

Santiago, 7 de enero de 2021

Señor
Cristóbal de la Maza Guzmán
Superintendente del Medio Ambiente
Presente

MAT.: Téngase presente

ANT.: Res. Ex. N° 2465, de 14 de diciembre de 2020, Ordena Medidas Provisionales Pre-Procedimentales, a Red Eléctrica del Norte S.A.

ADJ.: “Informe técnico sobre golondrina de mar negra, proyecto Nuevas Líneas 2x220 kV entre Parinacota y Cóndores”, de enero de 2021.

EXP.: MP-057-2020

Fabián San José y Carlo Neira Lupi, en representación de **Red Eléctrica del Norte S.A. (en adelante, “REDENOR”)**, Rol Único Tributario N° 76.766.227-0, todos domiciliados para estos efectos en Av. Isidora Goyenechea N° 3000, oficina número 1602, comuna de Las Condes, Región Metropolitana, en expediente **rol MP-057-2020**, a Ud. respetuosamente decimos:

Por medio de la presente, se adjunta “Informe técnico sobre golondrina de mar negra, proyecto Nuevas Líneas 2x220 kV entre Parinacota y Cóndores”, de enero de 2021, elaborado por la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC), que evalúa si los puntos de trabajo asociados a la construcción del proyecto en los sitios de nidificación de Pampa Camarones se encontraban en etapa de reproducción de la especie de golondrina de mar negra en el mes de noviembre de 2020. En síntesis, dicho informe concluye que “En Pampa Camarones, dado que el micro-ruteo se realizó hacia el final de la temporada reproductiva (cuando es esperable encontrar cavidades con un olor fuerte), los métodos utilizados entregaron resultados aceptables para establecer que las áreas intervenidas no se encontraban con actividad reproductiva”.

Por tanto, solicitamos a usted tenerlo presente para todos los efectos legales.

Sin perjuicio de ello, reiteramos nuestra disposición a aclarar o complementar cualquier aspecto de la información entregada.

Sin otro particular, se despide muy atentamente,

FABIAN
SAN JOSE *
Fabián San José
pp. Red Eléctrica del Norte S.A.

Firmado digitalmente por
FABIAN SAN JOSE *
Fecha: 2021.01.07
09:36:11 -03'00'

Carlo
Patricio
Neira Lupi
Carlo Neira Lupi
pp. Red Eléctrica del Norte S.A.

Firmado digitalmente
por Carlo Patricio
Neira Lupi
Fecha: 2021.01.07
10:07:17 -03'00'

“Informe técnico sobre golondrina de mar negra, proyecto Nuevas Líneas 2x220 kV entre Parinacota y Cóndores”



Enero de 2021

Programa Aves Marinas

Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC)

Responsable técnico del informe:

Rodrigo Silva Caballero

Médico Veterinario, Mg. Áreas Silvestres y Conservación de la naturaleza (C)

Coordinador del Programa Aves Marinas

Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC)

Colaboraron también en el informe los siguientes profesionales:

Ivo Tejeda Millet

Licenciado en Sociología

Director Ejecutivo

Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC)

Fernando Medrano Martínez

Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Magíster en Ciencias Biológicas

Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC)

Benjamín Gallardo García

Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables

Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS Y ALCANCES	5
3. METODOLOGÍA	6
4. ANTECEDENTES SOBRE LA BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA GOLONDRINA DE MAR NEGRA.....	6
5. ANTECEDENTES SOBRE METODOLOGÍAS PARA LA DETECCIÓN DE GOLONDRINAS DE MAR	9
6. ACTIVIDADES REALIZADAS, RESULTADOS OBTENIDOS Y MEDIDAS IMPLEMENTADAS POR REDENOR	13
7. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	16
8. REFERENCIAS.....	18

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto “Nuevas Líneas 2x220 kV entre Parinacota y Cóndores”, del titular Red Eléctrica del Norte S.A. (Redenor), consiste en la construcción y operación de 277 km de nuevas líneas de transmisión eléctrica (LTE) en las comunas de Alto Hospicio, Pozo Almonte, Huara, Camarones y Arica. El proyecto fue sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), obteniendo la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable N° 1112/2019.

En el curso de su tramitación ambiental se estableció que el proyecto atraviesa zonas de nidificación de golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*¹), especie clasificada En Peligro (Decreto Supremo N° 79/2018 del Ministerio de Medio Ambiente MMA) e incluida en el Plan de recuperación, conservación y gestión de golondrinas de mar del norte de Chile, actualmente en elaboración (Resolución Exenta N° 1113/2019 del MMA).

La destrucción de nidos para esta especie se evaluó como un impacto significativo y, en consecuencia, la RCA contempla medidas de mitigación y compensación asociadas a este impacto. Entre ellas se cuenta la medida del considerando 7.1.2 “Protección a los sitios de nidificación de la especie *Oceanodroma markhami*”, que busca disminuir la pérdida de superficie de los sitios de nidificación de esta especie por obras del Proyecto. Esta medida se establece para aquellos sitios en los que se tenía conocimiento previo de sitios de nidificación, específicamente en Pampa Camarones (entre las estructuras 322 a 387); Pampa Chaca (entre las estructuras 395 a 424); en Pampa Chuño (entre las estructuras 465 a 477) y Jarza (entre las estructuras 237 a 243). La medida incluye diversos componentes, como la reducción de las obras en sitios de nidificación, la no utilización de explosivos y la supervisión por parte de un especialista al momento de la construcción. Asimismo, se establece que la construcción debe realizarse fuera de la temporada de nidificación, como también que debe realizarse una liberación previa de las áreas a construir, con un especialista que constate que no existan nidos activos (con huevos, polluelos o indicios de ocupación).

Durante diciembre de 2020, la Dirección Regional del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Arica y Parinacota, a través del ORD. N°447/2020, comunica a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) que evidenció en terreno trabajos de excavación del proyecto (con fecha 3 de diciembre de 2020), señalando que estos se producirían en la temporada de nidificación de la golondrina de mar negra. Al respecto, el SAG indica que esta especie, en la región de Arica y Parinacota, tiene una temporada de reproducción que se extiende desde junio (con el marcaje de territorios) hasta enero (con la salida de volantones).

Atendida la denuncia, la SMA requirió antecedentes a la empresa sobre el cumplimiento de las medidas de mitigación establecidas en la RCA, solicitando además la medida provisional de detención de funcionamiento de las instalaciones, la que fue autorizada por el Primer Tribunal Ambiental de Antofagasta, con fecha 14 de diciembre de 2020. Como parte de los antecedentes que fundamentan la solicitud de la medida provisional, la SMA incluye estudios e informes publicados sobre las golondrinas de mar en el norte de Chile, tanto por la Red de

¹ Recientemente incluida como parte del género *Hydrobatas*

Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC) como por el SAG de Tarapacá, los que describen diversos aspectos de la cronología reproductiva de la especie.

La ROC es una corporación sin fines de lucro que durante los últimos años ha participado activamente en la investigación y conservación de golondrinas de mar en el norte de Chile, a través del proyecto “Golondrinas del Desierto”. En este contexto, parte importante de los descubrimientos de colonias de nidificación han sido realizados por el equipo de la ROC (Barros et al 2019, Schmitt et al 2015, Barros et al 2018, Medrano et al 2019, Barros et al 2020), ha impulsado y apoyado la elaboración del Plan de recuperación, conservación y gestión de golondrinas de mar del norte de Chile, liderado por el MMA; y además ha desarrollado diversas medidas para la protección de estas especies y la disminución de sus amenazas.

En casos puntuales, buscando la correcta evaluación del impacto de los proyectos sobre las colonias de golondrinas de mar, la ROC ha participado en la tramitación ambiental de proyectos que ingresan al SEIA, siendo “Nuevas Líneas 2x220 kV entre Parinacota y Cóncores” uno de ellos. En particular, la ROC ha elaborado i) el “Estudio golondrina de mar negra (*Oceandroma markhami*) en el área de influencia del Proyecto”, que fue presentando en la Adenda al EIA en enero de 2019; y ii) un relevamiento de nidos de golondrinas de mar en una variante del trazado original, (sector de Pampa Chaca, región de Arica y Parinacota), que formó parte de los antecedentes que Redenor entregó al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) en la Consulta de Pertinencia “Variante Pampa Chaca Proyecto Nuevas Líneas 2x220 kV entre Parinacota y Cóncores” en septiembre de 2020.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

En el contexto descrito, Redenor solicitó a la ROC un informe técnico con una visión externa sobre el tema, con el fin de contar con mayores antecedentes respecto de si los sectores intervenidos en la fase de construcción se encontraban en etapa de reproducción.

Para ello, la ROC propuso revisar una serie de antecedentes disponibles y emitir un juicio experto respecto de:

- La capacidad de las metodologías utilizadas por Redenor para determinar el momento de la temporada reproductiva de golondrina de mar negra en los sitios a intervenir.
- El momento de la temporada reproductiva en que se encontró cada sector que fue intervenido durante la construcción del proyecto.

El informe no busca pronunciarse sobre el cumplimiento o incumplimiento de las medidas contempladas en la RCA, siendo este un tema que puede estar sujeto a consideraciones ajenas al análisis que se expone a continuación.

3. METODOLOGÍA

Para responder a las preguntas planteadas en los objetivos se realizaron los siguientes pasos:

- (a) Revisión de literatura sobre la biología reproductiva de la golondrina de mar negra (y algunas especies similares), con el fin de caracterizar las etapas de nidificación.
- (b) Revisión de las metodologías disponibles para el estudio y monitoreo de la reproducción de esta especie en Chile o de especies similares en otros lugares.
- (c) Revisión de la descripción de las metodologías utilizadas por Redenor en el transcurso de la construcción, a partir de los informes de aplicación de la medida de mitigación “Protección a los sitios de nidificación de la especie *Oceanodroma markhami*” correspondientes a los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre de 2020 (pese a que, en rigor, la medida sólo es exigible por RCA en parte de las áreas inspeccionadas durante noviembre).

A partir de estos antecedentes, y considerando además la experiencia previa del equipo de la ROC en el estudio de golondrinas de mar en el sector, se realizó un análisis de juicio experto, incluyendo además algunas recomendaciones.

Cabe señalar que la elaboración de este informe no incluyó visitas a terreno por parte de personal de la ROC, basando sus conclusiones en los antecedentes provistos por Redenor, como parte del punto (c).

4. ANTECEDENTES SOBRE LA BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA GOLONDRINA DE MAR NEGRA

La golondrina de mar negra pertenece a la familia Hydrobatidae, la cual tiene 18 especies distribuidas a lo largo de los mares de todo el mundo. Todas las especies de este grupo se reproducen como máximo una vez por año, con un solo huevo por nidada, por lo que la pérdida de nidos supone un evento que puede tener impactos relevantes sobre la conservación de las especies.

Hoy en día se sabe que en Chile se encuentran las principales colonias de golondrina de mar negra a nivel mundial. Sin embargo, estas solo han sido descubiertas a partir de 2013, siendo su conocimiento aún incipiente y en constante actualización (una revisión actualizada del conocimiento de la especie se puede encontrar en Medrano et al 2020).

En las golondrinas de mar, al igual que el resto de los petreles, la temporada reproductiva se puede sub-dividir en las etapas de i) “Marcaje de territorios”, ii) “Incubación de los huevos”, iii) “Alimentación de los pichones”, y iv) “Salida de los volantones del nido”, las cuales se detallan a continuación. Debido a que la biología reproductiva de esta especie es poco conocida, incluimos aquí información para una especie relacionada, para la cual se tienen mejores antecedentes, que es la golondrina de mar europea (*Hydrobates pelagicus*).

Durante el “marcaje de territorios”, las parejas llegan a los nidos, donde ambos individuos se encuentran por primera vez (en el caso de parejas nuevas), o se re-encuentran (en el caso de parejas que vuelven a anidar), y es aquí donde ocurre la cópula. Tras la cópula, ambos individuos vuelven al mar, y no regresan a tierra firme sino hasta pasados algunos días o semanas, cuando la hembra vuelve al nido y pone el huevo. Este período es conocido como

“luna de miel”. La duración total de este proceso es desconocida para la golondrina de mar negra, así como para la mayoría de las golondrinas de mar. Una de las pocas especies donde se está estudiando esto es la golondrina de mar de Cabo Verde (*Hydrobates jabejabe*), donde análisis preliminares indican que entre la primera visita a la colonia, y la postura del huevo, el período varía entre 14-35 días (Medrano et al. en preparación).

Durante la incubación de los huevos, uno de los padres se queda dentro del nido durante varios días y varias noches (en rangos de 3-5 días para la golondrina de mar europea). El periodo total de incubación de la golondrina de mar negra dura en promedio 47 días (con un rango de 37-70 días, o 1-2 meses; Jahncke 1993). En aquellos nidos donde podrían haber adultos incubando, debiese utilizarse una metodología adecuada para detectar adultos dentro de los nidos (véase en más detalle en la siguiente sección).

Por otra parte, cuando los huevos eclosionan, y nacen los pichones, uno de los padres se mantiene en el nido durante los primeros días para mantener el balance termorregulatorio de los pichones. Posteriormente, sin embargo, los pichones son visitados solo algunas noches, con visitas de hasta 20 minutos donde son alimentados. Por ende, es imposible detectar a los padres dentro del nido en esta etapa, y es altamente improbable detectar a los individuos llegando a los nidos durante los monitoreos nocturnos (por su escasa duración). Por esta razón, en esta etapa el monitoreo del nido debiese estar enfocada en la detección de pichones. Este periodo dura 56-86 días (2-3 meses) en la golondrina de mar europea (Brooke 2004), por lo que probablemente en la golondrina de mar negra tenga una duración similar.

Figura 1. Distintas etapas del proceso reproductivo: adultos incubando y pollos



Fuente: Banco de imágenes ROC

Así, la temporada reproductiva completa para una pareja de golondrinas de mar, desde que los individuos comienzan a marcar territorios hasta que los volantones dejan el nido, duraría aproximadamente entre 3,5-5,7 meses.

Sin embargo, cabe mencionar que en el caso de la golondrina de mar negra, dentro de una misma colonia no todas las parejas comienzan su reproducción en el mismo momento del año, por lo que en un mismo momento, distintos nidos pueden encontrarse en distintas etapas de su reproducción.

Adicionalmente, para una misma especie, la temporada reproductiva puede variar dependiendo del lugar. En el caso de la golondrina de mar negra, se ha evidenciado la existencia de dos grupos con fenologías marcadamente distintas: un grupo constituido por lo que se conoce como la colonia Arica (y que incluye además las colonias en Perú), y otro por las colonias que se encuentran más al sur: Salar Caleta Buena, Salar Grande-Río Loa y Salar Navidad, esta última en la región de Antofagasta. Para este último grupo (las colonias ubicadas desde Caleta Buena al sur) la reproducción comienza en noviembre-enero y finaliza en marzo-junio (Medrano et al. 2019), mientras que para la colonia Arica –donde transcurre el proyecto- la reproducción ocurre en fechas distintas, que se detallan en el párrafo siguiente. No hay evidencia que muestre diferencias claras al interior de cada una de estas poblaciones, pero es algo que no ha sido estudiado en detalle.

Con todo, si bien es cierto de forma gruesa las parejas de la colonia de Arica comienzan el marcaje de los territorios en abril, otros individuos comienzan de forma tardía, en agosto (Medrano et al. 2019). Asimismo, si bien es cierto las primeras parejas se encuentran incubando entre abril-junio, parte de las parejas de la misma colonia anidan entre mayo-junio, junio-julio o junio-agosto (Medrano et al. 2019). Lo mismo ocurre con los pichones, los cuales comienzan a nacer en junio, pero algunos comienzan a nacer recién en septiembre, por lo que para realizar un monitoreo exitoso de los nidos, es necesario tener en cuenta el mes y la localidad en la que se está trabajando.

Por último, diversos factores (como ciclos lunares y disponibilidad de recursos alimenticios) podrían motivar una variación interanual en el comienzo de la temporada reproductiva. Si bien esto se ha observado en otras aves marinas (Wanless et al 2009), no es algo que se haya estudiado para la golondrina de mar negra.

Figura 2. Esquema de la cronología reproductiva de la golondrina de mar negra en Arica



Fuente: Medrano et al. 2019

5. ANTECEDENTES SOBRE METODOLOGÍAS PARA LA DETECCIÓN DE GOLONDRINAS DE MAR

El estudio de la reproducción de golondrinas de mar es difícil, debido principalmente a que las colonias se ubican en lugares remotos, los nidos se encuentran en cavidades y la actividad más evidente ocurre durante la noche.

En Chile, estas dificultades explican -al menos en parte- que colonias con decenas de miles de parejas hayan sido descubiertas sólo recientemente y que, repetidamente, estudios de fauna realizados sobre colonias reproductivas hayan sido incapaces de detectar oportunamente dicha condición.

Por otra parte, unos pocos equipos en el país han desarrollado capacidades para la búsqueda de colonias, incluyendo la formación de una buena imagen de búsqueda y experiencia práctica en la implementación de algunas metodologías.

Con el objetivo de acortar esta brecha de información, el programa Aves Marinas de la ROC se encuentra desarrollando un documento técnico con metodologías y consideraciones para la búsqueda de golondrinas de mar en el norte de Chile. Las metodologías que se presentan a continuación son el resultado de la sistematización de información nacional e internacional realizada en dicho contexto.

La forma más sencilla de identificar una cavidad ocupada por golondrinas de mar es mediante la inspección visual y olfativa de esta, en busca de signos como huellas de patas palmeadas en el exterior de la cavidad u olor a petrel proveniente de su interior. Esta inspección puede ser apoyada por una linterna de mano, que permite observar una parte del interior de la cavidad y eventualmente detectar signos como fecas, restos de cáscara, acúmulos de plumón o ejemplares en distintas etapas de desarrollo. En el norte de Chile este método ha sido útil para identificar colonias y comprender en términos generales su fenología reproductiva, pero el entendimiento de esas colonias ha mejorado notoriamente a partir de la adopción de métodos complementarios.

Las cámara tipo sonda o boroscopios permiten examinar visualmente el interior de una cavidad mediante una cámara ubicada al término de un cable semi rígido, que cuenta con un sistema de iluminación. Así, es posible pesquisar los mismos signos que en el caso anterior pero con mayor alcance y precisión dentro de la cavidad, pudiendo también obtener registros audiovisuales. En Chile, ha sido útil para describir varios sectores con reproducción de golondrinas de mar, las cuales son especies escasas o crípticas. A nivel individual, la no-detección de signos en una cavidad no confirma que esta no corresponda a un nido (pues su forma podría dificultar la correcta visualización de toda la cámara interna), pero a nivel agregado, parece ser un método adecuado para identificar actividad reproductiva en un sector. Para los equipos que investigan la reproducción de golondrinas de mar en el norte de Chile es una herramienta esencial y su uso se ha extendido progresivamente a consultores ambientales, aunque su utilización en dicho contexto aún no es masiva.

El uso de playback o señuelos acústicos pretende obtener una vocalización desde el interior de una cavidad, como respuesta a la reproducción de la vocalización de la especie de interés, emitida desde la entrada a dicha cavidad en horario diurno. Su efectividad varía según especie y período de la temporada reproductiva (siendo aparentemente muy efectivo al inicio y de utilidad nula fuera de la temporada reproductiva), como también por el horario, la fase lunar, la densidad de nidos en el entorno y la grabación utilizada. Requiere la obtención previa

de la vocalización de la especie de interés (actualmente disponible en plataformas de acceso libre para las cuatro especies que nidifican en el norte de Chile) y su uso ha sido determinante en la identificación de sectores con nidos para algunas de estas especies. Su eficacia es variable, así es que no es adecuado por sí solo para discriminar a nivel de cavidad individual, pero probablemente sí es lo suficientemente certero a nivel de localidad. Además de cavidades específicas, este método puede utilizarse en áreas (menores a 100 mts de radio) para evaluar presencia de ejemplares en marcaje de territorios, en cuyo caso debe realizarse en horario nocturno.

Una comparación de la efectividad de métodos realizada en una especie semejante (*Pterodroma incerta*) mostró que, para un conjunto de nidos ocupados (establecidos a través de boroscopio), el 84% de ellos fue clasificado de igual manera usando inspección visual y sólo un 12% mediante playback (Rexer-Huber et al. 2013). En otra evaluación del playback, esta vez en *Hydrobates pelagicus*, se obtuvo una tasa de respuesta de 0,31 en nidos ocupados.

Otra forma efectiva para identificar nidos de golondrinas de mar es el uso de perros entrenados, los cuales han sido utilizados exitosamente en el extranjero y también en Chile por el SAG de Tarapacá. Este método consiste en la inspección del terreno por un perro entrenado para la detección olfativa de sustancias, junto a su entrenador, en busca de nidos con olor a petrel. Si bien su uso es promisorio, es un método que de momento tiene nula oferta comercial, por cuanto su aplicación en el país se ha restringido a Tarapacá y zonas limítrofes de regiones adyacentes.

Otra alternativa enfocada en la evaluación de cavidades específicas es el uso de trampas cámara, las que se instalan frente a cavidades que de manera presunta o confirmada, corresponden a nidos. Una vez instaladas, estas cámaras obtienen un registro audiovisual cada vez que el sensor de movimiento se activa, permitiendo conocer así la especie que ocupa la cavidad, frecuencia y duración de las visitas al nido, entre otras. Si bien entrega información precisa sobre la ocupación en una cavidad específica, su alcance está limitado a un nido por cámara y período, lo que dificulta su utilización en áreas extensas en las que resulta de interés establecer el estatus de múltiples cavidades.

Los métodos antes mencionados resultan efectivos (aunque en distinta medida) para identificar actividad reproductiva al interior de cavidades. Sin embargo, parte de la actividad reproductiva ocurre fuera de estas, por cuanto un grupo distinto de metodologías es requerido.

La cámara termal es una herramienta que permite obtener una imagen en tiempo real de entornos aun en condiciones de nula iluminación, posibilitando así la observación de los ejemplares que sobrevuelan una colonia, especialmente durante el inicio de la temporada reproductiva. La distancia máxima de detección varía en función del modelo utilizado y el tamaño del ave. Como referencia, *Pseudobulweria aterrima*, una especie semejante a la golondrina de mar negra pero superior en tamaño aproximadamente un 70%, es detectable a 1.000 mts e identificable a nivel de especie a 300-500 mts. Este método permite evaluar si determinadas áreas están siendo utilizadas por aves, sin embargo, no entrega información útil sobre la ocupación de cavidades específicas. Su uso en Chile ha sido escaso y limitado a modelos de gama baja, lo que podría explicar que no se conozca ninguna experiencia exitosa de la aplicación de este método en el país.

Figura 3. Ejemplos de implementación de metodologías



Fuente: Banco de imágenes ROC

Otra alternativa para identificar el estatus o la intensidad de la actividad reproductiva en un área es el monitoreo mediante grabadores autónomos de sonido. Estos son dispositivos que permanecen en terreno durante períodos extensos de tiempo (normalmente, entre 3 y 6 meses) y se activan periódicamente en los horarios en los que se espera que las aves vocalicen. El tipo de registro obtenido permite identificar la especie presente en un área y entender de buena manera la fenología a escala local. En monitoreos de largo plazo puede entregar información, de manera muy eficiente, sobre la variación de la actividad reproductiva en una colonia. Al igual que el método anterior, no entrega información sobre la actividad en una cavidad particular, sino acerca de áreas de 100 mts de radio o menos.

Por último, el radar es una herramienta que permite detectar el movimiento de aves -aun en condiciones de nula visibilidad- a una escala territorial amplia, razón por la cual su uso tiene sentido en la identificación de rutas de vuelo o macrozonas que concentran la presencia de aves. Para los efectos de este informe no resulta relevante.

Tabla 1. Síntesis de métodos para el estudio y monitoreo de golondrinas de mar

Metodología	Objetivo			
	Identificar nidos usados en alguna oportunidad (nido inactivo)	Identificar actividad de marcaje de nidos (área activa)	Identificar nidos con adulto incubando (nido activo)	Identificar nidos con pichones o volantones (nido activo)
Inspección visual	Sí (con un grado medio de error)	No	Sí (con un grado muy alto de error)	Sí (con un grado muy alto de error)
Inspección olfativa	Sí, para nidos recientes (eficacia disminuye a medida que pasa el tiempo)	No	Sí (con un grado medio de error)	Sí (eficacia aumenta a medida que pasa el tiempo, pero al término de la temporada es posible calificar nido inactivo como activo)
Cámara sonda	Sí (con un grado bajo de error)	No	Sí (con un grado bajo de error)	Sí (con un grado bajo de error)
Playback	No	Sí (durante la noche)	Sí (con un grado medio de error)	Sí (con un grado medio de error)
Perros entrenados	Sí, pero su eficacia disminuye a medida que pasa el tiempo	No	Sí (con un grado bajo de error)	Sí (con un grado bajo de error)
Cámara trampa	No	No	Sí (pero requeriría períodos largos)	Sí (pero requeriría varios días)
Cámara termal	No	Sí	No	No
Grabador acústico autónomo	No	Sí	Sí (para un área, requeriría varios días, con un grado medio de error)	Sí (para un área, requeriría varios días, con un grado medio de error)

Fuente: Elaboración propia

6. ACTIVIDADES REALIZADAS, RESULTADOS OBTENIDOS Y MEDIDAS IMPLEMENTADAS POR REDENOR

Las acciones desarrolladas por REDENOR, cuyos alcances y resultados se presentan a continuación, fueron ejecutadas como parte de la medida de mitigación “Protección a los sitios de nidificación de la especie *Oceanodroma markhami*”. Esta medida, establecida por la RCA del proyecto para la fase de construcción, tuvo por objetivo disminuir la pérdida de superficie de los sitios de nidificación de esta especie por obras temporales y permanentes del proyecto.

Los antecedentes disponibles para la elaboración de este informe y comprender la forma en que la medida se ejecutó fueron los siguientes:

Tabla 2. Torres inspeccionadas por informe

Informe	Región	Torres inspeccionadas	Comprendidas en RCA
Agosto 2020	Tarapacá	99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 162, 167, 168, 183, 184, 185, 186-3, 186-4, 186-5, 191, 200, 201, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 216, 218 y 219	No
Septiembre 2020	Tarapacá	12, 13V, 14V, 14AV, 15V, 16, 17, 18, 20, 27, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 112, 113, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227 y 228	No
Octubre 2020	Tarapacá	29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 108, 109, 110 y 111	No
	Arica y Parinacota	307, 308, 309, 310, 311, 312, 314, 315, 316, 317 y 318	No
Noviembre 2020	Tarapacá	4V, 5C, 51, 52, 53, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 186, 186-6, 186-8, 187, 188, 189, 190, 193, 194, 195, 196, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 259, 260, 261, 262 y 263	No
	Arica y Parinacota	319 y 321	No
		322, 323, 324, 325, 327, 328, 329, 330, 331, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342 y 343	Sí

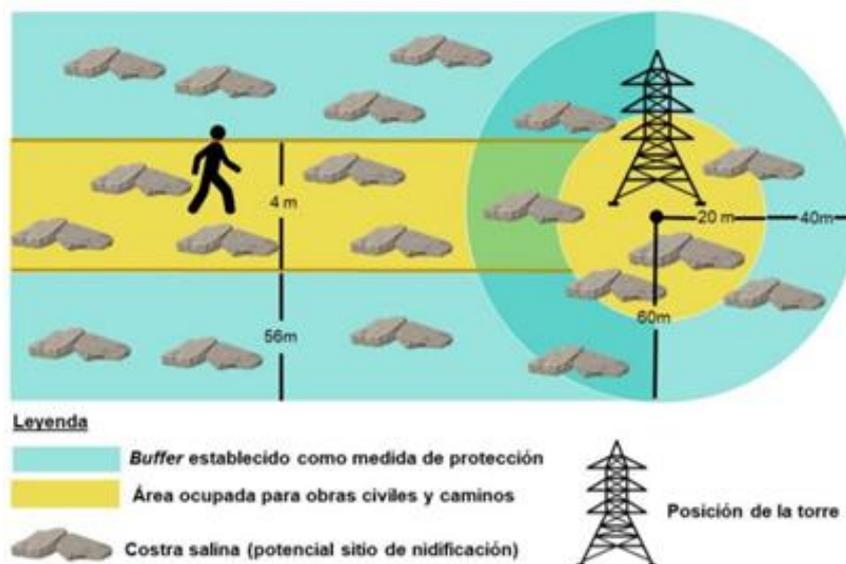
6.1. Metodologías utilizadas

La identificación de sitios potenciales de nidificación y su delimitación fue realizada mediante un micro-ruteo en cada uno de los posibles frentes de trabajo, incluyendo obras civiles y caminos de acceso. Este fue realizado de manera pedestre en un área de 60 mts alrededor de cada posible área a intervenir.

Se consideró como sitios potenciales de nidificación, a aquellas áreas con presencia de cavidades naturales en el suelo, generalmente asociadas a costras salinas. Ante la

identificación de áreas con estas características, se delimitaron polígonos cuyos bordes no se limitaron a los 60 mts de micro-ruteo original y en varios casos, excedieron esta área.

Figura 4. Esquema del microruteo realizado alrededor de una torre



En los sitios potenciales de nidificación se realizó inspección de cavidades para determinar presencia de nidos y estimar si estos se encontraban activos o inactivos. La inspección se realizó mediante inspección (visual y olfativa) y boroscopio.

Se consideraron como evidencias de nidificación (nidos) a las cavidades con: olor a petrel, acúmulos de fecas o plumón, huellas en la entrada de las cavidades, polluelos momificados, carne fresca de ave (principalmente plumas), restos de cáscara de huevo, canto de polluelos o presencia de estos y/o ejemplares vivos o muertos en su interior. Se consideró como nido activo a aquellos con huevo, polluelo u olor característico.

Cada nido que fue encontrado se geo-referenció y demarcó con estacas de fierro con sus puntas destacadas en color rosa.

6.2. Resultados

Se reportaron nidos en cada uno de los cuatro informes presentados, cuyo detalle se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3. Torres con registro de nidos por informe

Informe	Torres con registro de nidos
Agosto 2020	162, 186-3, 186-5, 209, 210 y 2014
Septiembre 2020	221, 222, 223, 224, 226, 227 y 228
Octubre 2020	307, 308, 312, 314 y 317
Noviembre 2020	Torres 186, 186-6, 186-8, 187, 196, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342 y 343

Los resultados agregados de estos cuatro informes muestran que, en 44 de las 164 torres inspeccionadas se encontraron nidos (27%), totalizando 599 nidos, de los cuales solo 6 se encontraron activos.

Tabla 4. Nidos identificados

Informe	Nidos				Torres		
	Activos	Inactivos	Totales	Afectados	Con nidos	Sin nidos	Totales
Agosto 2020	0	62	62	4	6	24	30
Septiembre 2020	0	78	78	3	7	24	31
Octubre 2020	1	54	55	0	5	37	42
Noviembre 2020	5	399	404	0	26	35	61
Total	6	593	599	7	44	120	164

6.3. Medidas adoptadas

A partir de los resultados anteriores, se adoptaron las medidas que se detallan en la siguiente tabla. Solo 7 nidos fueron afectados, correspondientes en su totalidad a nidos inactivos.

Tabla 5. Medidas adoptadas

Medidas	Año 2020			
	Ago	Sept	Oct	Nov
Demarcación de sitios de nidificación para su protección	Si	Si	Si	Si
Modificación en el trazado de caminos de acceso (dentro de faja autorizada)	Si, torre 210	No	No	No
Delimitación de nidos	Si	Si	Si	Si
Instalación de señaléticas en sitios de nidificación	Si	Si	Si	Si
Reducción de obras en sitios de nidificación inactivos, solo a lo estrictamente necesario	Si	Si	Si	Si
No utilización de explosivos	Si	Si	Si	Si
Restricciones de velocidad en caminos de acceso cercanos a sitios de nidificación	Si	Si	Si	Si
Manejo adecuado de residuos	Si	Si	Si	Si
Prohibición en la alimentación de animales a través de charlas de inducción	Si	Si	Si	Si
Remoción (destrucción) de cavidades inactivas	Si, de 4	Si, de 3	No	No
Abstención de cualquier tipo de actividad frente a un nido activo	n/a	n/a	Si	Si
Monitoreo a pie de obra por especialista en golondrinas de mar	Si	Si	Si	Si

7. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

La cronología reproductiva descrita para la golondrina de mar negra (y específicamente para la población entre Arica y Quiuña), es de carácter general, elaborada con la mejor información disponible para la especie (Medrano et al 2019). Se observan *peaks* de salida de volantones que parecieran mantenerse en los últimos años entre noviembre y diciembre, a partir de los registros de caídas en Arica, lo que indicaría un *peak* del período de puesta (y posterior incubación) en junio. Considerando las variaciones entre parejas en la temporalidad de reproducción, y eventualmente entre sitios y años, la cronología reproductiva informada se extiende a casi un año completo (siendo marzo el único mes fuera de la temporada).

En el contexto descrito, la evaluación en terreno de la actividad reproductiva en sitios y momentos específicos es una aproximación razonable para conocer la(s) etapa(s) en que se manifiesta la temporada de reproducción en una zona. Esto es particularmente cierto en aquellos períodos fuera de los *peaks* de actividad, en los que la actividad reproductiva ocurre en una proporción menor de la población. Dicho de otro modo y a partir de los antecedentes analizados en este informe, una manera adecuada de confirmar que la especie no se encuentra en temporada de reproducción en un frente de trabajo es realizar un monitoreo previo al inicio de la construcción, con las metodologías adecuadas.

Una vez reconocida la presencia de un área con cavidades que constituyen posibles nidos de golondrina de mar, existen distintas técnicas con capacidad para i) identificar nidos usados en alguna oportunidad (es decir, un nido inactivo); ii) identificar una actividad de marcaje de nidos (es decir, un área con actividad de reproducción que muy probablemente presentará nidos activos), y iii) identificar nidos con adultos incubando o con un pichón o volantón (es decir, un nido activo).

Dadas las variaciones temporales mencionadas entre las parejas, en una misma zona pueden estar ocurriendo distintas etapas de reproducción (usualmente aquellas que se suceden de acuerdo a la cronología descrita, por ejemplo *marcaje e incubación*), siendo las metodologías apropiadas en mayor o menor medida para estas diferentes etapas. Asimismo, varias de las técnicas usualmente utilizadas para detectar nidos de golondrinas de mar (y evidenciar su actividad) no son 100% efectivas. Por ello, resulta recomendable hacer uso de metodologías complementarias (de forma simultánea), permitiendo así i) disminuir la probabilidad de error propia de cada metodología y ii) captar distintas etapas de la reproducción de la especie.

Los métodos utilizados por Redenor como parte del micro-ruteo parecen lo suficientemente efectivos como para identificar nidos y, en la mayoría de los casos, también para determinarlos como activos o inactivos. Sin embargo, existe una posibilidad de error dada porque (i) el olor, uno de los criterios utilizados para su determinación, tiene un componente subjetivo y (ii) las cámaras sonda no siempre alcanzan a inspeccionar la totalidad de la cavidad.

En Pampa Camarones, dado que el micro-ruteo se realizó hacia el final de la temporada reproductiva (cuando es esperable encontrar cavidades con un olor fuerte), los métodos utilizados entregaron resultados aceptables para establecer que las áreas intervenidas no se encontraban con actividad reproductiva. Aunque existen las limitaciones señaladas en el párrafo anterior para nidos individuales, es esperable que los resultados de las inspecciones

describan de buena forma la situación de cada uno de los sitios evaluados, en los que se identificaron una cantidad relevante de cavidades usadas como nidos (en estado inactivo).

Sin embargo, los mismos métodos serían ineficaces en establecer si ocurre actividad reproductiva al comienzo de la temporada, puesto que el marcaje de nidos ocurre fuera de las cavidades. Por ello, cuando el proyecto mantenga obras al comienzo de la temporada reproductiva (lo que no ha sucedido hasta el momento en la “Colonia Arica”), se requerirían métodos complementarios como cámaras de visión nocturna o monitoreo acústico (principalmente desde abril en adelante, aunque de forma precautoria desde marzo).

Asimismo, los métodos utilizados por Redenor, aplicados en etapas intermedias de la temporada reproductiva (incubación o primeras semanas del pollo), cuando el olor es menos intenso, resultan menos confiables para evaluar cada nido individualmente (aunque a nivel de sitio, debieran entregar un panorama razonablemente adecuado).

Complementando las conclusiones señaladas, se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

1. Para la búsqueda de nidos activos, se puede complementar la metodología al menos con playback (y eventualmente incluyendo monitoreo acústico y perros entrenados), lo que fortalecería los resultados obtenidos.
2. Durante el periodo que va entre el término de una temporada reproductiva y el comienzo de la siguiente (principalmente entre febrero y abril), las técnicas utilizadas para identificar nidos inactivos presentan una mayor posibilidad de error (pudiendo haber nidos que pasen desapercibidos). Por ello, se recomienda hacer un levantamiento en terreno lo antes posible.
3. Para la etapa de marcaje (que debiera comenzar en abril, pero podría ser antes), la evaluación de si un sitio presenta actividad reproductiva debe hacerse a través de metodologías apropiadas para ello (fundamentalmente monitoreo acústico o cámara/binocular termal).
4. Resulta relevante fortalecer las medidas de ajustes al emplazamiento de torres y trazados de caminos, dentro del área evaluada en cada micro-ruteo, con el fin de reducir al mínimo la destrucción de nidos, aunque estos se encuentren inactivos.
5. La información levantada en el marco de la ejecución del proyecto (ubicación de nidos y estado de cada uno de ellos) es relevante para el conocimiento de la especie, siendo importante que estén disponible públicamente, en un formato amigable para su visualización en SIG o análisis de datos.

8. REFERENCIAS

- Barros R., Medrano F., Norambuena H.V., Peredo R., Silva R., de Groote F. & Schmitt F. 2019. Breeding phenology, distribution and conservation status of Markham's Storm-Petrel *Oceanodroma markhami* in the Atacama Desert. *Ardea* 107: 75–84. doi:10.5253/arde.v107i1.a1
- Barros R, F Medrano, R Silva & F de Groote (2018) First Breeding site record of Hornby's Storm Petrel *Oceanodroma hornbyi* in the Atacama Desert, Chile. *Ardea* 106(2): 203-207.
- Barros R., F. Medrano, R. Silva, F. Schmitt, V. Manillarich, D. Terán, R. Peredo, C. Pinto, A. Vallverdú, J. Fuchs & H.V. Norambuena. 2020. Breeding sites, distribution and conservation status of the White-vented Storm-petrel (*Oceanites gracilis*) in the Atacama Desert. *Ardea* 108(2): doi:10.5253/arde.v108i2.a7
- Decreto Supremo N° 79/2018. Aprueba y oficializa clasificación de especies según estado de conservación, decimocuarto proceso. Santiago, Chile. Diario Oficial. 19 de diciembre de 2018.
- Jahncke J. 1993. Primer informe del área de anidación de la golondrina de tempestad negra, *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883). In: Castillo de Maruenda E (ed) Memorias X Congreso Nacional de Biología: 339-343. Lima, Perú.
- Jahncke J. 1994. Biología y conservación de la golondrina de tempestad negra *Oceanodroma markhami* (Salvin 1883) en la península de Paracas, Perú. APECO, Lima. URL: <http://www.apeco.org.pe/> (accessed July 9, 2013).
- Medrano, F., J. Drucker, and A. Jaramillo. 2020. Markham's Storm-Petrel (*Oceanodroma markhami*), version 2.0. In *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, S. M. Billerman, and B. K. Keeney, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.maspet.02>
- Medrano, F., R. Silva, R. Barros, D. Terán, R. Peredo, B. Gallardo, P. Cerpa, F. de Groote, P. Gutiérrez, and I. Tejada. 2019. Nuevos antecedentes sobre la historia natural y conservación de la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar de collar (*Oceanodroma hornbyi*) en Chile. *Revista Chilena de Ornitología* 25:21-30.
- Rexer-Huber K, Parker G, Ryan P & Cuthbert R. 2013. Burrow occupancy and population size in the Atlantic Petrel *Pterodroma incerta*: a comparison of methods. *Marine Ornithology* 42(2):137-141
- Schmitt F, Barros R & Norambuena H. 2015. Markham's Storm Petrel breeding colonies discovered in Chile. *Neotropical birding*. N°17, Pag: 5-10.
- Torres-Mura JC & Lemus ML. 2013. Breeding of Markham's Storm-Petrel (*Oceanodroma markhami*, Aves: Hydrobatidae) in the desert of northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 497-499.
- Wanless S, M. Frederiksen, J. Walton & M. Harris. 2009. Long-term changes in breeding phenology at two seabird colonies in the western North Sea. *Ibis* 151, 274-285

Rodrigo Alonso Silva Caballero

Información personal

Fecha de nacimiento : 18 de Junio de 1985
Cédula de identidad : 16.017.608-3
Nacionalidad : Chilena
Dirección : Parcela 24-B, Lomas de El Manzano, San José de Maipo.
Teléfono : 992403104
E-mail : rodrigosilva@redobservadores.cl

Perfil profesional

Médico Veterinario y candidato a Magíster en Áreas silvestres y Conservación de la naturaleza. Orientado a la conservación de fauna silvestre, con énfasis en el manejo de impactos de actividades antrópicas desde perspectivas como la evaluación ambiental de proyectos, la elaboración de lineamientos técnicos y la gestión de proyectos de conservación.

Antecedentes académicos

Magíster en Áreas silvestres y Conservación de la naturaleza (C)

Facultad de Cs. forestales y Conservación de la naturaleza, Universidad de Chile
2011 - 2012

Médico Veterinario

Facultad de Cs. Silvoagropecuarias, Universidad Mayor
2003 - 2008

Experiencia laboral relevante

Coordinador de Programa Aves Marinas | Red de Observadores de Aves de Chile (ROC)

2019 – actualidad (medio tiempo)

- Lidera, desde la ROC, la elaboración del Plan de conservación de golondrinas de mar del norte de Chile, siguiendo lineamientos de Estándares abiertos para la práctica de la conservación. Elabora documentos técnicos y modera talleres.
- Promueve la creación de áreas protegidas en colonias reproductivas, en coordinación con Municipalidades, Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Ministerio de Bienes Nacionales.
- Promueve el control de amenazas críticas a través de ajustes normativos y programas de buenas prácticas empresariales.
- Elabora reportes internos y externos. Mantiene relación con organizaciones como American Bird Conservancy (ABC), Pacific Seabird Group (PSG), MMA y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), entre otras.
- Coordina y participa del trabajo de campo, realizando búsqueda y monitoreo de sitios reproductivos y mapeo de amenazas.
- Monitorea el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y realiza observaciones técnicas a proyectos.
- Co-lidera el proyecto de ciencia ciudadana “Se busca: Golondrinas de mar en la cordillera de los Andes”.

Consultor en fauna silvestre | Independiente

2014 – actualidad (tiempo parcial)

- Responsable técnico del componente fauna en “Estudio de Franjas asociado al Decreto Exento N° 4 de 2019 del Ministerio de Energía y su Evaluación Ambiental Estratégica”. NYSA
- Integra equipo que realiza monitoreo de aves y murciélagos en siete parques eólicos. Tricao CGF para Enel Green Power y Arco Energy.
- Lidera estudio técnico “Mortalidad de aves asociada al funcionamiento de Línea de transmisión eléctrica en subestación San Vicente”. Econetwork para Transelec.
- Realiza estudios de fauna silvestre para 11 proyectos de mejoramiento vial. G&S Proyectos de Ingeniería para Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas (MOP).
- Realiza estudios de línea base de fauna silvestre y diagnósticos ambientales estratégicos para 16 proyectos de desarrollo eólico, fotovoltaico e infraestructura.
- Integra equipo del proyecto “Medidas de mitigación de impactos en aves y murciélagos. Proyectos eólicos y de transmisión eléctrica”. Licitación ID N° 612-59-LE13. Tricao CGF para SAG y Ministerio de Energía.

Guía de viajes de observación de aves | Albatross Birding

2012 – actualidad (tiempo parcial)

- Lidera viajes privados y grupales en todo Chile, actuando como guía principal de la compañía y como co-líder para compañías internacionales como Field Guides y Wings.

Docente adjunto | Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Mayor

2014 – 2017 (tiempo parcial)

- Participa del curso “Conservación y manejo de fauna silvestre”, dictando clases sobre aves de Chile y técnicas para el estudio de fauna silvestre. Asiste en actividades prácticas.

Consultor en fauna silvestre | Gestión Ambiental Consultores (GAC)

2011 – 2014 (tiempo completo)

- Ejecuta de estudios de línea base y diagnósticos ambientales estratégicos (21).
- Participa en distintas etapas de la tramitación ambiental de proyectos sometidos al SEIA, desde la elaboración de propuestas a la coordinación de equipos de trabajo en terreno.

Asistente de campo en estudios de fauna silvestre | Independiente

2007 – 2011 (tiempo parcial)

- Asiste en trabajo de campo de estudios de línea base y monitoreos de fauna para Centro de Ecología aplicada (CEA), CEDREM, Tricao CGF y Alianza internacional Gato Andino.

Cursos y seminarios relevantes

- Programa de fortalecimiento de capacidades “Mingamar: aprendiendo en comunidad”, orientado a organizaciones civiles que trabajan en iniciativas de protección y conservación marino-costera de Chile. Promovido por Walton Family Foundation, David and Lucile Packard Foundation y Marisla Foundation, a través de Advanced Conservation Strategies (ACS). Ejecutado por Glocalminds (2020 – actualidad)
- I Curso “Actualizaciones en Ecología, Fisiología, Genómica y Evolución de las aves”, Escuela de Graduados de la Facultad de Cs. de la Universidad Austral de Chile (2017)
- Curso teórico-práctico “Anillamiento de aves silvestres”, ROC (2010)
- VII Congreso Internacional “Gestión de recursos naturales”, Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia (2007)

Publicaciones

- Breeding sites, distribution and conservation status of the White-vented Storm-petrel (*Oceanites gracilis*) in the Atacama Desert. Barros R, Medrano F, Silva R, Schmitt F, Malinarich V, Terán D, Peredo R, Pinto C, Vallverdú A, Fuchs J, Norambuena HV. *Ardea* 108(2): doi:10.5253/arde.v108i2.a7
- Evaluación del impacto de la contaminación lumínica sobre las aves marinas en Chile: Diagnóstico y Propuestas. Silva R, Medrano F, Tejeda I *et al.* *Ornitología Neotropical* 31: 13-24 (2020).
- Golondrina del Desierto. Encontrar las colonias, ¿y luego qué?. Medrano F, Barros R, Silva R *et al.* *La Chiricoca* 25: 61-68 (2020).
- Proyecto Se Busca. Golondrinas de mar en la cordillera de Chile Central. Barros R, Silva R & Pinto C. *La Chiricoca* 25: 69-73 (2020).
- Nuevos antecedentes sobre la historia natural y la conservación de la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar de collar (*Oceanodroma hornbyi*) en Chile. Medrano F, Silva R, Barros R *et al.* *Revista Chilena de Ornitología* 25(1): 21-30 (2019).
- Breeding distribution and status of Markham’s Storm-Petrel (*Hydrobates markhami*) in northern Chile. Barros, R Peredo R, Schmitt F, Medrano F, de Groote F, Silva R & Norambuena H. *Ardea* 107(1): 75-84 (2019).
- First breeding site record of Hornbyi’s Storm-petrel (*Oceanodroma hornbyi*), Atacama Desert, Chile. Barros R, Medrano F, Silva R & de Groote F. *Ardea* 106(2): 203-207 (2018).
- Diagnóstico y lineamientos para mitigar los efectos de la contaminación lumínica sobre golondrinas de mar en el norte de Chile. Silva R & Terán D. Documento técnico publicado por ROC (2018).
- Fichas de especies *Attagis gayi*, *Attagis malouinus*, *Campephilus magellanicus*, *Oceanodroma markhami* y *Oceanodroma hornbyi* en Atlas de las aves nidificantes de Chile. Medrano F, Barros R, Norambuena H V, Matus R y Schmitt F (eds), Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC). Santiago, Chile (2018).
- Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos. González G, Ossa G, Sánchez L y Silva R. Tricao CGF - SAG (2014).
- Ruta ornitológica: Humedal El Yali. Silva R. *La Chiricoca* 11: 44-50 (2011)

Otras habilidades

- Usuario de SIG nivel intermedio (ArcGIS 10.5)
- Inglés hablado y escrito
- Disponibilidad para viajar dentro y fuera de Chile