fuentes de información aquellas especies de aves y murciélagos que puedan verse impactadas por la presencia de proyectos de generación de energía eólica en la región. Junto con ello se ha identificado y sistematizado las fuentes de información de distribución de las especies vulnerables, sus hábitats y ecosistemas, así como otros factores relevantes, señalando la calidad de la información (fuente, grado de representatividad, etc.). Sumado a ello, se han analizado las principales fuentes de información disponibles para caracterizar la distribución de las especies identificadas, evaluando su calidad.
- El presente estudio identificó un conjunto de brechas de información, las que requieren asignación de recursos y prioridades para subsanadas y fortalecer la información de base para los mapas de sensibilidad. Estas incluyen la necesidad de más y mejores antecedentes para información de distribución espacial y biogeográfica de las especies, información demográfica y de viabilidad poblacional, aumento del esfuerzo de estudio y caracterización de murciélagos en la Región de Magallanes y finalmente necesidad de aplicar tecnologías avanzadas para la caracterización de la migración y movimiento de aves y murciélagos en la Región, con particular énfasis en generar información sobre la altura de vuelo, variabilidad estacional en el movimiento de especies, y conductas y rutas migratorias. Esto es particularmente relevante en el caso de especies con muy poca información disponible. El recabar estos datos permitirá no solo evaluar adecuadamente la sensibilidad de las Aves y Murciélagos en la Región de Magallanes, sino que entregará insumos relevantes para la evaluación de impacto ambiental de eventuales proyectos a desarrollar en la Región. A continuación, se detallan las brechas identificadas:
 - **Datos de distribución:** la principal brecha identificada es la escasez o baja disponibilidad de información detallada sobre la distribución y abundancia de las especies a lo largo de la región. Por ello, se propone evaluar, especie por especie, la pertinencia e idoneidad de usar modelos de distribución o de nicho como estrategia metodológica para subsanar estas brechas, particularmente para las especies con bajo número de presencias o presencias agrupadas en el espacio. Particularmente para murciélagos, existe carencia de datos de distribución geográfica, las cuatro especies presentes en la Región de Magallanes poseen menos de 100 registros. Se sugiere una generación de datos de distribución de estas especies.
 - **Categorías de conservación:** una de las variables críticas del índice de sensibilidad es la categoría de conservación de la especie objetivo. Dado que para muchas aves chilenas estas categorías aún no están

disponibles, se sugiere priorizar la categorización del estado de conservación de las especies de Magallanes. Grupos como los Passeriformes y Charadriiformes deben ser prioritarios.

- **Proporción biogeográfica de la población:** Las estimaciones poblacionales se actualizan a medida que se cuenta con mejor información de censos poblacionales. Se debe considerar que las estimaciones utilizadas en la estimación de sensibilidad son los datos más actualizados disponibles, pero para especies amenazadas, estas estimaciones podrían cambiar en el corto plazo. Esto sugiere el desarrollo de monitoreos poblacionales que permitan contar con información de base para el desarrollo de modelos de distribución más exigentes.
- **Tasa de sobrevivencia anual:** En este estudio se obtiene desde trabajo de Scholer (2020) y se estandariza valor para grupos taxonómicos que no presentan tanto detalle, e.g. el mismo valor para Accipitriformes o rapaces diurnos. Pero en la medida que se genere nueva información para las especies de aves y murciélagos de Chile, estos valores se pueden actualizar en la base de datos del índice de sensibilidad.
- **Murciélagos:** En aquellas especies que suelen formar colonias, como son las del género *Myotis* e *Histiotus*, el vuelo en grupo se observa frecuentemente al momento de abandonar el refugio. Después suelen forrajear de forma individual o en grupos muy pequeños. En el caso de *Lasiurus varius*, ésta suele ser una especie solitaria (no forma colonias) por lo tanto, el vuelo en grupo difícilmente se observe salvo que la especie mostrara algún comportamiento migratorio, de lo cual no se tiene conocimiento a la fecha. Se requiere levantar información de historia natural de murciélagos en Magallanes.
- **Tecnología:** Se requieren estudios con un importante componente tecnológico que permitan estudiar aspectos poco conocidos para las aves y murciélagos de Magallanes, como su migración. Existe una iniciativa de los Ministerios de Energía y Medio Ambiente para mejorar los estándares de evaluación ambiental, para que efectivamente evalúen los impactos ambientales en términos de migración y áreas de concentración. Esta iniciativa propone el uso de tecnologías para estudiar patrones de movimiento, información que a futuro se puede utilizar en el desarrollo de nuevos mapas de sensibilidad.
- Los principales productos de este estudio son los mapas de sensibilidad con la distribución espacial del Índice Normalizado de Sensibilidad de Especies máximo (NSSI_{max}). Este producto se genera a partir de los mapas de distribución de las especies vulnerables que puedan verse afectados por el

desarrollo de la generación de energía eólica, más la aplicación del índice de sensibilidad que considera 15 variables.

- El mapa de sensibilidad modifica la metodología propuesta inicialmente por McGuinness et al. (2015), acotando el rango de valores posibles para cada especie, lo que facilita la comparación entre conjuntos de especies y facilita la toma de decisiones. La priorización espacial en Aves y Murciélagos refleja las categorías de sensibilidad de especies observadas en cada conjunto de especies.
- En ese contexto, el mapa utiliza un criterio conservador, otorga prioridad a la presencia de especies sensibles, conforme al principio precautorio. Esto es relevante, dada la presencia de vacíos de conocimiento en varios de los atributos de muchas de las especies analizadas.
- La diferencia de escala entre este trabajo y la escala de proyectos hace que este resultado aporte con una primera referencia general y un indicador respecto del nivel de diversidad que se puede encontrar en un territorio amplio. En este sentido, puede ser un insumo de información que oriente a los titulares respecto de la localización de proyectos y/o sobre el estándar esperado para el levantamiento de la línea de base y la evaluación ambiental. Sin embargo, no reemplaza los procesos de evaluación ambiental de cada proyecto.
- En base a este insumo, los desarrolladores deberían: 1) evaluar los riesgos de sus emplazamientos proyectados, 2) analizar alternativas de menor riesgo para sus emplazamientos.
- Es relevante que este insumo sea presentado a todos los Ministerios y servicios públicos interesados directos en el desarrollo de Hidrógeno verde en Magallanes y a los propios desarrolladores (e.g. H2Chile).
- De igual forma, resulta fundamental que este insumo sea considerado o integrado como parte de los antecedentes a considerar en el proceso de zonificación del borde costero actualmente en marcha en Magallanes.
- Se recomienda que los resultados del mapa de sensibilidad se utilicen como insumos que puedan orientar los instrumentos públicos que permitan subsanar las brechas de información identificadas.
- Finalmente, se sugiere que los mapas de sensibilidad orienten los instrumentos de apoyo que pueda ofrecer el sector público a proyectos de energía eólica para producción de hidrógeno verde, evitando apoyar proyectos en áreas de alta sensibilidad que no contengan medidas de evaluación, mitigación o compensación adecuadas.

6. LITERATURA CITADA

- Aarts, G., Fieberg, J., Matthiopoulos, J., 2012. Comparative interpretation of count, presence-absence and point methods for species distribution models. *Methods Ecol. Evol.* 3, 177–187.
- Ackermann, T., & Söder, L. (2000). Wind energy technology and current status: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 4(4), 315-374.
- Allinson, T., 2017. Introducing a new avian sensitivity mapping tool to support the siting of wind farms and power lines in the Middle East and Northeast Africa. In Köppel, J. ed., 2017. *Wind energy and wildlife interactions* (pp. 207-218). Springer, Cham.
- Allinson, T., Jobson, B., Crowe, O., Lammerant, J., Van Den Bossche, W. and Badoz, L., 2020. The Wildlife Sensitivity Mapping Manual: Practical guidance for renewable energy planning in the European Union. Final report for the European Commission (DG ENV)(Project 07.027733/2017/768654/SER/ENV. D. 3).
- Altamirano, T.A., Ibarra, J.T., Novoa, F., Vermehren, A., Martin, K. and Bonacic, C., 2017. Roosting records in tree cavities by a forest-dwelling bat species (*Histiotus magellanicus*) in Andean temperate ecosystems of southern Chile. *Bosque*, 38(2), pp.421-425.
- American Bird Conservancy, 2022. Wind Risk Assessment Map. <https://abcbirds.org/program/wind-energy-and-birds/wind-risk-assessment-map/>
- Barquez, R.M., Carbajal, M.N., Failla, M. and Díaz, M.M., 2013. New distributional records for bats of the Argentine Patagonia and the southernmost known record for a molossid bat in the world. *Mammalia*, 77(1), pp.119-126.
- Baumgartner, J. and Wilson, P., 2020. rmaxent: Tools for working with Maxent in R. R package version 0.8. 5.9000.
- Bellis, L. M., Martella, M. B., Navarro, J. L., & Vignolo, P. E. (2004). Home range of greater and lesser rhea in Argentina: relevance to conservation. *Biodiversity & Conservation*, 13(14), 2589-2598.
- Belsley, David A., Edwin Kuh, and Roy E. Welsch. 1980. *Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity*. New York: John Wiley & Sons.
- BID Invest & CFI (2019), *Guía de Buenas Prácticas para el Desarrollo Eólico en Argentina: Gestión de Impactos en Aves y Murciélagos*.
- Bright, J. A., Langston, R., & Anthony, S. (2009). *Mapped and written guidance in relation to birds and onshore wind energy development in England*. Sandy: RSPB.
- Carboneras, C. and G. M. Kirwan (2020). Ruddy-headed Goose (*Chloephaga rubidiceps*), version 1.0. In *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, and

E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.
<https://doi.org/10.2173/bow.ruhgoo1.01>

CEQUA (2020), Libro Catalogo de Especies de Magallanes. Sistema de Información de Biodiversidad de la Región de Magallanes y de La Antártica Chilena, 2da Edición. Fundación CEQUA.

Chagas, C. C. M., Pereira, M. G., Rosa, L. P., da Silva, N. F., Freitas, M. A. V., & Hunt, J. D. (2020). From megawatts to kilowatts: A review of small wind turbine applications, lessons from the US to Brazil. *Sustainability*, 12(7), 2760.

Clements, J. F., T. S. Schulenberg, M. J. Iliff, T. A. Fredericks, J. A. Gerbracht, D. Lepage, S. M. Billerman, B. L. Sullivan, and C. L. Wood. (2022). The eBird/Clements checklist of Birds of the World: v2022. Downloaded from <https://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download/>

Coalter, J., 2020. ColorBrewer 2.0 and the Rainbow: Using Color Tools to Choose Appropriate Color Schema for your Data Visualization. *Issues in Science and Technology Librarianship*, (94).

Departamento de Conservación de Especies. Ministerio del Medio Ambiente (2022). Efectos potenciales del Hidrógeno Verde sobre la Avifauna en Magallanes.

Deshmukh, S., Bhattacharya, S., Jain, A., & Paul, A. R. (2019). Wind turbine noise and its mitigation techniques: A review. *Energy Procedia*, 160, 633-640.

Desholm, M., Avian sensitivity to mortality: Prioritising migratory bird species for assessment at proposed wind farms. *Journal of Environmental Management*, 90(8), pp.2672-2679. (2009)

Dhar, A., Naeth, M. A., Jennings, P. D., & El-Din, M. G. (2020). Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems. *Science of the total environment*, 718, 134602.

Díaz, M.M., Valenzuela, A., Sturzenbaum, S. and Barquez, R.M., 2017. New records of bats (Chiroptera) from Santa Cruz province (Argentina) and the southernmost record of *Lasiurus varius* (Poeppig, 1835) for Argentina. *Check List*, 13(5), pp.397-401.

Dormann CF, Elith J, Bacher S, Buchmann C, Carl G, Carré G, Marquéz JRG, Gruber B, Lafourcade B, Leitão PJ, Münkemüller T. 2013. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 36(1):27–46 DOI 10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x.

eBird. 2022. eBird: An online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Available: <http://www.ebird.org>.

Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J.,

- Williams, S., Wisz, M.S., Zimmermann, N.E., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129–151.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., et al., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.* 11, 43–57.
- ENETWILD consortium, Body, G., de Mousset, M., Chevallier, E., Scandura, M., Pamerlon, S., ... & Vicente, J. (2020). Applying the Darwin core standard to the monitoring of wildlife species, their management and estimated records. *EFSA Supporting Publications*, 17(4), 1841E.
- Espoz, C., Matus, R., Haro, D., Luna, D., & Norambuena, H. V. Effective Conservation and Good Governance at the Ramsar Site Bahía Lomas, Tierra del Fuego, Chile. *Wetland Science & Practice* January 2022.
- European Commission, Directorate-General for Environment, Allinson, T., Jobson, B., Crave, O., et al., (2020), *The wildlife sensitivity mapping manual: practical guidance for renewable energy planning in the European Union*, Publications Office.
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302–4315
- Figueroa, A., Contreras, M., Saavedra, B., & Espoz, C. (2018). Wetlands of Chile: Biodiversity, Endemism and Conservation Challenges. *The Wetland Book*; Finlayson, CM, Milton, GR, Prentice, RC, Davidson, NC, Eds, 1-17.
- Fithian, W. and Hastie, T., (2013). Finite-sample equivalence in statistical models for presence-only data. *The annals of applied statistics*, 7(4), p.1917.
- Freeman, E. A., & Moisen, G. G. (2008). A comparison of the performance of threshold criteria for binary classification in terms of predicted prevalence and kappa. *Ecological Modelling*, 217(1-2), 48-58.
- GBIF.org (22 January 2023) GBIF Occurrence Download
<https://doi.org/10.15468/dl.sgwb7>
- Giménez, A.L., Giannini, N.P., Schiaffini, M.I. and Martin, G.M., 2012. New records of the rare *Histiotus magellanicus* (Chiroptera, Vespertilionidae) and other bats from Central Patagonia, Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 19(2), pp.213-224.
- Hair, Joseph F., William C. Black, B. J. Babin, and Rolph E. Anderson. 2010. *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Hao, T., Elith, J., Guillera-Aroita, G. and Lahoz-Monfort, J.J., 2019. A review of evidence about use and performance of species distribution modelling ensembles like BIOMOD. *Diversity and Distributions*, 25(5), pp.839-852.
- Herbert, G.J., Iniyar, S., Sreevalsan, E. and Rajapandian, S., 2007. A review of wind energy technologies. *Renewable and sustainable energy Reviews*, 11(6), pp.1117-1145.
- IEA (2021), *Global Hydrogen Review 2021*

- IRENA (2022), Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part III –Green hydrogen cost and potential, International Renewable Energy Agency.
- Jetz, W., McPherson, J.M. and Guralnick, R.P., 2012. Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends in ecology & evolution*, 27(3), pp.151-159.
- Kéry, M., & Schaub, M. (2011). *Bayesian population analysis using WinBUGS: a hierarchical perspective*. Academic Press.
- Kumar, R., Raahemifar, K. and Fung, A.S., 2018. A critical review of vertical axis wind turbines for urban applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, pp.281-291.
- Lambertucci, S.A., Alarcón, P.A., Hiraldo, F., Sanchez-Zapata, J.A., Blanco, G. and Donázar, J.A., 2014. Apex scavenger movements call for transboundary conservation policies. *Biological Conservation*, 170, pp.145-150.
- Lathrop, R. G., Merchant, D., Niles, L., Paludo, D., Santos, C. D., Espoz, C. E., ... & Dey, A. (2022). Multi-Sensor Remote Sensing of Intertidal Flat Habitats for Migratory Shorebird Conservation. *Remote Sensing*, 14(19), 5016.
- Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A. (2008). New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 89(10): 93–94. <https://doi.org/10.1029/2008eo100001>.
- Leyrer, J., Spaans, B., Camara, M. and Piersma, T., 2006. Small home ranges and high site fidelity in red knots (*Calidris c. canutus*) wintering on the Banc d'Arguin, Mauritania. *Journal of Ornithology*, 147(2), pp.376-384.
- Long, p. d. (1983). the behavioral ecology of the crested tinamou (*Eudromia elegans*). The Pennsylvania State University.
- Mandrekar, J.N., 2010. Receiver operating characteristic curve in diagnostic test assessment. *Journal of Thoracic Oncology*, 5(9), pp.1315-1316.
- Martin, T. G., Burgman, M. A., Fidler, F., Kuhnert, P. M., Low-Choy, S., McBride, M., & Mengersen, K. (2012). Eliciting expert knowledge in conservation science. *Conservation Biology*, 26(1), 29-38.
- McGuinness, S. et al., (2015), Bird Sensitivity Mapping for Wind Energy Developments and Associated Infrastructure in the Republic of Ireland, BirdWatch Ireland, Kilcoole, Wicklow.
- Medrano F., R. Barros, H.V. Norambuena, R. Matus & F. Schmitt (2018) Atlas de las aves nidificantes de Chile. Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile. Santiago, Chile.

- Merow, C., Smith, M.J. and Silander Jr, J.A., 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), pp.1058-1069.
- MMA (2021a) Res. Ex. 50 MMA Estrategia Nacional de Protección de Aves 2021-2030
- MMA (2021b) Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente.
- Naimi B, Hamm NA, Groen TA, Skidmore AK, Toxopeus AG. 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? *Ecography* 37(2):191–203. DOI 10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x.
- Nazir, M. S., Ali, N., Bilal, M., & Iqbal, H. M. (2020). Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 85-90.
- Norambuena, H. V., Labra, F. A., Matus, R., Gómez, H., Luna-Quevedo, D., & Espoz, C. (2022). Green energy threatens Chile's Magallanes Region. *Science*, 376(6591), 361-362.
- Nyumba, T.O., Wilson, K., Derrick, C. J., & Mukherjee, N. (2018). The use of focus group discussion methodology: Insights from two decades of application in conservation. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), 20-32.
- OECD (2021), *Perspectivas Económicas de América Latina*.
- Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Rev. Mex. Biodivers.* 79, 205–216.
- Ossa, G., 2016. Primer registro de la especie *Myotis chiloensis* (Waterhouse, 1838)(Chiroptera, Vespertilionidae) en el Parque Nacional Alberto de Agostini (Región de Magallanes y Antártica Chilena). In *Anales del Instituto de la Patagonia* (Vol. 44, No. 1, pp. 85-88). Universidad de Magallanes.
- Ossa, G., Ibarra, J.T., Barboza, K., Hernández, F., Gálvez, N., Laker, J. and Bonacic, C., 2010. Analysis of the echolocation calls and morphometry of a population of *Myotis chiloensis* (Waterhouse, 1838) from the southern Chilean temperate forest. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 37(2), pp.131-139
- Ossa, G., Lilley, T.M., Waag, A.G., Meierhofer, M.B. and Johnson, J.S., 2020. Roosting ecology of the southernmost bats, *Myotis chiloensis* and *Histiotus magellanicus*, in southern Tierra del Fuego, Chile. *Austral Ecology*, 45(8), pp.1169-1178.
- Papes, M., Gaubert, P., 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions*. 13, 890–902.
- Paquet, J. et al (2022) Sensitivity mapping informs mitigation of bird mortality by collision with high-voltage power lines, *Nature Conservation*, 47, 215-233.

- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., Peterson, A.T., 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*. 34, 102–117.
- Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418-422.
- Petracci P. & Carrizo M. (2019), Parques eólicos ¿nueva amenaza para la fauna voladora?, *Aves Argentinas*, 56, 28-33.
- Phillips, S.J., Dudík, M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31, 161–175.
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E., 2004. Un enfoque de máxima entropía para modelar la distribución de especies. En *Actas de la XXI Conferencia Internacional Sobre Aprendizaje Automático*. ACM, p. 83.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190, 231–259.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E. and Blair, M.E., 2017. Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), pp.887-893.
- Phillips SJ, Dudík M, Schapire RE. 2019. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1)
- Piersma, T., Hoekstra, R., Dekinga, A., Koolhaas, A., Wolf, P., Battley, P. and Wiersma, P., 1993. Scale and intensity of intertidal habitat use by knots *Calidris canutus* in the western Wadden Sea in relation to food, friends and foes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31(4), pp.331-357.
- Pullin, A. S., & Stewart, G. B. (2006). Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. *Conservation biology*, 20(6), 1647-1656.
- Renner, I.W. and Warton, D.I., 2013. Equivalence of MAXENT and Poisson point process models for species distribution modeling in ecology. *Biometrics*, 69(1), pp.274-281.
- Romano, G.M., 2017. A high-resolution shapefile of the Andean biogeographical region. *Data in brief*, 13, pp.230-232.
- Roscioni F. et al., (2013). Regional-scale modelling of the cumulative impact of wind farms on bats. *Biodiversity and Conservation*, 22, 1821– 1835.
- San Pedro, A.R., Barquez, R.M. and Simonetti, J.A., 2015. *Histiotus magellanicus* (Chiroptera: Vespertilionidae) is not restricted to Subantarctic forests: first record for the Coastal Maulino Forest in central Chile.
- Sayed, E. T., Wilberforce, T., Elsaid, K., Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Chae, K. J., & Olabi, A. G. (2021). A critical review on environmental impacts of renewable energy

- systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal. *Science of the total environment*, 766, 144505.
- Schoener, T. W. 1968. Sizes of feeding territories among birds. *Ecology* 49:123-141.
- Scholer, M.N., Strimas-Mackey, M. and Jankowski, J.E., 2020. A meta-analysis of global avian survival across species and latitude. *Ecology Letters*, 23(10), pp.1537-1549.
- Servicio Agrícola y Ganadero (2015), Guía para la evaluación del impacto ambiental de proyectos eólicos y de líneas de transmisión eléctrica en aves silvestres y murciélagos. Primera edición. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- Sovacool, B. K. (2021). Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. *Energy Research & Social Science*, 73, 101916.
- Stoelzle, M. and Stein, L., 2021. Rainbow color map distorts and misleads research in hydrology—guidance for better visualizations and science communication. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(8), pp.4549-4565.
- Sullivan, B.L., Wood, C.L., Iliff, M.J., Bonney, R.E., Fink, D. and Kelling, S., (2009). eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological conservation*, 142(10), pp.2282-2292.
- Sullivan, B.L., Aycrigg, J.L., Barry, J.H., Bonney, R.E., Bruns, N., Cooper, C.B., Damoulas, T., Dhondt, A.A., Dietterich, T., Farnsworth, A. and Fink, D., (2014). The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science. *Biological conservation*, 169, pp.31-40.
- Tamburello, N., Côté, I. M., & Dulvy, N. K. (2015). Energy and the scaling of animal space use. *The American Naturalist*, 186(2), 196-211.
- Telenius, A., 2011. Biodiversity information goes public: GBIF at your service. *Nordic Journal of Botany*, 29(3), pp.378-381.
- Thaxter, C. B., Buchanan, G. M., Carr, J., Butchart, S. H., Newbold, T., Green, R. E., Tobias J.A., Foden W.B., O'Brien S. & Pearce-Higgins, J. W. (2017). Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1862), 20170829.
- UICN. (2012). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
- Van Gils, J.A., Dekinga, A., Spaans, B., Vahl, W.K. and Piersma, T., 2005. Digestive bottleneck affects foraging decisions in red knots *Calidris canutus*. II. Patch choice and length of working day. *Journal of Animal Ecology*, 74(1), pp.120-130.
- Van Horn, G., Mac Aodha, O., Song, Y., Cui, Y., Sun, C., Shepard, A., Adam, H., Perona, P. and Belongie, S., (2018). The iNaturalist species classification and detection dataset.

In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 8769-8778).

- Watson, S., Moro, A., Reis, V., Baniotopoulos, C., Barth, S., Bartoli, G., Bauer, F., Boelman, E., Bosse, D., Cherubini, A. and Croce, A., 2019. Future emerging technologies in the wind power sector: A European perspective. *Renewable and sustainable energy reviews*, 113, p.109270.
- Wisz, M.S., Hijmans, R.J., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C.H., Guisan, A., 2008. NCEAS predicting species distributions working group. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*. 14, 763–773.
- Wood, C., Sullivan, B., Iliff, M., Fink, D. and Kelling, S., (2011) eBird: engaging birders in science and conservation. *PLoS biology*, 9(12), p.e1001220.
- Zhao, Y.; Feng, D., Yua, L., Wang, X., Chen, Y., Hernández, H.J., Galleguillos, M., Estades, C., Biging, G., Radke, J. & Gong, P. (2016). Detailed dynamic land cover mapping of Chile: accuracy improvement by integrating multi-seasonal land cover data. *Remote Sensing of Environment* 183, 170–185. [Link] - doi:10.1016/j.rse.2016.05.016
- Zuo, H., Bi, K., & Hao, H. (2020). A state-of-the-art review on the vibration mitigation of wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109710.

7. Anexos

Anexo I

Informes de Talleres de Validación



TALLER VALIDACIÓN LISTA DE AVES Y MURCIÉLAGOS

Consultoría: Mapa de sensibilidad sobre aves y murciélagos para el desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde en la Región de Magallanes

Programa Transforma Regional Hidrogeno Verde Patagonia Austral, Código 21PTRE-180893-2 Etapa de Implementación, Región de Magallanes

INFORME DE ACTIVIDAD

Elaborado por
Universidad Santo Tomás

Noviembre 23 de 2022

OBJETIVOS DEL TALLER

- Revisar un listado preliminar de especies de aves y murciélagos que puedan verse impactadas por la presencia de proyectos de generación de energía eólica en la Región de Magallanes y de la Antártica chilena.

PARTICIPANTES

NOMBRE	FILIACIÓN	Cargo/profesión
Blank Olivia	Centro de Aves Leñadura	Médico veterinario
Espoz Carmen	Universidad Santo Tomás	Bióloga marina, Doctora en Cs. Biológicas
Garrido Gabriela	Museo de Historia Natural Rio Seco	Bióloga marina
Imberti Santiago	Asociación Ambiente Sur, Rio Gallegos, Santa Cruz, Argentina	Experto Independiente.
Labra Fabio	Universidad Santo Tomás	Biólogo, Doctor en Cs. Biológicas
Norambuena Heraldo	Universidad Santo Tomás	Biólogo en recursos naturales, Doctor en Sistemática y Biodiversidad
Olea Matías	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Geógrafo
Rodríguez Annia	Universidad Santo Tomás	Bióloga, Doctora en ecología y evolución.
Silva Rodrigo	Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre	Médico veterinario

Se excusan:

- **Humberto Gómez**, de la Agrupación Ecológica Patagónica, se excusa por tener que cumplir con labores administrativas. Sin embargo, envía correo con comentarios y sugerencias.
- **Ricardo Matus**, Centro de Rehabilitación Leñadura, por encontrarse fuera de la región, embarcado. Se compromete a revisar el listado y enviar sus observaciones en los próximos días.

METODOLOGÍA

1. Actividad previa

El día previo a la realización del Taller se envió a expertos/as en el tema de aves y murciélagos un documento que contenía la siguiente información:

- Lista de aves y murciélagos de la Región de Magallanes.
- Categorías de impacto: (i) la posibilidad de colisión con turbinas, (ii) potenciales impactos derivados de la pérdida y fragmentación de hábitat, (iii) potenciales impactos derivados de alteraciones en la conducta y patrones de uso del territorio de las aves, (iv) potenciales impactos producto de la obstrucción de los movimientos de las aves y murciélagos, o efectos de barrera.
- Estados de conservación. En caso de estar clasificados con la categoría y sigla correspondiente.
- Datos de presencia semana/mes de la base de datos *eBird* para aves, así como otras variables a utilizar en el análisis de las especies.

Para las aves, la lista inicial se basó en los registros disponibles en *eBird*-Chile. Para los murciélagos, se listaron las especies descritas para la Región de Magallanes en la base de datos *Map of Life* (<https://mol.org>).

2. En el Taller

En base a la información enviada, en el Taller -que tuvo una duración de una hora- se trabajó los siguientes aspectos:

- Para murciélagos, se revisó los criterios de selección y tipo de información disponible
- Para aves se revisó los criterios de selección, y se discutió la necesidad de incluir o no considerar diferentes especies de aves.
- Además, se revisaron aspectos generales de la consultoría y el alcance de los productos comprometidos en la misma.

PRINCIPALES RESULTADOS

- Se requiere incorporar los siguientes criterios:

Para el caso de las especies de **murciélagos**:

- Se indica que el listado contiene las especies presentes en la región y que las categorías que se les asignan estarían bien.
- Se llama la atención respecto de *Lasiurus* sería una especie que por sus hábitos de vuelo podría ser afectada directamente por las aspas de aerogeneradores. No así especies de los géneros *Myotis* e *Histiotus*. Lo anterior sin considerar el criterio de fragmentación de hábitat.
- Se reconoce la falta de información que existe para murciélagos. La que existe se basa en registros específicos provenientes de GBIF, i-Naturalist, información de literatura y los registros de ISP.
- En este contexto, se compromete la búsqueda, y posterior envío, de información disponible respecto de presencia o registro de murciélagos en el ámbito veterinario regional.

Para el caso de **aves**:

- En la lógica de priorizar se plantea la posibilidad de sacar del listado a las **aves pelágicas**.
 - Se despeja la duda cuando se explica que la consultoría solicita considerar especies y su entorno, que puedan verse afectados por el desarrollo de la generación de energía eólica que alimentará las plantas de producción de hidrógeno verde y sus derivados en la región de Magallanes.
 - Se hace mención a que en algunas épocas de año aves pelágicas son observadas en la ciudad y en áreas (e.g. Península de Brunswick) donde se producen movimientos de cormoranes, gaviotines, y otras especies que cruzan constantemente en época reproductiva a la misma altura que se calcula tendrán los molinos. Hay otros lugares en Magallanes donde también se observa lo indicado.
- En el contexto de esta discusión, y ante la necesidad de identificar especies posibles de ser impactadas por los parques eólicos o la infraestructura asociada (e.g. infraestructura portuaria)

se solicita a los/as expertos/as marcar en la planilla **especies** (como cormoranes, pingüinos u otras) que pudieran estar en esta condición. Lo mismo que indicar las **zonas geográficas** donde esos impactos pudieran darse. Lo mismo en el caso de entregar información respecto de **esfuerzos de muestreo** que se van a requerir cuando se deba actualizar los mapas de sensibilidad.

- Ante la necesidad de tomar decisiones a partir de los mapas, se sugiere no considerar especies que aparecen con un registro en *eBird*. Se entregan ejemplos (min 21:26 de la grabación de la sesión). Al respecto se recuerda que uno de los productos de la consultoría es la **entrega de un listado de especies sensibles**, más allá de las que se consideren o no para la elaboración de los mapas.
- Se sugiere revisar **anátidos**, y sacar aquellas que directamente no están, o las que tienen registros muy bajos o las que no van a ser afectados por parques eólicos o infraestructura asociada (revisar min 26:41 de la sesión por nombres de especies).
- Se llama la atención respecto de considerar a algunas especies de **passeriformes** migratorias, que van a usar estos ambientes.
 - Se comparte el artículo del medio digital The Atlantic “Are Wind Turbines a Danger to Wildlife? Ask the Dogs.” <http://bit.ly/3XqJ4EJ>
 - Revisar min 29:11 de la grabación, correo enviado por Humberto Gómez, y chat de la reunión para otras especies mencionadas.
- Min 38:21 se recomienda cambiar el potencial impacto de especies de 0 a 1. Se fundamenta en las conductas de riesgos que poseen entregando datos de colisiones con eólicos en el norte de Chile. Además se solicita -y fundamenta- la incorporación de otras especies (Min 39:59-41:40).
- El criterio de “fragmentación de hábitat” requiere una definición más detallada ya que no todos/as entienden lo mismo.
- Se conversa y recomienda el uso de las bases de datos de *eBird* que son sometidas a un proceso de revisión previa antes de disponer su uso, y no los datos que reporta *BirdLife International* por estar desactualizados o ser incorrectos para la región. En el caso de *eBird* se recomienda usar los datos que se obtienen entrando a cada especie.

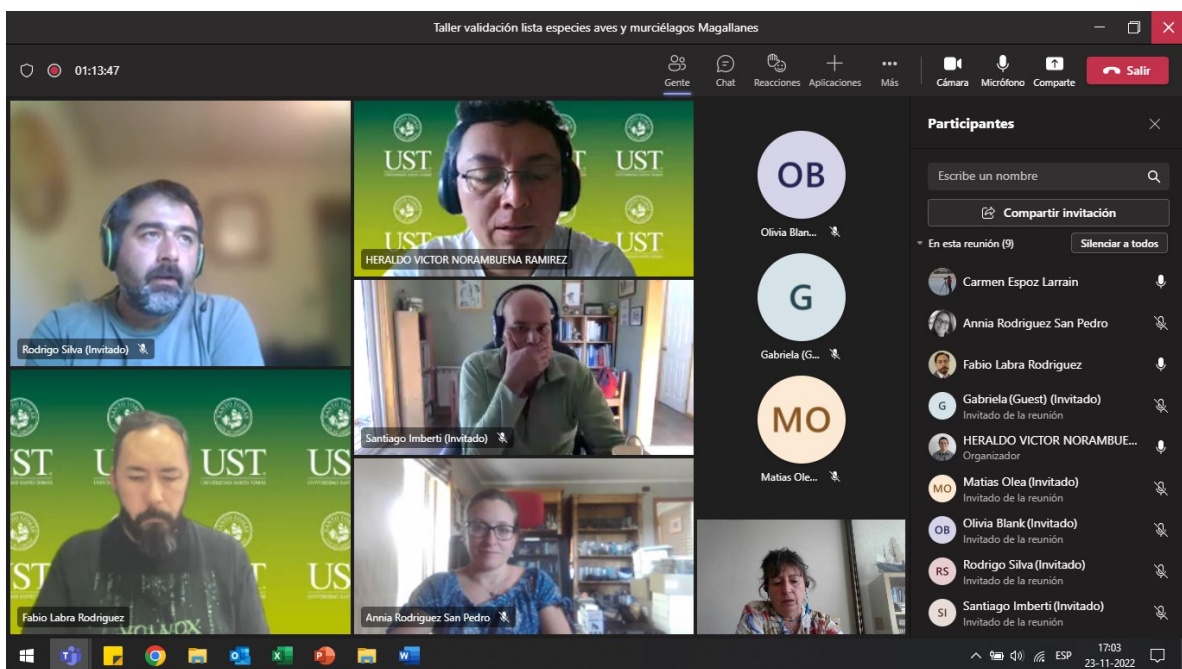
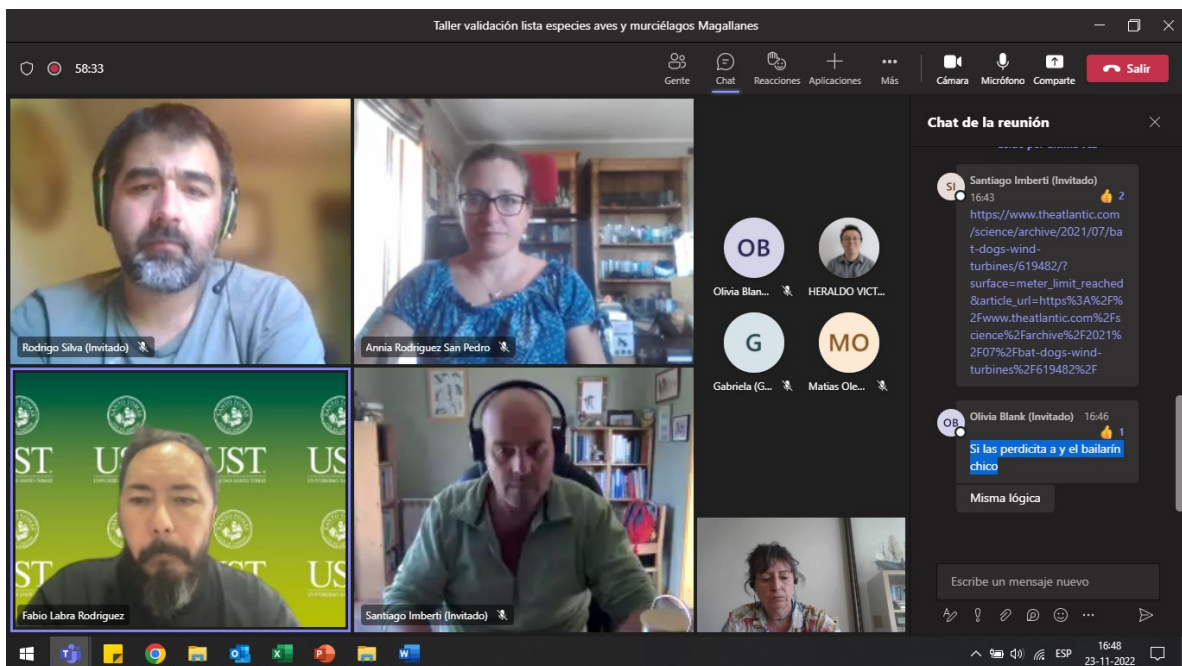
OBSERVACIONES GENERALES

- Se insiste en que este es un proceso iterativo, y que los productos que se vayan generando se van a poner a disposición para revisión y retroalimentación.
- Se insiste en que se debe reconocer -y nunca perder de vista- que la información disponible para la mayoría de las especies es escasa, por lo que los mapas de sensibilidad deberán ser analizados en su justa medida. Desde esta perspectiva se indica que el producto 5 de la consultoría será un insumo clave que permitirá visualizar los vacíos y brechas de conocimiento necesarios para la elaboración de mapas de sensibilidad de aves y murciélagos.

IMÁGENES

The screenshot displays a Zoom meeting interface. The main window shows a shared Excel spreadsheet titled 'Listado_especies_preliminar'. The spreadsheet contains a table with columns for species names, conservation status, and various impact metrics. The sidebar on the right shows a list of participants, including Olivia Blank, HERALDO VICTOR NORAMBUENA RAM..., Gabriela (Garc), and Matías Ocho.

Oficial	nombre_comun	Estado.conservación	Potencial Impacto	Colision	Perdida y fragmentacion de habitat	Alteracion de conducta y uso de territorio	Obstruccion al movimiento	Jan1_ROCp	Jan2_ROCp	Jan3_ROCp
1	pennata	VU	1		1	1	1	7.58E-02	8.22E-02	9.03E-02
2	ia elegans		0					0	1.25E-03	
3	itis ingoufi	VU	1		1	1	1	1.35E-03	1.25E-03	
4	elancoryphus		1	1			1	9.61E-02	8.72E-02	0.109902
5	la coscoroba		1	1			1	0.1258457	0.1070984	0.116430
6	haga picta		1	1			1	0.4194858	0.369863	0.346028
7	aga hybrida	VU	1	1			1	4.33E-02	4.36E-02	4.35E-02
8	poliocephala		1	1			1	9.34E-02	6.60E-02	5.88E-02
9	rubidiceps	EN	1	1	1		1	5.68E-02	5.48E-02	4.46E-02
10	patachonicus		0				1	0.1028417	0.1021171	7.73E-02
11	es pteners	NT	0					5.95E-02	8.47E-02	5.66E-02
12	specularioides		1	1			1	0.2611637	0.2702366	0.262241
13	as specularis	NT	1	1			1	5.01E-02	4.36E-02	5.66E-02
14	itta armata	NT	1	1			1	1.89E-02	1.12E-02	1.20E-02
15	versicolor		1	1			1	2.98E-02	2.12E-02	1.96E-02
16	cyanoptera		1	1			1	5.41E-03	1.25E-03	2.18E-03
17	platalea		1	1			1	8.93E-02	6.10E-02	9.25E-02
18	clypeata		1	1			1	0	0	0
19	sibilatrix		1	1			1	0.173207	0.1382316	0.147986
20	hamensis		1	1			1	5.41E-03	1.25E-03	1.09E-03
21	georgica		1	1			1	0.1529093	0.1307597	0.145810
22	avirostris		1	1			1	0.1407307	0.109589	0.110990
23	peposaca		1	1			1	1.35E-03	3.74E-03	1.09E-03
24	atricaipilla		1	1			1	4.06E-03	0	0
25	ferruginea		1	1			1	0.0162382	0.014944	0.025027
26										



FIN DEL TALLER



TALLER VALIDACIÓN ÍNDICE DE SENSIBILIDAD

Consultoría: Mapa de sensibilidad sobre aves y murciélagos para el desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde en la Región de Magallanes

Programa Transforma Regional Hidrogeno Verde Patagonia Austral, Código 21PTRE-180893-2 Etapa de Implementación, Región de Magallanes

INFORME DE ACTIVIDAD

Elaborado por
Universidad Santo Tomás

Diciembre 26 de 2022

OBJETIVOS DEL TALLER

El objetivo es validar los puntajes asignados a las variables a utilizar para el desarrollo del índice de sensibilidad de especies ante proyectos eólicos. En la etapa 2 del proyecto de mapas de sensibilidad se definirá de manera cuantitativa la sensibilidad de las poblaciones de avifauna y murciélagos, frente a potenciales impactos derivados de la presencia de parques eólicos y su infraestructura asociada.

PARTICIPANTES

NOMBRE	FILIACIÓN	Cargo/profesión
Blank, Olivia	Centro de Aves Leñadura	Médico veterinario
Tejeda, Ivo	Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre	Sociólogo, Director Ejecutivo ROC
Garrido, Gabriela*	Museo de Historia Natural Rio Seco	Bióloga marina
Matus, Ricardo*	Centro de Aves Leñadura	Ornitólogo.
Labra, Fabio*	Universidad Santo Tomás	Biólogo, Doctor en Cs. Biológicas
Norambuena, Herald*	Universidad Santo Tomás	Biólogo en recursos naturales, Doctor en Sistemática y Biodiversidad
Sandvig, Erik	Universidad Santo Tomás	Biólogo, Doctor en Zoología
Silva, Rodrigo*	Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre	Médico veterinario

Se excusan:

- **Humberto Gómez**, de la Agrupación Ecológica Patagónica, se excusa por tener que cumplir con labores administrativas. Sin embargo, envía correo con comentarios y sugerencias.
- **Carmen Espoz**, Centro Bahía Lomas, por encontrarse de vacaciones.

METODOLOGÍA

1. Actividad previa

El día previo a la realización del Taller se envió a expertos/as en el tema de aves y murciélagos un documento que contenía la siguiente información:

- Lista de aves y murciélagos priorizados de la Región de Magallanes.
- Categorías de impacto: (i) la posibilidad de colisión con turbinas, (ii) potenciales impactos derivados de la pérdida y fragmentación de hábitat, (iii) potenciales impactos derivados de alteraciones en la conducta y patrones de uso del territorio de las aves, (iv) potenciales impactos producto de la obstrucción de los movimientos de las aves y murciélagos, o

- efectos de barrera. Validados en primer taller.
- Variables (15) y puntajes asignados para el desarrollo del índice de sensibilidad de especies ante proyectos eólicos.
- Tabla con variables y puntajes (hoja 2 - criterios).
- Documento Word con descripción en extenso de cada una de las variables el índice de sensibilidad.

2. En el Taller

En base a la información enviada, en el Taller -que tuvo una duración de dos horas- se trabajó los siguientes aspectos:

- Señalar si consideran adecuados los puntajes asignados para cada especie y variable, y en caso de que no estén de acuerdo, comentar y justificar qué puntaje debería tener.
- Adicionalmente, puede indicar sus observaciones o comentarios en la columna AC - observaciones, incluyendo aquellas referencias bibliográficas que considere relevantes para sustentar las respuestas o modificaciones.

PRINCIPALES RESULTADOS

- Se discuten los siguientes puntos:
 - Los valores de sensibilidad van a cambiar en la medida que se mejore el conocimiento de las especies objetivo. Por ejemplo, la variable vuelo nocturno. Categoría de conservación, debería cambiar, por ejemplo, la becacina grande, zarapito de pico recto, eso cambiará el valor del índice. Hay que destacar al inicio, la falta de información y ser majadero en eso en el informe.
 - Se sugiere que las especies con valor 0 en el índice de sensibilidad se destaquen como brecha. Un mejor conocimiento de esas especies podría cambiar esa valoración.
 - Usar una aproximación del esfuerzo de muestreo de eBird y datos de abundancia relativa de cada especie, para validar la propuesta de población biogeográfica.
 - Se propone la herramienta 'Status and trends' de eBird, para obtener proporción de población biogeográfica, esta información está disponible para algunas especies. Señalar los valores de corte de los tamaños poblacionales.
 - Se sugiere usar una variable alternativa para población, utilizando una proporción del área de distribución.
 - Para la tasa sobrevivencia anual, encontró estimaciones para tres especies en Sudamérica, caiquén, fío-fío, zarapito pico recto.
 - Se discute la pertinencia de reemplazar parámetro, huevos hembra año, tasa reproductiva.
 - Se discute la idea de reducir el puntaje a 3. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ele.13573?casa_token=IKCD9_kSuvIAAA:AA:gjSdrDmg5D4Bdow_CoFR3GBtBEyziHTdb7ulFORhM-iSe150jCgBUcWRsxX6mfV3n2wTlIxdERiFVwyr
 - Explicitar las falencias de las variables. Carga alar como alternativa.
 - Plantea revisar 'Hand Wing Index' como metrica para explorar valores que no cuentan con información.
 - Se discute el valor de corte, una opción es usar el percentil para definir los criterios. Así no

se depende del juicio experto. Considerar variable migración.

OBSERVACIONES GENERALES

- Se insiste en que este es un proceso iterativo, y que los productos que se vayan generando se van a poner a disposición para revisión y retroalimentación.
- Se insiste en que se debe reconocer -y nunca perder de vista- que la información disponible para la mayoría de las especies es escasa, por lo que los mapas de sensibilidad deberán ser analizados en su justa medida. Para especies con escasa información, se usarán datos de especies cercanamente emparentadas.
- Se corregirán los valores con observaciones y se entregará a los asistentes al taller una versión corregida de la base de datos para su revisión. Luego de tener el visto bueno, se procederá a desarrollar los mapas de sensibilidad.

IMÁGENES



FIN DEL TALLER



TALLER VALIDACIÓN MAPAS DE SENSIBILIDAD

Consultoría: Mapa de sensibilidad sobre aves y murciélagos para el desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde en la Región de Magallanes

Programa Transforma Regional Hidrogeno Verde Patagonia Austral, Código 21PTRE-180893-2 Etapa de Implementación, Región de Magallanes

INFORME DE ACTIVIDAD

Elaborado por
Universidad Santo Tomás

6 Febrero de 2022

OBJETIVOS DEL TALLER

El objetivo es validar la metodología de elaboración de mapas de sensibilidad, así el desarrollo del índice de sensibilidad de especies ante proyectos eólicos. Esta se compone de la elaboración de mapas de distribución, así como del cálculo de índice de sensibilidad de especies. Ambos insumos se combinan para definir un mapa del índice normalizado de sensibilidad para cada una de las especies estudiadas. Por último, se agrega este índice a través de todas las especies a distintos niveles taxonómicos y funcionales (Total, por Clase y a nivel de Ordenes).

PARTICIPANTES

NOMBRE	FILIACIÓN	CARGO/PROFESIÓN
Blank, Olivia	Centro de Aves Leñadura	Médico veterinario
Droguett, Daniela	Seremi Ministerio Medio Ambiente	SEREMI Medio Ambiente
Espoz, Carmen*	Universidad Santo Tomás	Bióloga marina, Doctora en Cs. Biológicas
Garrido, Gabriela*	Museo de Historia Natural Rio Seco	Bióloga marina
Labra, Fabio*	Universidad Santo Tomás	Biólogo, Doctor en Cs. Biológicas
Matus, Ricardo*	Centro de Aves Leñadura	Ornitólogo
Norambuena, Herald*	Universidad Santo Tomás	Biólogo en recursos naturales, Doctor en Sistemática y Biodiversidad
Olea, Matías*	LabGRS, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Geógrafo
Oyarzún, Cristián	Servicio de Evaluación Ambiental	Profesional del SEA
Rodríguez San Pedro, Annia	Universidad Santo Tomás	Bióloga, Doctora en Cs. Biológicas
Silva, Rodrigo*	Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre	Médico veterinario
Soto, Nicolas	Servicio Agrícola Ganadero	Profesional del SAG
Tejeda, Ivo	Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre	Sociólogo, Director Ejecutivo ROC

Se excusan:

- **Santiago Imberti**, Experto Independiente. Asociación Ambiente Sur, Rio Gallegos, Santa Cruz, Argentina, quien por motivos laborales no pudo asistir a la sesión pese a haber confirmado.

METODOLOGÍA

1. Actividad previa

La semana previa a la realización del Taller se envió a expertos/as en el tema de aves y murciélagos un documento que contenía la siguiente información:

- Introducción y contexto del desarrollo de mapas de sensibilidad
- Diagrama metodológico de las actividades realizadas y reportadas.
- Descripción metodológica del sistema de evaluación de sensibilidad conforme a McGuinness et al. (2015)
- Descripción metodológica del desarrollo de mapas de distribución para las especies de aves y murciélagos consideradas en el presente informe
- Ilustración de los resultados obtenidos para el modelamiento de distribución de especies y patrones espaciales de riqueza en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena
- Descripción del puntaje de sensibilidad de especies (Species Sensitivity Score, SSS) propuesto por McGuinness et al. (2015) y las limitaciones metodológicas que se identificaron.
- Descripción de índice propuesto, correspondiente a un Índice normalizado de sensibilidad de especies (*Normalized Species Sensitivity Index*, NSSI) y visualización del mapa de sensibilidad resultante

2. En el Taller

En base a la información enviada, en el Taller -que tuvo una duración de dos horas- se trabajó los siguientes aspectos:

- Presentación de la metodología utilizada para la elaboración de los mapas de sensibilidad, con particular énfasis en la selección del índice propuesto, $NSSI_{max}$. Se comparan los mapas de sensibilidad para el conjunto de especies, así como para aves y murciélagos.
- Se solicita a los asistentes indicar sus observaciones, preguntas o comentarios.
- .

PRINCIPALES RESULTADOS

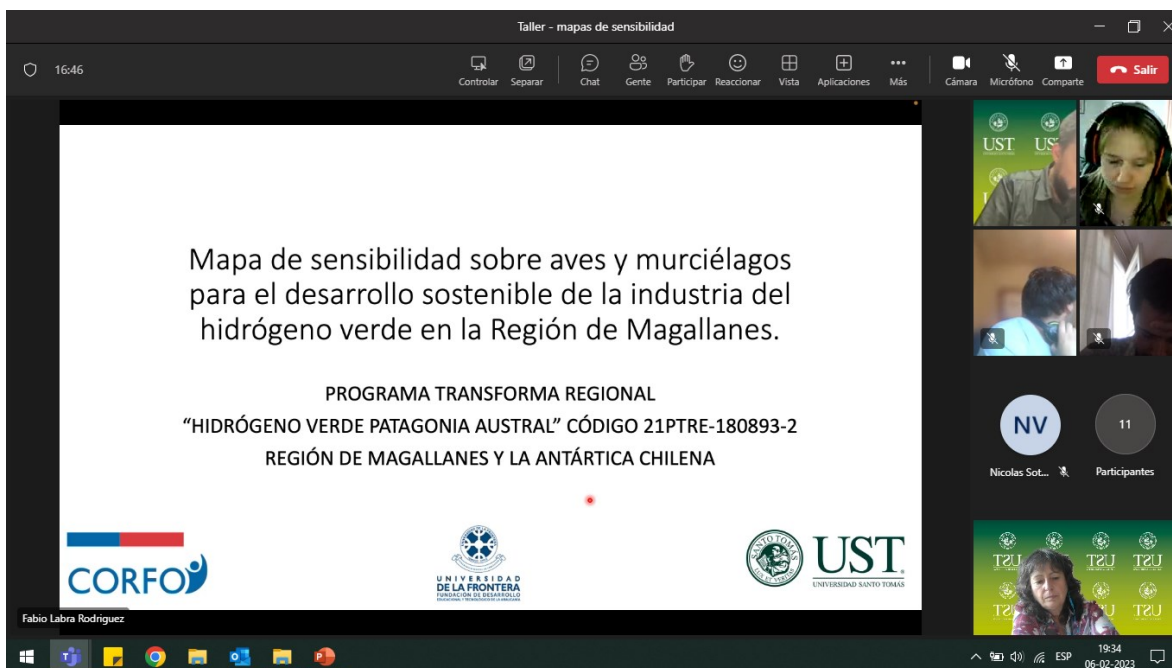
- Se discuten los siguientes puntos:
 - Se debe considerar cuales son las formas en que se puede actualizar o mejorar el producto obtenido. Se indica que un primer punto es la incorporación de la información actualizada de distribución de especies a lo largo de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, que permitirán no solo incrementar la base de datos disponible para la elaboración de modelos de distribución de especies, sino eventualmente hacer uso de capas de sistema de información geográfica (SIG) de mayor resolución, como las capas utilizadas en la elaboración del modelo de distribución del Canquén Colorado, *Chloephaga rubidiceps*, generado por el plan RECOGE (MMA 2023). Se destaca que adicionalmente a mejorar la base de datos geoespacial, se debe actualizar el mapa de sensibilidad en base a la revisión de los estados de conservación de las especies (primera dimensión) y en base a las variables consideradas para estimar el puntaje de sensibilidad. Tal como se mencionó en el taller

anterior, los valores de sensibilidad van a cambiar en la medida que se mejore el conocimiento de las especies objetivo en todas las dimensiones que considera la metodología (Vulnerabilidad de vuelo y Vulnerabilidad de hábitat), por lo que es crucial contar información empírica para los distintos parámetros de la biología y ecología de la especies en la Región.

- Se discuten las brechas para poder entregar esta información a nivel comunal, con miras a facilitar la toma de decisiones. En ese respecto, se destaca el hecho que la distribución espacial de las zonas con sensibilidad alta o muy alta hace que en una misma comuna no haya un solo tipo de categoría de sensibilidad. Por ello, el uso de medidas resumen, como la media o mediana pueden ocultar información relevante para la toma de decisiones.
- Se discuten y señalan los usos que se debe dar al mapa de sensibilidad como insumo. Entre estos destaca que el análisis de emplazamiento de proyectos eólicos debe descartar potenciales impactos sobre las especies con alto índice de sensibilidad. De igual manera, estos productos deben ser insumos para el desarrollo de instrumentos de ordenamiento territorial y el plan TRANSFORMA. Otros usos que se indican es en la identificación de corredores biológicos, particularmente para especies migratorias. Finalmente, se sugiere que no se asignen subsidios de desarrollo de proyectos de generación a aquellos proyectos que se ubiquen en zonas con sensibilidad alta o muy alta.

OBSERVACIONES GENERALES

- Se destaca por parte de los asistentes la calidad del trabajo realizado, particularmente a la luz de los plazos que determinan las bases de la licitación y los recursos disponibles. insiste en que este es un proceso iterativo, y que los productos que se vayan generando se van a poner a disposición para revisión y retroalimentación.
- Se destaca la información disponible para la mayoría de las especies es escasa, por lo que los mapas de sensibilidad deberán ser analizados en su justa medida, y el esfuerzo de actualización no debe centrarse únicamente en la documentación de patrones de distribución, sino que se deben hacer esfuerzos para mejorar la documentación del estado poblacional, así como de los rasgos o atributos que otorgan sensibilidad frente al desarrollo de proyectos de generación eólica.



Taller - mapas de sensibilidad

27:57

Controlar

Separar

Chat

Gente

Participar

Reaccionar

Vista

Aplicaciones

Más

Cámara

Microfono

Comparte

Salir

Procesamiento de datos

- Una vez descargados, los datos fueron revisados, eliminando presencias duplicadas y errores de georreferenciación.
- Se seleccionó como conjunto de capas predictoras la base de datos Worldclim v. 2.0 (Fick & Hijmans 2017), así como la capa de elevación (DEM) disponible en HydroSHEDs v1 (Lehner et al. 2008).
- Se utilizó la resolución espacial de 1km, proyectando los modelos a la Region de Magallanes.

DEM, HydroSHEDs v1 (Lehner et al. 2008)

Datum: WGS 84, UTM 19S

Fuente: elaboración propia

UST

UST

UST

UST

UST

UST

UST

UST

NV

12

Nicolas Sot...

Participantes

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

19:46

06-02-2023

ESP

Taller - mapas de sensibilidad

27:07

Controlar

Separar

Chat

Gente

Participar

Reaccionar

Vista

Aplicaciones

Más

Cámara

Microfono

Comparte

Salir

UST

UST

UST

UST

UST

UST

UST

UST

NV

12

Nicolas Sot...

Participantes

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

19:45

06-02-2023

ESP

Aves: Presencias y puntos de entorno

Presencias(N=141472)

Entorno(N=10000)

Presencias por especie

Datum: WGS 84

Fuente: elaboración propia

N_{min} = 50

Becacina grande

N_{max} = 15126

Caiquén

Fuente: elaboración propia

UST

UST

UST

UST

UST

UST

UST

UST

NV

12

Nicolas Sot...

Participantes

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

TZU

19:45

06-02-2023

ESP

Participantes

En esta reunión (12)

Silenciar a todos

Carmen Espoz Larrain

Annia Rodriguez San Pedro

CA Arredondo, Cristobal Externo

CV Cristian Oyarzun Valdivia Externo

DC Daniela Alicia Slava Droggett Caro Externo

DQ Diego Luna Quevedo Externo

Fabio Labra Rodriguez

IT Ivo Tejeda (Invitado) Invitado de la reunión

MG Matias Olea Externo

FIN DEL TALLER

117

Anexo II

Producto 1. Listado de aves y murciélagos, que potencialmente pueden verse afectados por el desarrollo de proyectos eólicos en la región de Magallanes.

Priorizados según su categoría de conservación, su caracterización conductual, rutas de migración utilizada, áreas de reproducción, dormideros, entre otros.

(Ver Archivo Excel Adjunto)

Anexo III

Tabla Digitalizada de Referencias
(Ver Archivo Excel Adjunto)

Anexo IV

Cartografías de la distribución geográfica de las especies de aves con alguna categoría de conservación, así como las cuatro especies de murciélagos (Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)

Anexo V

Cartografías de patrones de riqueza de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes.
(Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)

Anexo VI

Cartografías de patrones de Índice NSSI_{max} de sensibilidad de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes.
(Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)

Anexo VII

Cartografías a nivel comunales de patrones de Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos, a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes.

(Ver Archivo Comprimido Adjunto con cartografías en Formato PDF)

Anexo VIII

Base de dato de Sistema de Información Geográfica con archivos raster para:

- i) Distribución de especies individuales
- ii) Riqueza de especies de aves y murciélagos a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes.
- iii) Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos a nivel global (aves y murciélagos), de clases y órdenes.

(Ver Archivo Comprimido Adjunto con carpetas de archivos raster en Formato Geotiff)

Anexo IX

Base de datos de Sistema de Información Geográfica a nivel comunal, incluyendo archivos vectoriales y raster para el Índice $NSSI_{max}$ de sensibilidad de especies de aves y murciélagos a nivel global (aves y murciélagos). Se incluyen sub carpetas que contienen:

- i) Archivos vectoriales comunales* en formato *shapefile* con la categoría más frecuente de $NSSI_{max}$ global por comuna.
- ii) Archivos vectoriales comunales* en formato *shapefile* con la superficie de cada categoría en cada columna de sus atributos.
- iii) Archivos raster del índice $NSSI_{max}$ vectorizados en formato *shapefile*.

Anexo X

Reporte

Manual metodológico para el desarrollo y actualización de mapas de sensibilidad

Anexo XI

Base de datos con aplicación de variables para obtención de índice de sensibilidad
por especie