

ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE GOLONDRINAS DE MAR EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ



Vinko Malinarich Torrico; Antulemu Vallverdú Zavala

SAG, Unidad de Recursos Naturales Renovables

Región de Tarapacá

Diciembre, 2021

N° Medio de Verificación	900
Nombre del Estudio y/o Catastro en Materia de Vida Silvestre:	“ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS POBLACIONES DE GOLONDRINAS DE MAR EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ”.
Región:	Región de Tarapacá
Correspondiente al AÑO:	2021
Lugar (Área, de Estudio y/o Catastro):	Toda la región de Tarapacá correspondiente a depósitos de sales dentro de los primeros 50 kilómetros de distancia de la costa, específicamente los sectores de Chiza, Jarza, Quiuña, Caleta Buena, El Carmen (Soronal), Pampa Hermosa, Salar Grande y Loa, caracterizados por un clima hiperárido, con casi nulas precipitaciones y cavidades salinas naturales.

Informe elaborado por:
Vinko Malinarich Torrico
Biólogo, Magister en Medio Ambiente
Encargado Regional Recursos Naturales Renovables

Antulemu Vallverdú Zavala
Médico Veterinario
Coordinador Regional de Fauna

Equipo levantamiento de información en terreno SAG Tarapacá:
Mario Cáceres Pino, Ingeniero Forestal Unidad RENARE SAG Tarapacá
Leonardo Turra Corrales, Médico Veterinario Encargado Sectorial de Pecuaria
Maricela Bustamante Olivares, Guía Canino SAG y su can detector “Oly”
Victor Quiroz Millones, Guía Canino SAG y su can detector “Jack”

Agradecimiento Especial Inspectores de Caza Ad Honorem:
Maria José Harder
Elena Alarcón Astudillo
Verónica González Encinas
Francisca Montecinos Menares

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	7
3. ANTECEDENTES	7
3.1 Estado actual del conocimiento de las especies.....	7
3.2 Acciones de sensibilización y difusión	10
3.3 La Brigada Canina como una herramienta para la detección de sitios de nidificación	13
4. MÉTODO	14
4.1 Área de estudio.....	14
4.2 Obtención de datos	16
4.2.1 Registro de Incidentes de Golondrinas de mar	16
4.2.2 Determinación de sitios de nidificación	16
4.2.3 Detección de presencia/ausencia.....	18
4.2.4 Características morfológicas y hábitos reproductivos.....	19
5. RESULTADOS	20
5.1 Reportes de incidentes en la Región de Tarapacá.....	20
5.1.1 Incidentes reportados al Servicio Agrícola y Ganadero.....	20
5.2 Prospecciones e identificación de sitios de nidificación	25
5.2.1 Caracterización de los sitios prospectados.....	25
5.2.1.1 Sector Chiza	27
5.2.1.2 Sector Jarza.....	29
5.2.1.3 Sector Quiuña	30
5.2.1.4 Sector Caleta Buena.....	33
5.2.1.5 Sector Carmen Norte	34
5.2.1.6 Sector Pampa Hermosa	36
5.2.1.7 Sector Salar Grande.....	36
5.2.1.7 Sector Loa	38
5.3 Características morfológicas y hábitos reproductivos.....	39
5.3.1 Biometría	39
5.3.2 Actividad diaria	40
5.3.3 Características microclimáticas del nido	40

5.3.4 Ciclo reproductivo de la especie <i>Hydrobates markhami</i>	41
5.3.5 Ciclo reproductivo de la especie <i>Oceanites gracilis</i>	43
5.4 Amenazas.....	43
6. DISCUSIÓN	45
6.1 Reportes de incidentes en la Región de Tarapacá.....	45
6.2 Sitios de nidificación	46
6.3 Características morfológicas y hábitos reproductivos.....	48
7. CONCLUSIONES.....	49
8. LITERATURA CITADA	52
9. ANEXOS.....	55

1. INTRODUCCIÓN

Las golondrinas de mar son un grupo de aves marinas pertenecientes al Orden Procellariiformes, las cuales se alimentan en el mar y anidan en tierra, algunas especies en islas e islotes, y otras en planicies interiores del desierto. Este orden contiene 127 especies clasificadas en cuatro familias, Diomedidae (albatros), Procellariidae (petreles, fardelas y yuncos), Hydrobatidae (Petreles de las tormentas del norte) y Oceanitidae (Petreles de las tormentas australes). Este orden contiene aves de tamaño variado desde *Hydrobates microsoma*, con una envergadura de 32cm y un peso de 20 gramos a un albatros real (*Diomedea epomophora*), con una envergadura de 300cm y un peso aproximado de adulto de 8.700 gramos (Hamer K, 2018). En Chile la familia Oceanitidae se encuentran representada por 8 especies, dentro de las cuales figura la golondrina de mar chica (*Oceanites gracilis*) y la golondrina de mar *Oceanites oceanicus*, mientras que en la familia Hydrobatidae contiene solo tres especies, todas del norte del país, la golondrina de mar negra (*Hydrobates markhami*) clasificada como En Peligro (DS N° 79/2018 MMA), la golondrina de mar de collar (*Hydrobates hornbyi*) y la golondrina de mar peruana (*Hydrobates tethys*), ambas clasificadas como Vulnerable (DS N° 16/2020 MMA). (Ver Figura 1)

Debido a que las golondrinas de mar o petrel de la tormenta están estrictamente confinados al océano abierto y vuelven a tierra solo para reproducirse, han estado envueltos durante mucho tiempo en el misterio y el mito. Éstos eran conocidos por los marineros norteamericanos como "pollos de la madre Carey" (Mother Carey's chickens), en referencia a la bruja que poseía la llave donde se decía que los marineros ahogados reposaban (Spear & Ainley 2007).

El conocimiento de la biología de estas especies es escaso. Desde hace algunas décadas se conocen pequeñas colonias reproductivas de *H. tethys* y *O. gracilis* en las islas Grande de Atacama y Chungungo, respectivamente. Sin embargo y producto de los últimos hallazgos del Servicio Agrícola y Ganadero se han descubierto nuevas colonias en tierras de interior de estas especies. Producto de que los descubrimientos en tierras interiores son recientes, es probable que existan colonias que permanecen desconocidas.

Otro aspecto pobremente comprendido son las rutas de vuelo entre el mar y las colonias de reproducción. Uno de los factores que ha contribuido a este desconocimiento es el hecho de que las golondrinas de mar visitan sus colonias de noche. Por esta misma razón, son susceptibles a la iluminación artificial (Plan RECOGE Ministerio de Medio Ambiente).

Aunque se han observado y estudiado en el mar durante décadas, la información sobre el comportamiento y la ecología de estas aves se ha acumulado muy lentamente, principalmente porque su hábitat es muy inhóspito para la mayoría de los humanos. Además, un conjunto de estrategias para protegerse de los depredadores también oscurece su ciclo de vida: llegan a tierra (principalmente islas o sitios sin suelo ni cobertura vegetal) sólo para anidar en horario nocturno, y residiendo en grietas estrechas o cavidades (Ainley 2005).

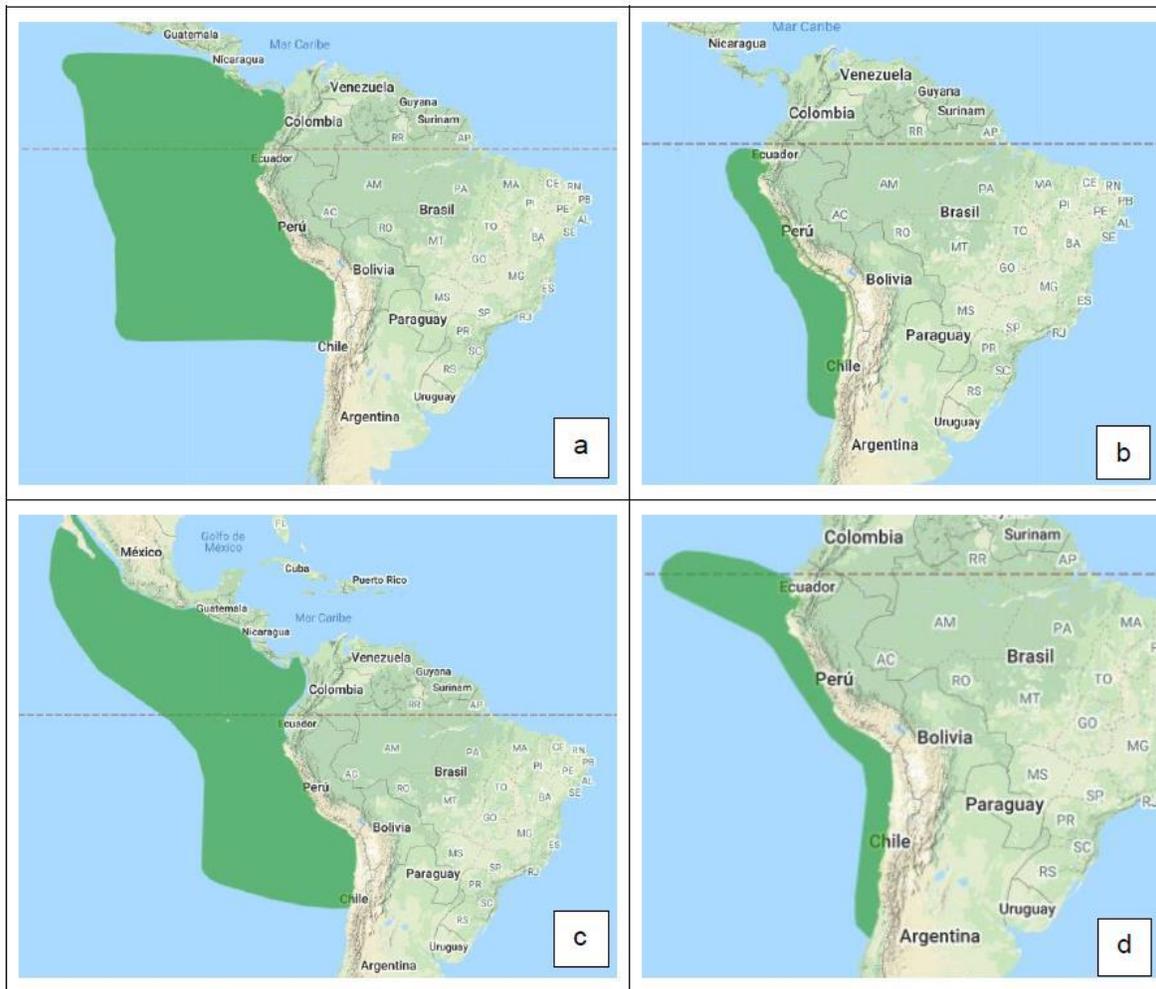


Figura 1. Distribución de (a) *Hydrobates markhami*, (b) *Hydrobates hornbyi*, (c) *Hydrobates tethys* y (d) *Oceanites gracilis*. Fuente: BirdLife International 2020

Hydrobates markhami, o también conocida como golondrina de mar negra, petrel de la tormenta o golondrina de tempestad, debe sus nombres a su reconocido comportamiento utilizando sus patas anchas y palmeadas para moverse en la superficie del mar y, quizás, su tendencia a recogerse a sotavento de los barcos durante las tormentas, los marineros consideraron la palabra "petrel", una referencia a San Pedro, de quien se decía que había caminado sobre el agua (Spear & Ainley 2007).

Este comportamiento estratégico y críptico ha invisibilizado su presencia en muchas zonas de la costa del pacífico sur oriental, haciendo difícil de estimar su tamaño o tendencias poblacionales. Por otro lado, la expansión urbana y la instalación de actividades industriales en áreas que se piensan improductivas para la biodiversidad han degradado o transformado su territorio reproductivo, perjudicando a una cantidad indefinida de golondrinas de mar.

En la Región de Tarapacá, desde el año 2010 se han registrado especies de golondrinas de mar que son rescatadas mediante la atención de denuncia ingresada en las oficinas de OIRS, ésta acciones se realizan en domicilios particulares, vía pública o bien en áreas industriales cercanas a posibles sitios de nidificación. La Unidad de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Servicio Agrícola y Ganadero

(SAG) ha coordinado instancias locales para la atención de denuncia, evaluación y posterior liberación de los individuos. El presente estudio consolida la información recabada en estos años y las complementa con las iniciativas realizadas en terreno con el fin de mejorar el conocimiento de estas aves.

2. OBJETIVOS

General

- Evaluar la distribución, ciclo biológico y amenazas de las poblaciones de Golondrinas de Mar en la Región de Tarapacá.

Específicos

- Analizar la situación actual de los individuos de golondrinas de mar involucrados en incidentes en la Región de Tarapacá.
- Caracterizar los sitios de nidificación existentes en la región de Tarapacá.
- Analizar espacial y temporalmente el comportamiento reproductivo de las poblaciones nidificantes de *H. markhami* y *O. gracilis* en la Región.
- Determinar los factores y la preferencia de hábitat de utilización de sectores para establecer colonias reproductivas.
- Determinar amenazas a las poblaciones de golondrina de mar que ocupan la Región de Tarapacá.

3. ANTECEDENTES

3.1 Estado actual del conocimiento de las especies

Golondrina de Mar negra (*Hydrobates markhami*)

Es una especie endémica a la Corriente de Humboldt de Sudamérica (Spear & Ainley 2007). Entre julio y septiembre se encuentran en aguas cálidas ecuatoriales, mientras que entre enero y julio se concentran en las aguas frías de la Corriente de Humboldt (Pyle 1993). Se distribuye principalmente entre el norte de Perú y el desierto de Atacama del norte de Chile (Jahncke 1994). Su densidad aumenta con la salinidad y disminuye con la temperatura de la superficie del mar, la velocidad del viento por encima de 25 km/h y la distancia desde tierra firme. Prefiriendo aguas de aproximadamente 12°C y 32-33.5 ppt de salinidad (Spear & Ainley 2007). A pesar de que su dieta varía interanualmente debido a fenómenos oceanográficos como “El Niño” y “La Niña”, la base la compone, peces (54%), cefalópodos (36%) y crustáceos (10%). Teniendo a la anchoveta (*Engraulis ringens*) como el principal ítem presa, aunque se sabe que esta especie es de tipo oportunista (García-godos et al. 2002).

Se reproduce en Perú, donde se conoce una colonia en Paracas (Jahncke 1993, 1994) y en Chile, donde se conocen colonias en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, que en su conjunto albergan al 96% de la población global conocida de la especie (Medrano et al. 2019).

Durante la época reproductiva (invierno austral) prefieren grietas con depósitos de salitre donde nidifica anualmente. En Perú, específicamente en el sector de Paracas, las aves nidifican en pequeñas colonias dispersas, hasta 5 km del mar, en terrenos con pendientes, usualmente donde depósitos de nitratos ofrecen fisuras y hoyos (Tobias et al. 2006).

Las colonias conocidas en Chile se encuentran en la Región de Arica y Parinacota: Pampas Chuño, La Higuera, Chaca y Camarones (Torres-Mura & Lemus 2013, Barros et al. 2019, Medrano et al. 2019). Región de Tarapacá: Pampa Tana, Salar de Quiuña-Jarza, Caleta Buena (Pampa Perdiz), El Carmen norte, Pampa Hermosa y Salar Grande (Barros et al. 2019, Malinarich & Vallverdú 2019, Medrano et al. 2019). Región de Antofagasta: Río Loa y Salar de Navidad (Medrano et al. 2019).

Las amenazas para la conservación de esta especie son variadas, la actividad minera no metálica puede destruir los sitios de reproducción, las luminarias atraen a miles de volantones desorientándolos y dejándolos vulnerables para el ataque de carroñeros (*Cathartes aura*) y perros (*Canis lupus familiaris*) (BirdLife International 2017).

Durante el año 2018, la golondrina de Mar Negra fue propuesta en el 14°vo proceso de Clasificación de especies del Ministerio de Medio Ambiente. El resultado de este proceso queda refrendado mediante el Decreto Supremo N°79 del Ministerio de Medio Ambiente publicado el 19 de diciembre de 2018, cambiando su estado de Conservación a especie “En Peligro”, esto último debido principalmente a afectación de la especie provocada por la contaminación lumínica, seguido de la explotación de sal en los sitios de nidificación (Ficha 14°vo proceso de clasificación RCE Ministerio de Medio Ambiente). Adicional a lo anterior, durante el año 2018 profesionales de la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre ROC, publican documento sobre el efecto que provoca la contaminación lumínica a las Golondrinas de Mar de la Zona Norte del país, cuantificando el impacto al menos a unas 20.000 golondrinas de mar negra que son impactadas cada temporada en la colonia de Salar Grande de la Región de Tarapacá, convirtiendo a esta especie de petrel, en la más afectada por impactos lumínicos en el mundo (Barros et. al en prensa). Otras amenazas la constituyen la construcción de caminos, actividades militares y la colisión con estructuras eléctricas

Golondrina de Mar de collar (*Hydrobates hornbyi*)

Es una especie endémica a la Corriente de Humboldt de Sudamérica. Su población y distribución es escasamente conocida, sin embargo, ha sido observada entre los 3°S a 27°S en las costas de Ecuador, Perú y Chile (Spear & Ainley 2007). Durante el verano austral, se estima que se desplazan hacia el sur para nidificar entre los 20°S y 25°S en el norte de Chile y sur de Perú (Brooke 2004). Aunque los sitios de nidificación son inciertos, los registros de carcasas indican que podrían nidificar en zonas desérticas con suelos de nitratos (Murillo et al. 2013). Sin embargo, existen registros de esta especie en zonas montañosas donde fue encontradas a 2.225 msnm y a 3.800 ms.n.m en la provincia de Ancach, Perú (Drucker & Jaramillo 2013).

A nivel mundial el ciclo reproductivo, tiene muy pocos registros, en Chile volantones de esta especie se registran entre Arica y Antofagasta, lo que sugiere que esta especie debe reproducirse en esta área. En 2017 la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC) descubrió el primer sitio de nidificación en el país, registrada a más de 70 km de la costa, en las proximidades de Diego de Almagro, Región de Atacama.

Este único sitio se denomina “Pampa del Indio Muerto”, en la región de Atacama (Barros et al. 2018). Sin embargo, es probable que existan otras en Quiuña, Salar Grande, río Loa (región de Tarapacá) y salar de Navidad (región de Antofagasta), donde se conoce un nido en cada sector (Malinarich & Vallverdú 2019, Medrano et al. 2019).

La falta de información sobre los sitios de reproducción de esta especie hace que sea casi imposible evaluar el tamaño de la población total, las tendencias poblacionales o identificar amenazas potenciales para la especie. No obstante, se estima que la actividad minera no metálica y la contaminación lumínica afectan los sitios de reproducción de la especie (Drucker & Jaramillo 2013; Brooke 2004). Situando su estado de conservación como Casi Amenazada (IUCN 2019) (BirdLife International 2016a) y como Insuficientemente conocida según el Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 5/1998 MINAGRI).

La golondrina de Mar Peruana (*Hydrobates tethys*)

Esta especie pelágica se distribuye desde la península de Baja California hasta el norte de Chile, nidificando entre Ecuador y Chile

En Galápagos, la subespecie *tethys*, nidifica en dos localidades confirmadas (islas Pitt y Genovesa) y se cree que podría nidificar en una localidad adicional (Roca redonda) (Carboneras et al. 2019). En Perú, la subespecie *kelsalli*, se reproduce en al menos ocho islas (Foca, Chao, Corcovado, Ferrol, Pescadores, San Lorenzo, San Gallán y La Vieja) (Carboneras et al. 2019, García-Olaechea 2020). En Chile solo se conoce una colonia de reproducción, en la Isla Grande de Atacama (Bernal et al. 2006), pero a partir del hallazgo de volantones en la aduana Loa, se sospecha que podría existir una colonia en esa latitud, en islas o el desierto interior (Barros y la Red de Observadores de Aves 2019).

Anida en cavidades en rocas o bajo la cobertura arbustiva (Carboneras et al. 2019). Los nidos se encuentran en cuevas o grietas de ~15 cm de apertura y 15-30 cm profundidad (Ayala et al. 2008). En Galápagos las colonias son visitadas durante el día, lo que es una excepción para Hydrobatidae. En Perú y Chile tiene actividad nocturna en las colonias.

En Isla Grande los nidos se encuentran a nivel del suelo o en laderas de quebradas, en parches dispersos de hasta 10 nidos, que podrían reconocerse por marcas de guano en la entrada de las cuevas. En el extremo norte de la isla, los nidos de esta especie se encuentran junto a nidos de Yunco de Humboldt (*Pelecanoides garnotii*) y Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) (Luna 2018).

Golondrina de Mar chica (*Oceanites gracilis*)

Esta especie se distribuye principalmente en las aguas tropicales de Pacífico sur oriental (Spear & Ainley 2007). Aunque esta especie es numerosa y se encuentra fácilmente, solo se conoce un sitio de reproducción en la Isla Chungungo (provincia de Elqui, Chile). Todos los registros de reproducción conocidos provienen de esta misma pequeña isla (Hertel & Torres-Mura 2003), que se cree que es improbable que albergue muchas parejas adicionales no descubiertas. Esto significa que el paradero de miles, y posiblemente cientos de miles, de parejas nidificantes es un misterio (Tobias et al. 2006).

Se describen dos subespecies, *O. g. galapagoensis* y *O. g. gracilis*, a veces reconocidas como especies plenas (Murphy 1936, Howell & Zufelt 2019). La subespecie *galapagoensis* habita las aguas alrededor de las islas Galápagos, mientras que *gracilis* está restringida a la corriente de Humboldt, hasta 500 km de la costa de Chile, Perú y el sur de Ecuador (Spear & Ainley 2007). Es una especie común en toda su distribución, sin embargo, se conocen muy pocos datos sobre su biología reproductiva.

Para la subespecie *gracilis* se conocen sitios de nidificación en el desierto interior de las regiones de Tarapacá descubierto por el SAG Tarapacá en el diciembre del año 2019, denominado “Pampa Hermosa”, y el segundo sitio corresponde al único registro anterior en Isla Chungungo de la región de Coquimbo (Barros et al. 2020).

Al igual que con las otras golondrinas de mar descritas, las luces provenientes de las ciudades e industrias puede causar atracción y desorientación, provocando colisiones o dejándolas vulnerables a depredadores (BirdLife International 2016b). Esta situación cataloga a la especie en Chile y a nivel global como “Datos insuficientes” (Ministerio del Medio Ambiente 2018, BirdLife International 2019).

3.2 Acciones de sensibilización y difusión

Desde el 2010 que la Unidad de Recursos Naturales de la Dirección Regional del SAG Tarapacá realiza la atención de denuncia, rescatando y liberando las cuatro especies involucradas (Anexo 1 y 2). Periódicamente desde el año 2014, se generaron campañas de difusión y educación en conjunto con organizaciones comunitarias de la región (Figura 2, 3 y 4). En noviembre del 2016, la Unidad de Recursos Naturales de la dirección regional realizó la primera capacitación para la red de Coordinación de Rescate y Manejo de Fauna Silvestre, donde se invitó a las ONGs, profesionales de área, servicios públicos y público general a conocer la problemática de las especies y coordinar acciones de rescate para la temporada reproductiva. Actualmente, la ONG Golondrinas de Mar, participa de forma activa reportando individuos y organizando los rescates de las aves en coordinación con el SAG.



Figura 2. Acciones de atención de denuncia y liberación de Golondrina de mar.

"Salvemos las Golondrinas de Mar Negra"



La Golondrina de Mar Negra (*Oceanodroma markhami*) es un ave marina que nidifica en cavidades subterráneas de diferentes salares de la región de Tarapacá. Durante los meses de marzo a mayo de cada año los juveniles vuelan desde sus nidos en dirección a la costa, perdiendo su rumbo producto de la desorientación que les provoca la luz de las ciudades. La Golondrina de Mar de Collar (*Oceanodroma hornbyi*) y la Golondrina de Mar Chica (*Oceanites gracilis*), son dos especies que también se ven afectadas por la atracción luminica. Estas aves caen en diferentes puntos de la región entre los meses de julio a septiembre de cada año.

¿Cómo ayudar en caso de encontrar una Golondrina de Mar en la vía pública?

- Tómela delicadamente y guárdela en una caja oscura con ventilación.
- No le de agua ni alimentos.
- Aléjela de animales domésticos y ruidos.
- Contactarse con las oficinas del SAG.

www.sag.cl
 Email: contacto.tarapaca@sag.gob.cl
 Teléfonos: 572-505480/ 572-505481.

Síguenos en:



Servicio Agrícola y Ganadero
Región de Tarapacá

Cuidemos Nuestra Fauna Silvestre




Figura 3. Díptico de la Unidad de Recursos Naturales Renovables entregado a la comunidad.



Figura 4. Díptico de la ONG Golondrinas de Mar entregado a la comunidad.

En Chile, la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC) ha sido un importante impulsor de la divulgación y generación de nuevo conocimiento de las golondrinas de mar. A través de su proyecto “Golondrinas del Desierto”, la ROC se propuso el desafío de encontrar colonias de nidificación de estas golondrinas de mar en el norte del país, abarcando las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta. De esta manera, esperan encontrar nuevas colonias, generar conocimiento sobre su biología reproductiva y aportar en la evaluación del impacto de proyectos industriales que puedan afectar a las especies. Asimismo, el SAG de la región de Tarapacá, tiene dentro de sus compromisos la generación de un estudio que entregue antecedentes sobre la distribución y características de las poblaciones de golondrinas de mar en la región, con el fin de contar con un estudio actualizado para los procesos de evaluación de proyectos que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA.

En septiembre del año 2019 se dio inicio al proceso de elaboración del Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de las Golondrinas de Mar del Norte de Chile. El plan RECOGE es un instrumento de gestión ambiental, el cual tiene como objetivo principal mejorar el estado de la conservación de las especies nativas, así como la coordinación de los distintos órganos de la administración del Estado para lograr una gestión eficaz en la conservación de estas e involucrar a diferentes estamentos de la sociedad (Ley N°20.417, 2010). El plan liderado por el Ministerio del Medio Ambiente, ha contado con la

participación de representantes de Organismos públicos, privados, municipales, académicos y ONGs de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo. Este plan RECOGE se espera tener aprobado dentro del año 2021 para su posterior ejecución.

3.3 La Brigada Canina como una herramienta para la detección de sitios de nidificación

La discriminación de olor con perros ha sido bien documentada y los canes se usan todos los días para detectar e identificar objetos específicos o elementos traza incluyendo personas vivas, restos humanos, aceleradores, narcóticos y plagas (Beebe et al. 2016). El olfato es claramente un sistema sensorial clave para todos los perros detectores de olores, independientemente del contexto. Se ha verificado la importancia del olfato en un ambiente controlado, cuando demostraron que los perros no variaban sus métodos de búsqueda ni su éxito de detección de explosivos, independientemente de si las condiciones de luz lo hacían obvio o no (Gazit & Terkel 2003).

Desde el año 2005, el SAG utiliza exitosamente a la Brigada Canina (BRICAN) como parte de su estrategia integrada en los controles fronterizos de mayor riesgo de ingreso de plagas de los vegetales y enfermedades de los animales. Los canes también tienen la capacidad de detectar aromas asociados a animales que puedan estar siendo ingresando clandestinamente como, tortugas, quirquinchos, monos y loros. Un perro puede llegar a detectar más de 70 aromas y puede trabajar hasta dos horas y media sin descanso con una leve baja del rendimiento y motivación (Kurrer 2009).

El uso de perros en la detección para la conservación surgió por primera vez en la década de 1890, cuando los perros se utilizaron con éxito para localizar el kiwi de Nueva Zelanda (*Apteryx spp.*) y el kakapo (*Strigops habroptilus*). Y hasta principios de la década de 1990, los perros de detección para la conservación o *conservation detection dogs* (CDD) fueron utilizados principalmente en la detección de aves vivas (Robert & Laporte 1994). Sin embargo, este método es actualmente utilizado para detectar fecas, carcasas y nidos (Beebe et al. 2016).

Los trabajos realizados sobre este mismo estudio en años anteriores indican que, las CDD son más eficientes que muchos otros métodos de muestreo para detectar la presencia/ausencia y abundancia relativa de plantas y fauna silvestre (Beebe et al. 2016; Reed et al. 2011; Nussear et al. 2008). Utilizándose incluso bajo condiciones de extrema aridez y localizando especies de hábitos subterráneos (Cablak et al. 2006). Desde el año 2017 y dada las características de esta especie y las condiciones en las cuales realiza su nidificación, el SAG utiliza canes detectores de la Brigada Canina en las campañas de búsqueda de nidos, siendo los primeros en Chile en utilizar este método innovador e inédito para el país. Actualmente esta herramienta de trabajo ha sido muy útil para la detección de nidos y no ha demostrado efectos adversos para las poblaciones estudiadas.

4. MÉTODO

4.1 Área de estudio

Durante el año 2021, se prospectaron los mismos sitios de años anteriores (Tabla 2) (Fig 5). Estos sitios se encuentran ubicados entre los cuatro y cincuenta kilómetros del borde costero y entre los 400 y 900 msnm. Estos lugares corresponden en su mayoría a depósitos de sales y nitratos, que se encuentran tanto en cuencas y depresiones de la cordillera de la Costa, como en el sector occidental de la depresión Central. En la cordillera de la Costa, conforman salares desprovistos de vegetación, con extensiones de distinta magnitud, caracterizados por un clima hiperárido, con casi nulas precipitaciones y nubosidad abundante que en el sector occidental de la cordillera de la Costa se presenta frecuentemente como densas nieblas, denominadas localmente “camanchaca” (Luebert & Pliscoff 2006).

Aproximadamente a unos 120 kilómetros al norte de la ciudad de Iquique, se ubica la quebrada de Chiza. Chiza es un curso intermitente de agua que nace de la confluencia de varias quebradas de la precordillera de la región de Tarapacá y fluye con dirección oeste hasta su unión con el río Camarones. La quebrada de Chiza nace cerca del caserío de Chiza, producto de la unión de la quebrada de Miñimiñi, proveniente del norte, y la quebrada de Suca (o Nama), que tienen una importante red hidrográfica con cabeceras en la precordillera.

A unos 90 kilómetros al norte de Iquique, se ubica el sector de la Quebrada de Tana se ubica al norte de la localidad de Huara, tiene una longitud de 140 kilómetros aproximadamente, desde su inicio en los alrededores del cerro Pumire en la Cordillera hasta la confluencia con la quebrada de Tiliviche. Una vez que se junta con Tiliviche adopta el nombre de esta última en la localidad de Quiuña, para luego dirigirse en dirección a la localidad de Pisago ubicada a unos 16 kilómetros más abajo.

Esta quebrada se caracteriza por un clima templado y generalmente poco lluvioso durante el año, a excepción de los meses de verano o temporada estival, en donde se producen las lluvias del invierno altiplánico, comúnmente conocido como invierno boliviano llenando la quebrada de agua superficial que escurre hasta el mar.

A 15,6 km al noreste de la ciudad de Iquique, en el km 15 de la ruta A-514 que una la comuna de Alto Hospicio con Caleta Buena se encuentra un depósito salino de pequeño tamaño, el cual, será designado como salar caleta buena, en el presente informe. El salar se ubica a 6 km de la costa y a 570 msnm. Litográficamente, se caracteriza porque sus halitas son onduladas y se encuentran altamente entremezcladas con formaciones clásticas lenticulares probablemente asociado a depósitos aluvionales provenientes desde el este (Sepúlveda et al. 2014). Este Salar fue descubierto como sitio de nidificación de golondrinas de Mar por profesionales de la ROC y posteriormente monitoreado y actualizado en su polígono por el SAG Tarapacá.

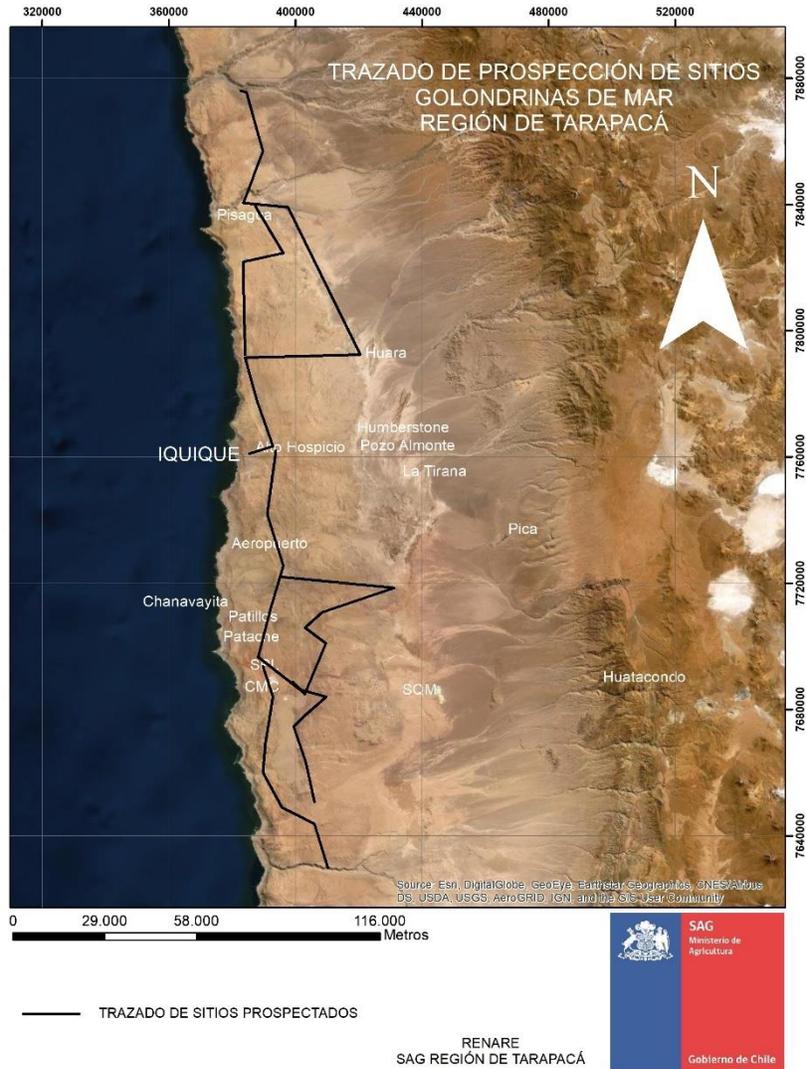


Figura 5. Sitios y transectos prospectados en el periodo del estudio.

El Salar del Carmen Norte se encuentra a unos 23 km al sureste de la ciudad de Iquique y a 12 km de la costa. Es una formación salina compuesta principalmente por haluros y sulfatos subordinados dispuestos a 830 msnm. El sector de Pampa Hermosa se ubica a 44 km lineales de Iquique y 21 km de la costa. Dentro del mismo sector, se ubica la Ex Oficina Gloria, la cual corresponde a un depósito salino a 746 msnm y donde aún permanecen sus ruinas. Su litofacies se presenta como una costra potente, de más de 1 m de espesor, y de superficie relativamente regular; a su vez distingue una costra central con gruesas resquebrajaduras y ondulaciones métricas, de amplio radio de curvatura, rodeada por otra consistente en terrones con nódulos arriñonados (Sepúlveda et al. 2014).

Por otro lado, el Salar Grande se ubica a los 697 msnm, a unos 63 km al suroeste de la ciudad de Iquique y a 27 km de la costa. Su litofacies de cloruros fue depositada como relleno de una extensa cuenca de 45 km de largo por 4-5 km de ancho casi exclusivamente con halita masiva, la que alcanza el 99% de pureza. En superficie, los depósitos se presentan como una costra de halita uniforme, de color pardo claro debido

a la presencia a una fina capa de arenas de origen eólico que la cubre casi totalmente. Además, presenta estructuras poligonales macroscópicas que se extienden como fracturas en profundidad (Sepúlveda et al. 2014).

Por último, la Quebrada del río Loa, obedece a un río, con 440 Km. desde su nacimiento en la cordillera de los Andes en las vegas que rodean las faldas del Volcán Miño (Demetrio, 1989), hasta llegar a su desembocadura en el Océano Pacífico.

Especial relevancia, tiene la zona de la desembocadura del río Loa, la cual se caracteriza por ser un área de reclutamiento de diversas especies de vertebrados e invertebrados acuáticos, entre las cuales se encuentran peces pelágicos de importancia comercial en el sector marino y camarones de río en la zona estuarina. El sector marino de la desembocadura del río Loa es una de las principales áreas de desove de la zona norte de especies tales como anchovetas, sardina y al menos otras 20 especies de peces litorales tales como corvinas, lizas, pejerrey, sargo, corvinilla, entre otros CONAMA (1997).

Las principales actividades industriales que se encuentran asociadas a la cuenca del río Loa, están referidas a la minería. La mayoría de éstas utilizan las aguas del río Loa en sus procesos y algunas industrias descargan sus residuos líquidos, tratados o no, directa e indirectamente al río Loa.

4.2 Obtención de datos

4.2.1 Registro de Incidentes de Golondrinas de mar

Se utilizará como base de datos, los registros obtenidos y entregados por el SAG Tarapacá, empresas y titulares de proyectos del borde costero ingresados al SEIA y la red de voluntarios rescatistas de la ONG Golondrinas de Mar en Región de Tarapacá, desde el año 2010 a la fecha. Respecto a los datos entregados por la ONG Golondrinas de Mar, éstos se encuentran distribuidos principalmente en los totales de la ciudad de Iquique y Alto Hospicio en conjunto con los datos del SAG Tarapacá. Los cuales incluyen fecha, especie, número de ejemplares, lugar del incidente y destino de los individuos. (Ver Fig. 10)

4.2.2 Determinación de sitios de nidificación

Durante diciembre 2016 a diciembre 2021, se utilizaron 93 jornadas/hombre (Tabla 2), para la búsqueda y descripción de sitios de nidificación de golondrinas de mar, asimismo se realizó un análisis mediante imágenes satelitales disponibles para la determinación de los sitios a prospectar de acuerdo a lo descrito como hábitat para esta familia. En todos los sectores se realizaron prospecciones en camioneta y recorrido pedestre buscando potenciales sitios de nidificación. Se seleccionaron sitios de planicie al interior de cada sector, donde la concentración de halitas era dominante. También se seleccionaron sitios de borde con pendiente, correspondiente a zonas de transición entre el salar y los depósitos aluvionales. Ambos sitios seleccionados de cada sector fueron revisados intensivamente por tres funcionarios de la Unidad RENARE de SAG regional, en busca de cavidades. Cuando un sitio con cavidades

era detectado, se procedía a revisar, registrando la presencia del olor característico de estas aves, así como restos de carcasas, plumas, fecas, cáscaras de huevo y comida (Torres-Mura & Lemus 2013). Los horarios de búsqueda comprenden principalmente horas diurnas (07:00am a 21:00hrs), sin embargo, igualmente se realizaron muestreos nocturnos en horario de actividad de la especie (21:00hrs a 04:00hrs). La confirmación de la presencia de individuos o huevos se realizó a través de playback y de la cámara sonda de inspección Ridgid micro CA-300 (Anexo 4).

Para el caso particular de la especie *H. markhami*, se tomaron registros de periodos reproductivos diferentes, estos datos corresponden a los siguientes periodos:

Tabla 1. Periodos reproductivos de *H. markhami* 2017-2021.

Período Reproductivo	Fechas involucradas
Período 2017	octubre 2016 a mayo 2017
Período 2018	octubre 2017 a mayo 2018
Período 2019	octubre 2018 a mayo 2019
Período 2020	octubre 2019 a mayo 2020
Período 2021	octubre 2020 a mayo 2021
Período 2022	octubre 2021 a diciembre 2021

Se definirá para efectos de descripción dos tipos de nidos:

Nido activo: el cual corresponderá a nidos con cuidado parental, entiéndase con polluelos y/o con adultos en periodo de incubación. También se considerará como activo a respuesta positiva a *playback* (vocalización del adulto dentro del nido)

Nido inactivo o abandonado: Se entiende por nidos con restos de plumaje y/o carcasas y/o restos de huevos y/u olor y/o restos de fecas, todo lo anterior relativo a la familia Hydrobatidae.

Para los datos obtenidos del sector de Chiza, éstos corresponden principalmente a datos obtenidos del titular de proyecto REDENOR, quienes durante el año 2021 entregaron al SAG información de seguimiento de la construcción de la nueva Línea de Alta Tensión la cual atraviesa dicho sector y levantó registros de nidificaciones en el área producto de compromisos asumidos durante el proceso de evaluación del proyecto dentro del SEIA. Asimismo, hubo numerosos registros en los sectores de Jarza y Quiuña, los cual igualmente fueron incluidos en los resultados correspondiente a las temporada 2022.

Por otra parte, para los datos obtenidos del sector de Salar Grande para la temporada 2022, se incorporaron datos de tres nidos entregados mediante correo electrónico por el profesional Gabriel Lobos y posteriormente verificados en terreno, el cual incluye datos de un nido de *H. hornbyi*. Asimismo, se incorporaron datos levantados por la consultora Falco en relación a la descripción del componente fauna del proyecto presentado al SEIA "Actualización Plan Minero CMPL".

Los terrenos se realizaron las siguientes fechas:

Tabla 2. Jornadas y metodologías utilizadas para la detección y descripción de sitios de nidificación de golondrinas de mar en la Región de Tarapacá, durante los años 2016-2021.

Sitio prospectado	Año Primer monitoreo	Cantidad de Jornadas	Tipo de registro
Chiza	2019	3	Sonda, Olor, Playback
Jarza	2018	5	Sonda, Olor, Playback
Quiuña	2018	15	Sonda, Olor, Playback, Canes
Caleta Buena	2016	23	Sonda, Olor, Playback, Canes
Salar el Carmen	2018	6	Sonda, Olor, Playback
Pampa Hermosa	2019	15	Sonda, Olor, Playback, Canes
Salar Grande	2017	20	Sonda, Olor, Playback, Canes
Loa	2019	6	Sonda, Olor, Playback, Canes
Total		93	

4.2.3 Detección de presencia/ausencia

Para la determinación de presencia o ausencia de individuos de golondrina de mar, se realizaron pruebas con *playback* obtenidas de nidos activos monitoreados anteriormente. Éstos se aplicaron en todos los sitios durante prospecciones diurnas a la entrada de la cavidad, mientras que durante la noche las reproducciones de *playback* fueron dirigidos hacia el ambiente, con el fin de detectar individuos volando. En cada punto se realizó un máximo de tres reproducciones seguidas de dos minutos de espera, considerando los resultados obtenidos a la fecha con los terrenos.

En Quebrada de Quiuña, Jarza, Salar Grande, Pampa Hermosa, Caleta Buena y Quebrada Loa también se realizaron prospecciones con la Brigada Canina provenientes de la BRICAN (Anexo 5). Todos los canes utilizados corresponden a raza labrador, los cuales fueron entrenados con plumas y restos de *H. markhami*.

Los trabajos de la Brigada Canina se realizaron en horario diurno entre las 17:00-20:30hrs con el fin de no generar una disminución del trabajo por parte de los perros, dadas las condiciones de altas temperaturas existentes en los lugares de nidificación. Las prospecciones con canes se realizaron en primera instancia en el salar Caleta Buena, Salar Grande, Pampa Hermosa y Quiuña, posteriormente se incluyeron todos los sitios. El método de búsqueda de nidos, la realiza primeramente el perro acompañado de su entrenador, una vez que el perro marca la existencia de un nido, se acerca un investigador quien verifica la existencia de olor característico de la especie, posteriormente de verifica mediante *playback* y finalmente con cámara de inspección los nidos marcados por el can detector. Los sitios inspeccionados por perros no presentaban evidencias de la presencia de otros depredadores caninos y fueron monitoreados posteriormente para evaluar posibles impactos de este método (Brigada Canina) en el éxito reproductivo. Considerando los resultados de los estudios SAG anteriores, se determina que este tipo de muestreo no genera impactos adversos a la nidificación de Golondrinas de Mar. Una vez terminada la época reproductiva, se verificó su éxito reproductivo y fueron comparados con el resto de los nidos que no fueron detectados por el método de Brigada Canina, de manera de

descartar cualquier afectación al sitio de nidificación. Igualmente se tiene antecedentes de que las colonias de golondrinas de mar tienen un moderado grado de adaptación a los disturbios en la superficie, razón por la cual no generaría afectación significativa en los nidos (Soldatini et al 2015.)

4.2.4 Características morfológicas y hábitos reproductivos

De acuerdo a la información obtenida de los diferentes individuos rescatadas producto de la atención de denuncia entre 2010 y 2020, se obtuvo las características biométricas de los individuos. Las mediciones fueron realizadas por funcionarios del Servicio a individuos rescatados y derivados a las oficinas del SAG. Todas las mediciones se realizaron bajo el alero del protocolo de anillamiento del Sistema Nacional de Anillamiento de Aves Silvestres (SNAA-SAG).

Para obtener información de los hábitos y periodos de actividad de la especie Golondrinas de Mar Negra, se instalaron seis cámaras trampa (Bushnell Trophy HD) entre el 8 de diciembre de 2017 y el 17 de abril de 2018. Tres cámaras en salar Caleta Buena y otras tres en Salar Grande. Las trampas se programaron para obtener videos de entre 10 y 60 segundos.

Para el caso de la Golondrina de Mar Chica, se instalaron dos cámaras trampa (Bushnell Trophy HD) entre el 3 de febrero de 2020 y el 31 de diciembre de 2021 en el Salar de Pampa Hermosa. Las trampas se programaron para obtener videos de entre 10 y 60 segundos.

Además, en cada nido activo se registró la temperatura (°C) en diferentes horas (Anexo 7) para el rango de días entre el 5 y 16 de diciembre de 2017. Las mediciones se realizaron con un termómetro láser infrarrojo (-50°C ~ 750°C) sobre la superficie, inmediatamente al exterior del nido y al interior del mismo. Las mediciones fueron realizadas en tres horarios diferentes, por la noche (21:44 – 22:38), mediodía (13:34 – 15:20) y crepúsculo (18:30 – 19:12).

Por otra parte, y en el caso de registrar nidos de temporadas anteriores, se realizó la verificación de ocupación del nido, es decir, se evalúa la fidelidad de la especie y si éstos ya habían sido utilizados en años anteriores y se encuentren nuevamente con actividad reproductiva. Este análisis se establece de acuerdo a la temporalidad reproductiva de cada especie y su ubicación.

5. RESULTADOS

5.1 Reportes de incidentes en la Región de Tarapacá

Desde el año 2010 que la Unidad de Recursos Naturales de la Dirección Regional del SAG realiza la atención de denuncia y liberación de las cuatro especies involucradas. Los individuos son ingresados al Servicio a través del formulario de movimiento de fauna silvestre, donde son examinados para luego ser liberados al mar en sectores lejos de contaminación lumínica. La liberación se realiza en el sector sur de la ciudad de Iquique, en horario nocturno, las aves son dejadas en el borde costero para que ellas por su propia voluntad puedan emprender vuelo, mar adentro. Por otra parte, se recibe la información recopilada por la ONG Golondrina de Mar, la cual se hace cargo de la mayor parte de los llamados y

rescates dentro de las zonas urbanas de la región. Asimismo, nuestro Servicio recibe anualmente los reportes de incidentes de empresas que operan principalmente en el Salar Grande, Patillos y Patache, con la finalidad de mantener un registro de las contingencias asociadas a proyectos ingresados al SEIA. Esta información es pública, ya que es enviada por cada una de las empresas al sistema de la Superintendencia de Medio Ambiente SMA.

5.1.1 Incidentes reportados al Servicio Agrícola y Ganadero

Entre el 2010 y 2021 el SAG Regional Tarapacá cuenta con registro de un total de 26.111 individuos, donde la especie con mayor número de reportes fue *H. markhami* con un total de 25.176 individuos, quien representa un 96,4% del total de individuos. Le siguen *H. hornbyi* con un total de 822 individuos (3,14%), luego *O. gracilis* con un total de 94 individuos (0,36%) y por último *H. tethys* con 19 individuos las cuales representan sólo un 0,07% del total.

La tendencia de atención de denuncia ha ido en aumento desde el 2010, sin embargo, desde el 2014 se presentó un aumento del número de individuos atendidos (Fig. 6). *H. markhami* fue la especie más abundante, seguida por *H. hornbyi* la cual ha sido frecuente desde el 2010. *H. gracilis* ha sido registrada durante todos los últimos años, mientras que *H. tethys* sólo ha sido registrada los últimos años.

Por otro lado, los reportes de las distintas especies de golondrinas se distribuyen heterogéneamente durante el año (Fig. 7). *H. markhami* es la especie que se registró más ampliamente durante todos los meses del año. Esta especie tuvo la mayor cantidad de incidentes producto de la atención de denuncia entre los meses de marzo a junio, correspondiendo es su mayoría a individuos en etapa de juvenil. *H. hornbyi* fue registrada durante 8 meses, sin embargo, durante marzo, abril y octubre sólo fue reportada en pequeñas proporciones, dominando el número de reportes entre mayo y septiembre. Los individuos de *O. gracilis* fueron reportados en un total de 10 meses, registrándose principalmente entre agosto y diciembre. Mientras que los individuos de *H. tethys* fueron rescatados en el mes de agosto a diciembre (Fig. 8).

Espacialmente, los individuos reportados durante el periodo de estudio fueron rescatados desde las comunas de Iquique (radio urbano), con el 31,22% (n=8.152) de los individuos. Alto Hospicio, con el 9,65% (n=2.521), seguidas por localidades de Aeropuerto Diego Aracena y Pozo Almonte con el 0,25 y 0,15% respectivamente. También hubo registros en las localidades de Huara, Pisagua, Chanavayita, Huatacondo, La Tirana y Pica. (Fig. 9)

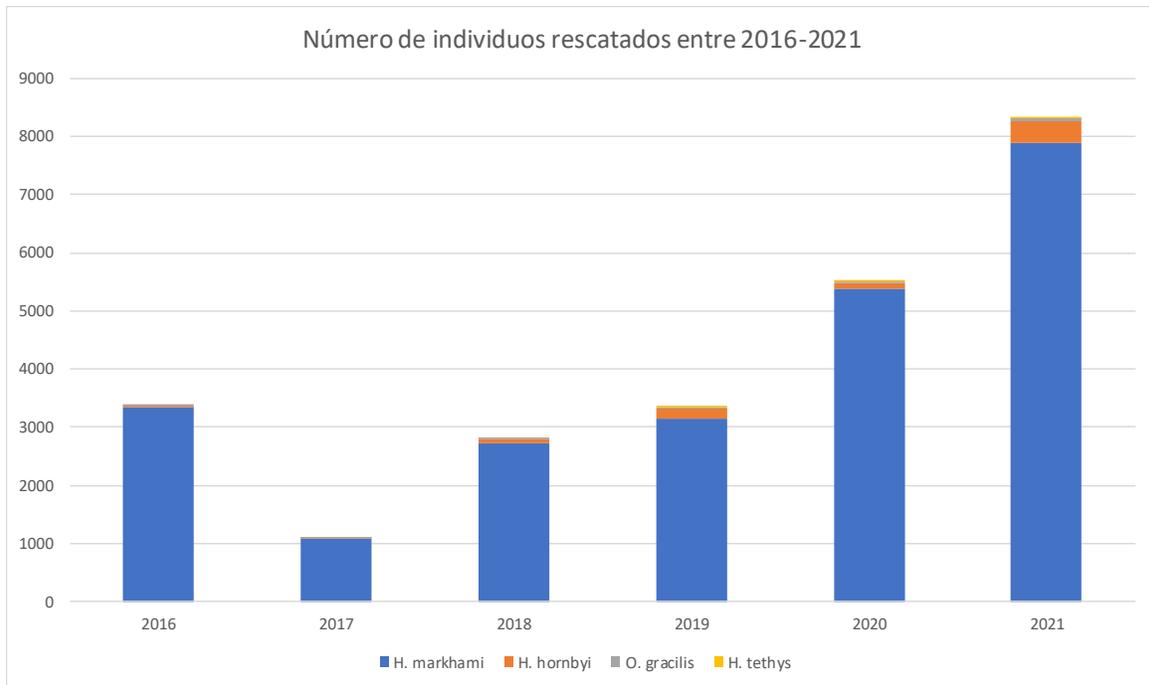


Figura 6. Número total de individuos rescatados de la Región de Tarapacá, durante los años 2016-2021.

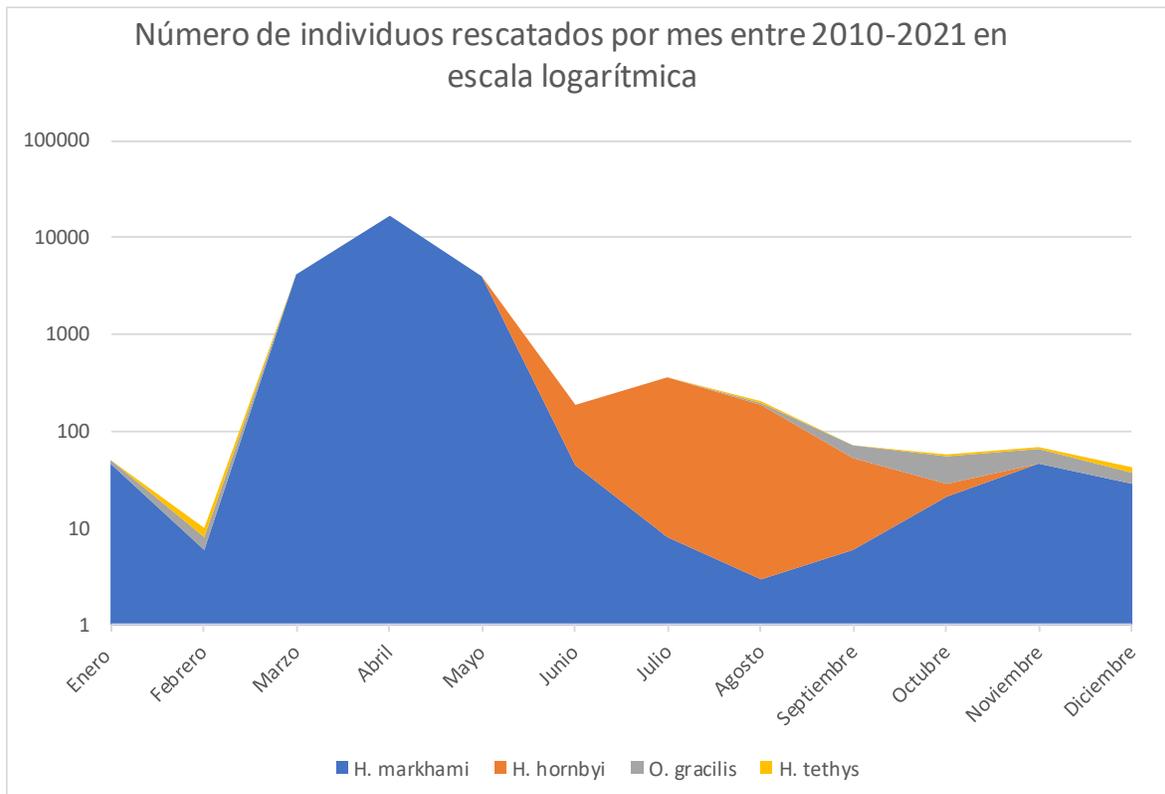


Figura 7. Distribución temporal de especies de golondrinas reportadas en incidentes en la Región de Tarapacá, durante los años 2010-2021.

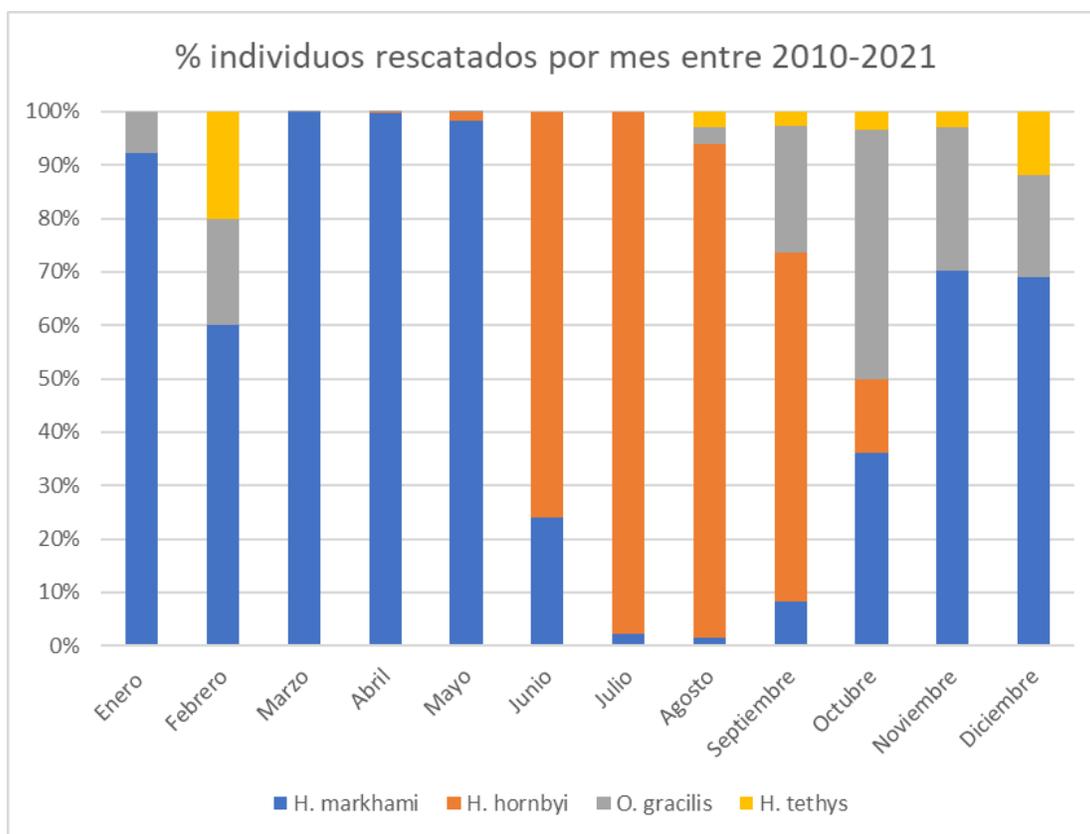


Figura 8. Porcentaje mensual de especies de golondrinas reportadas en incidentes en la Región de Tarapacá, durante los años 2010-2021.

El otro registro de incidentes corresponde a los datos entregados por las faenas industriales del Salar Grande, dentro de las cuales se encuentra la Sociedad Minera Punta de Lobos S.A. (K+S) y La Compañía Minera Cordillera. En el caso de K+S durante el año 2015, reportó colisiones de 747 individuos correspondientes a la especie *H. markhami*. Durante el 2016 los incidentes se concentraron entre los meses de marzo a mayo (Fig. 6), reportándose 2601 aves vivas y 303 muertas con un total de 2904 para ese año. Por otro lado, los reportes 2017 y 2018 muestran un total de 795 incidentes y 760 incidentes respectivamente. Finalmente, durante los últimos tres años reportan un total de 562, 2.607 y 2.855 individuos respectivamente. Las colisiones provienen en su mayoría de las instalaciones del sector mina y planta, ubicadas al interior del Salar Grande. En el caso de la Minera Cordillera, reportaron un total 449 individuos durante el año 2018, 335 individuos el año 2019, 629 individuos para el año 2020 y 681 individuos para el año 2021, no teniendo registros de años anteriores. Por último, a partir del año 2020 se incorpora SQM S.A. con un total de 141 individuos para el año 2021, Compañía Minera Collahuasi con 122 individuos rescatados el 2021, Compañía minera Teck Quebrada Blanca con 698 individuos rescatados el 2021 y Enel Patache con un total de 21 individuos rescatado el 2021 (Fig. 9 y 10).



Figura 9. Mapa de incidentes con golondrinas de mar, durante el periodo de estudio.

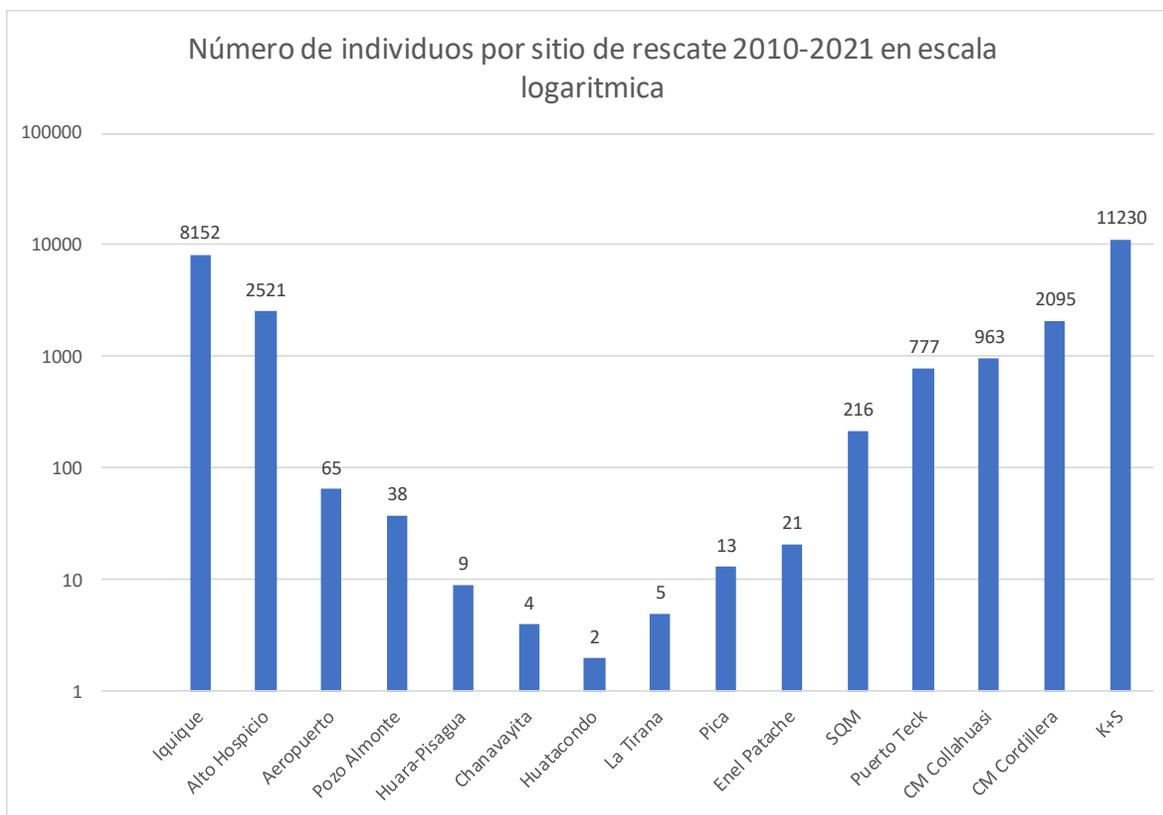


Figura 10. Número de individuos de golondrinas rescatadas en diferentes sitios de la Región de Tarapacá, entre los años 2010-2021.

Los rescates producto de la atención de denuncia de *H. markhami* provinieron desde todos los sitios mencionados (Fig. 11). Siendo mayoritario su reporte los registros de SPL con un total de 43% (n=11.230), seguido por el radio urbano de la ciudad de Iquique, donde concentra el 31,22(n=8.152) de los registros, seguido por la localidad de Alto Hospicio con el 9,65% (n=2.521), le siguen la faena minera Cordillera con un 8,02 (n=2.095). Por otro lado, *H. hornbyi* fue reportado en Iquique, con el 63,6% (n=523), en Alto Hospicio con el 24,5% (n=202), le sigue Puerto Teck con un 5,7% (n=47), SQM con un 3,7% (N=31) y en Pica con siete individuos y por último en Pozo Almonte con tres individuos. Mientras que, *O. gracilis* fue reportado en Iquique con un 82% (n=78), seguido por Alto Hospicio con un 13,8% (n=13), seguido por dos registros en Teck y uno en Pozo Almonte. Por último, *H. tethys* fue reportada sólo en el radio urbano de Iquique con un total de 19 individuos. Se hace mención que el 70% de los individuos rescatados en la ciudad de Iquique, provienen del sector del paseo costero de Playa Brava y Cavancha. Durante el año 2018, individuos marcados y liberados en el sector de Patillos ubicado a 50km al sur de la ciudad, se encontraron al día siguiente en el paseo costero de Playa brava de la ciudad de Iquique.

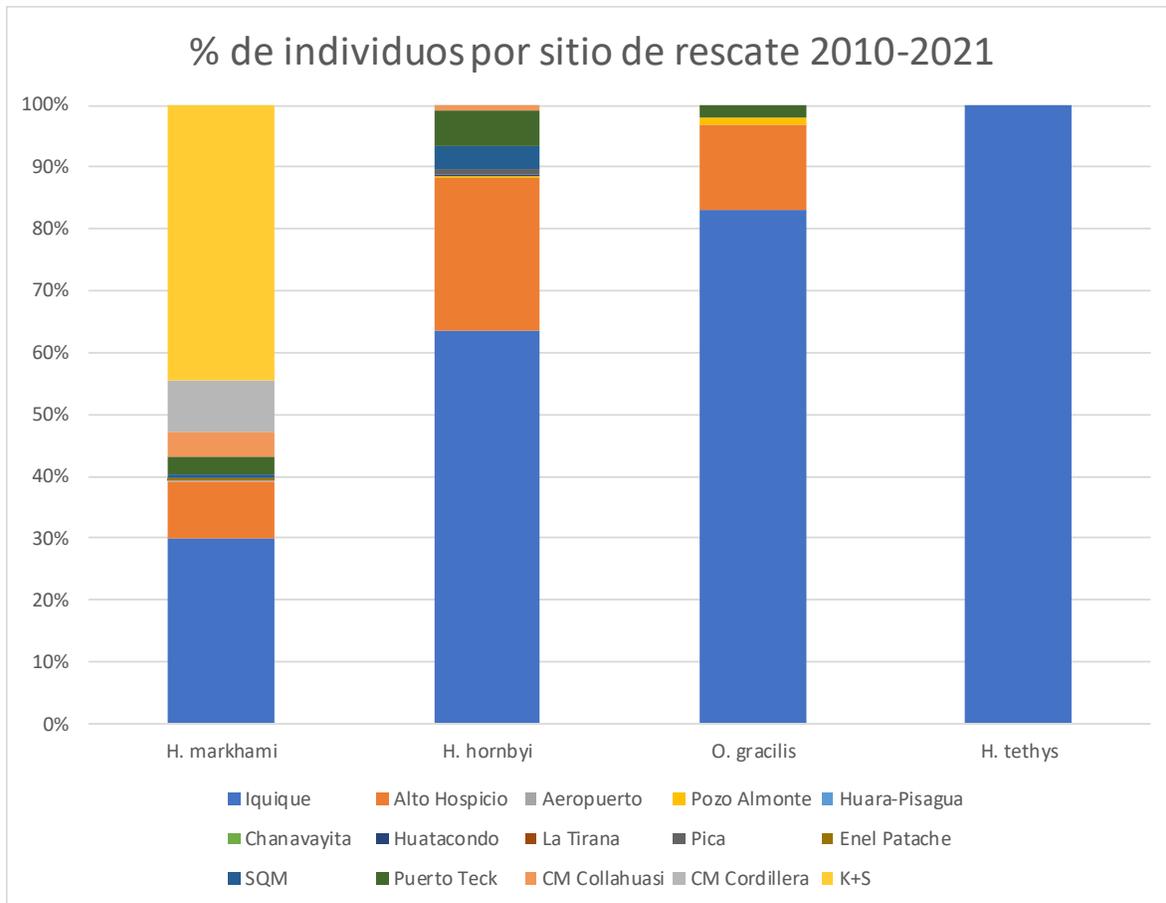


Figura 11. Porcentaje de individuos por sitios rescatados en diferentes lugares de la Región de Tarapacá, entre los años 2010-2021.

5.2 Prospecciones e identificación de sitios de nidificación

5.2.1 Caracterización de los sitios prospectados

Durante el periodo de estudio se identificaron ocho sitios con potencialidad de nidificación. Al prospectar los sitios en cuestión, cinco fueron identificados con colonias reproductivas activas, al momento de la visita. Estos sitios correspondieron a nidificaciones activas de las especies de *Hydrobates markhami*, *Hydrobates hornbyi* y *Oceanites gracilis*. Los sitios con nidificación de golondrinas de mar, de norte a sur son: Chiza, Jarza, Quiuña, Caleta Buena, El Carmen Norte, Pampa Hermosa, Salar Grande y El Loa (Fig 12). La descripción y extensión de los sitios, se realizó por diferenciación en terreno del tipo de sustrato y características propias de un ambiente potencialmente útil para nidificación de especies de la familia Hydrobatidae.

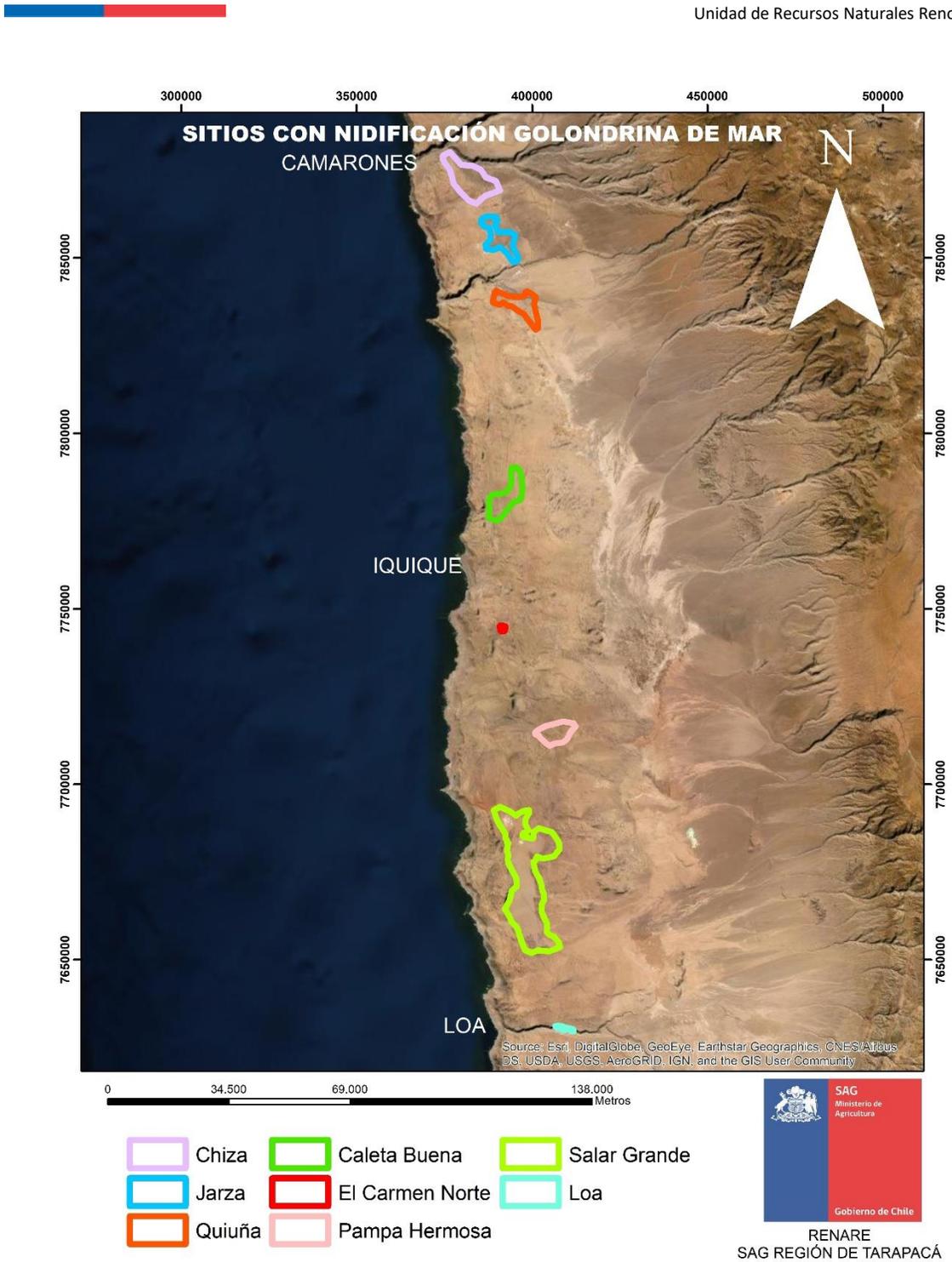


Figura 12. Mapa de los sitios prospectados durante el periodo de estudio.

De acuerdo a lo terrenos realizados en los diferentes sectores, la visita y metodología utilizada para la descripción de los sitios, estuvo acorde a los terrenos que se lograron programar y a las dificultades de acceso a algunos sectores.

5.2.1.1 Sector Chiza

Este sector nace durante los monitoreos realizados el año 2021, año en que fue posible incorporar la información entregada por el proyecto REDENOR, los cuales sumaron un total de 883 nuevos registros de nidos de Golondrina de Mar Negra en este sector (Fig. 13).

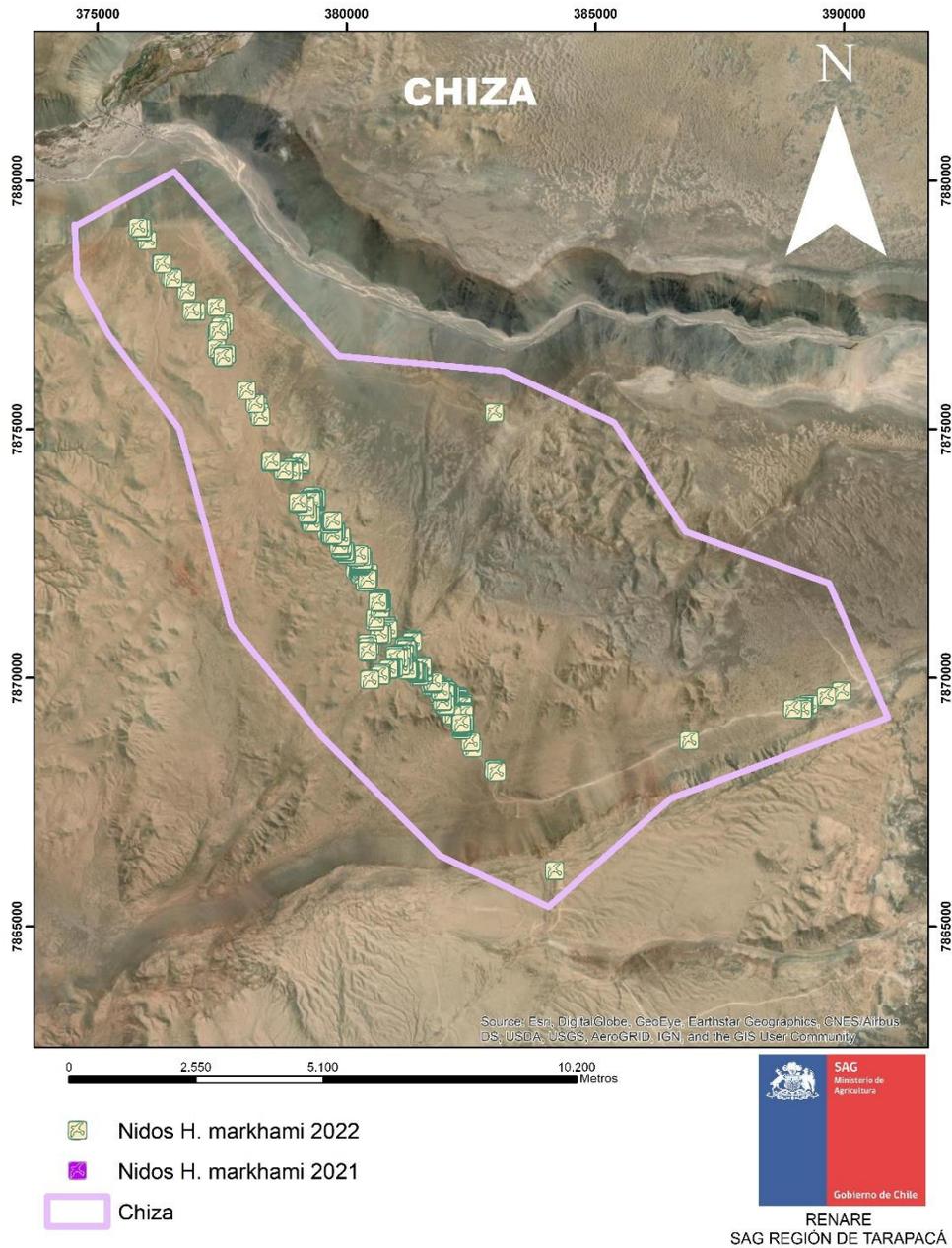


Figura 13. Ubicación de nidos del sector de Chiza durante el periodo de estudio.

5.2.1.2 Sector Jarza

En el sector de Jarza, se identificaron dos puntos de nidificación inactivos el año 2018 y dos nidos inactivos durante el año 2020, con olor y restos de plumaje, pero sin adulto, huevo o polluelo, por lo cual se determinó como sitio de nidificación de especie indeterminada (Fig. 14). Estos hallazgos fueron detectados a fines del año 2018 y 2020, sin embargo y considerando el difícil acceso al sector, se hace complejo poder visitar en las temporadas posteriores. Asimismo, durante el año 2021, fue posible incorporar la información entregada por el proyecto REDENOR, los cuales sumaron 510 nuevos registros de nidos de Golondrina de Mar Negra en este sector.

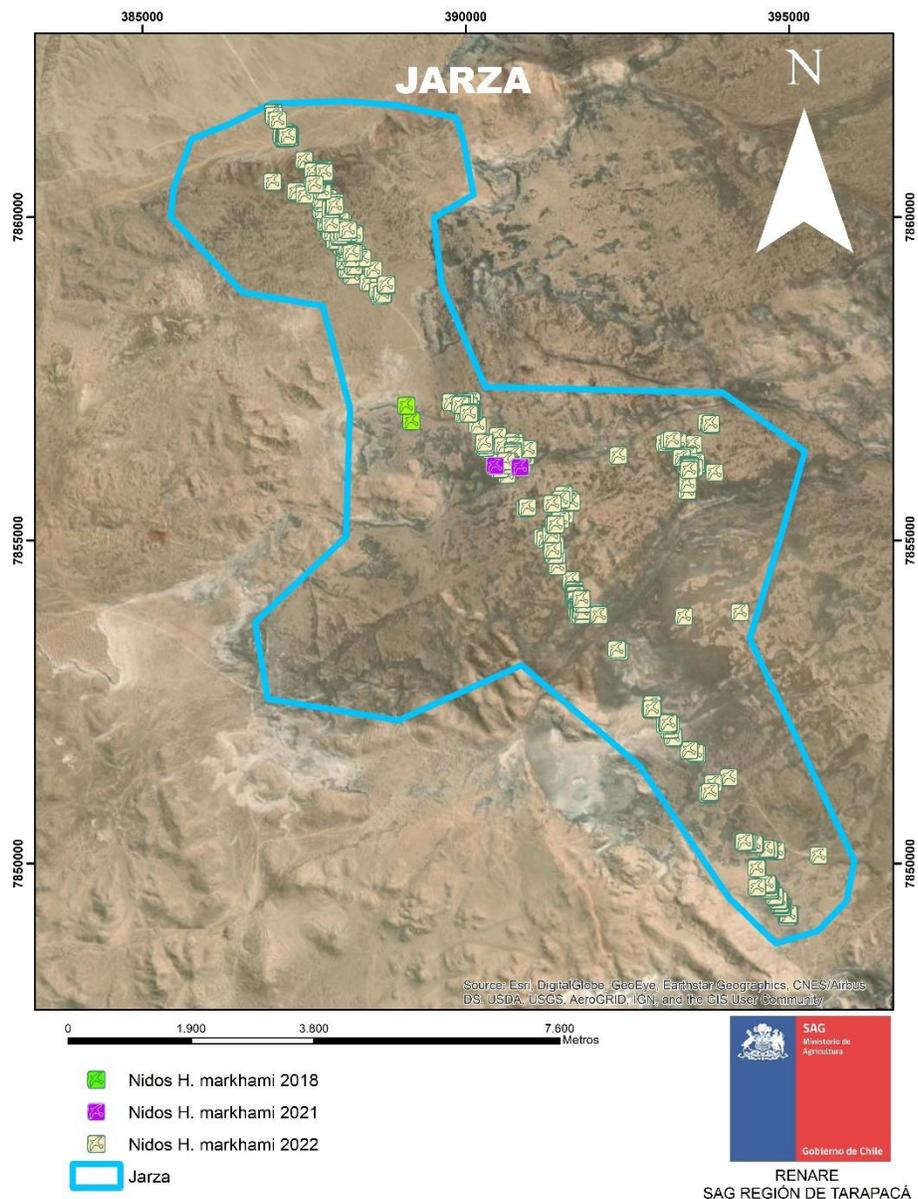


Figura 14. Ubicación de nidos inactivos del sector de Jarza prospectados durante el periodo de estudio.

5.2.1.3 Sector Quiuña

El sector de Quiuña, fue identificado en campañas marzo y abril de 2018, en dichas prospecciones se encontraron signos de nidos abandonados y huevos sin eclosionar (Fig. 15). En terreno realizado el día 14 de noviembre de 2018 se detecta uno de los nidos con un polluelo de *H. markhami* de varias semanas de edad (Fig. 15), contabilizando seis nidos en este sector para el período 2019. Para el período 2020, se detectaron un total de 12 nidos activos, todos correspondientes a nidos con pollos considerando la fecha de visita a fines de octubre 2020. Adicional a los 12 nidos registrado durante el año 2020, se hace por primera vez un registro de a un nido de *Hydrobates hornbyi*, el cual fue registrado por la ROC (Medrano, R. et al., 2019), ver Figura 17. Para la temporada 2021, se registraron solo tres nidos, los cuales ya habían sido utilizado en temporadas anteriores. Para la temporada 2022, se contó con 12 nuevos registros SAG y 63 registros aportados por REDENOR. En relación al grado de reutilización de los nidos, este sector tiene un 20% de nidos que son utilizados para cada temporada.

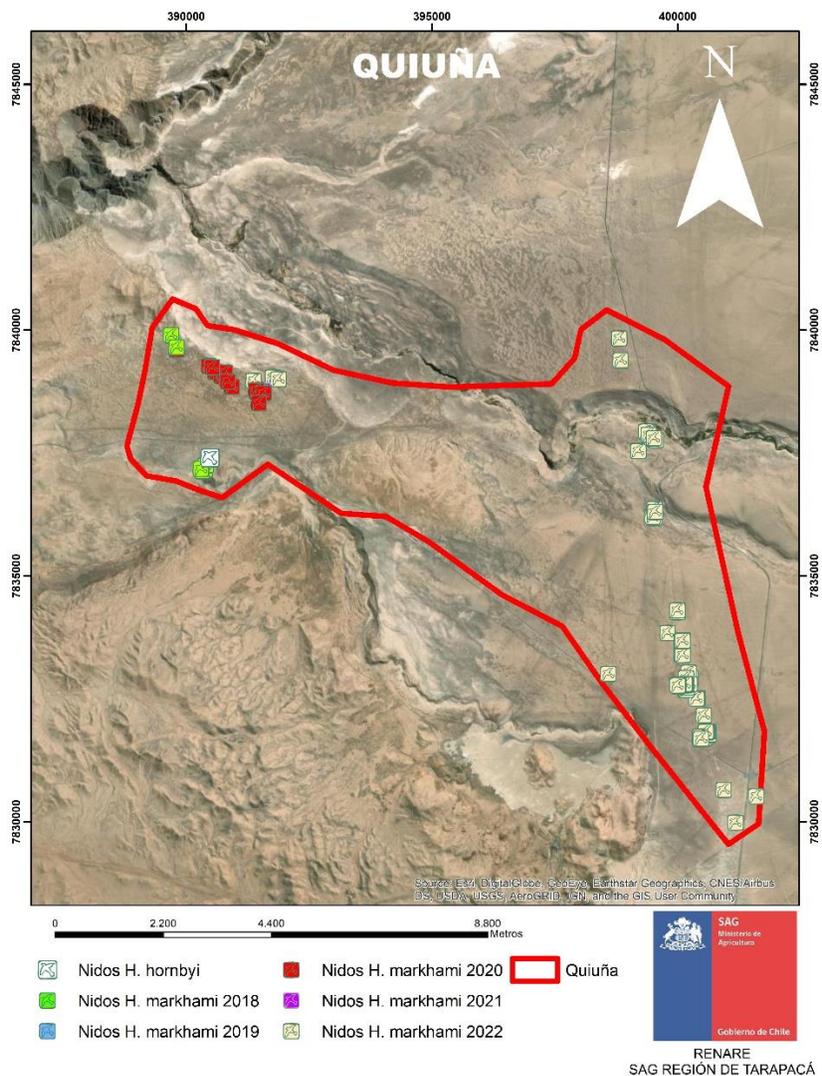


Figura 15. Ubicación de nidos activos del sector de Quiuña prospectados durante el periodo de estudio.



Fig.16. Polluelo de *H.markhami*, en sector Quiuña.



Fig.17. Adulto de *H.hornbyi*, en sector Quiuña.

5.2.1.4 Sector Caleta Buena

En el salar Caleta Buena se detectaron tres nidos durante el periodo 2017, para el período 2018 se contabilizaron 30 nidos, para el periodo 2019 se detectaron un total de 102 nidos, y por último para el período 2020 se detectaron un total de 14 nidos (Fig. 18). El inicio del periodo reproductivo se inicia en el mes de septiembre con la llegada de los adultos a las cavidades, comenzando las posturas de huevos en el mes de noviembre (Tabla 3, Fig. 19). Para la temporada 2022 este sector sufre una importante modificación debido a los nuevos registros levantados por el SAG al noreste del sitio con 160 nidos.

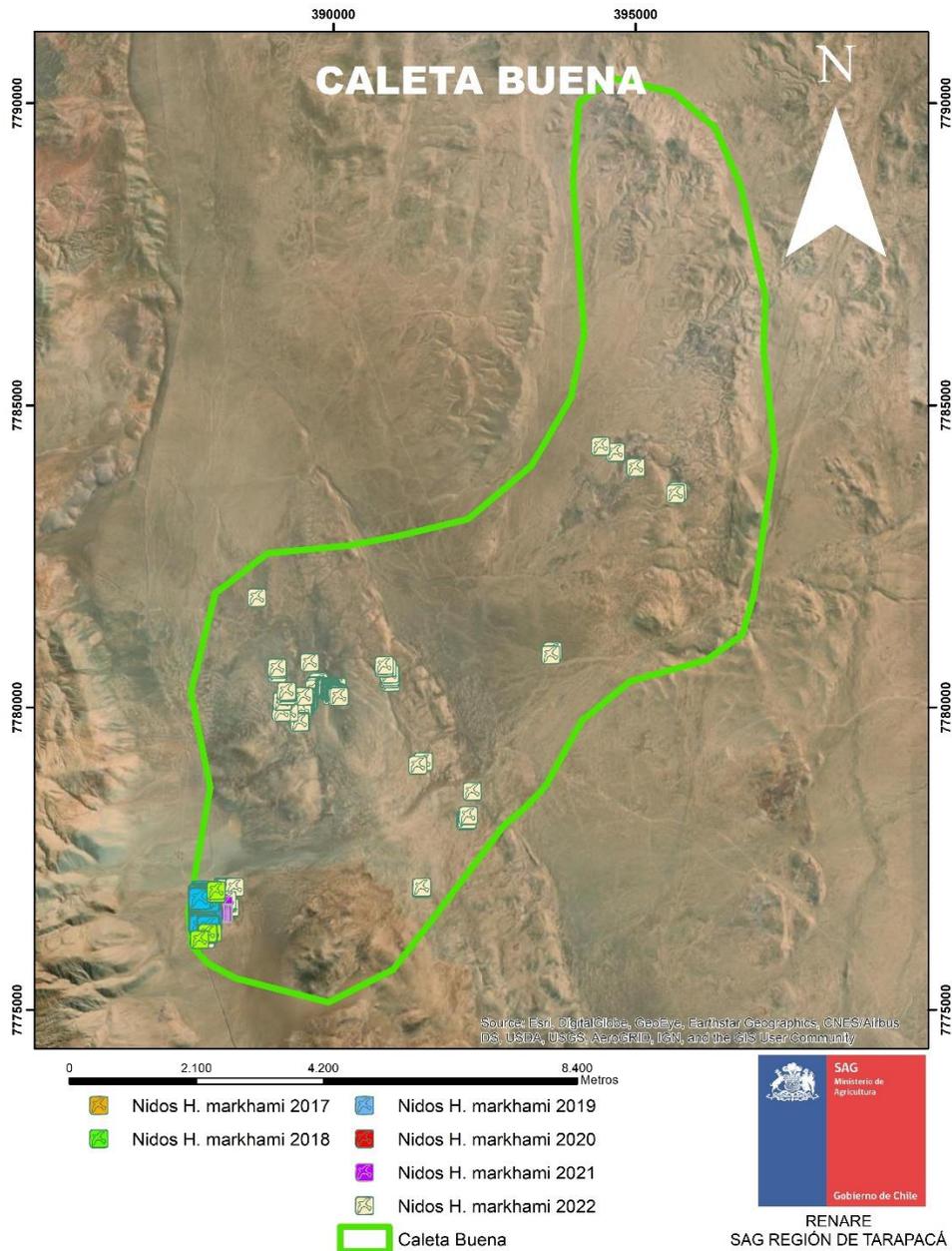


Figura 18. Ubicación de nidos activos del Salar Caleta Buena.



Fig. 19. Adulto y huevo de *H. markhami*, en Salar Caleta Buena.

Sector	Fecha	Metodología				O. markhami			
		Sonda	Olor	Playback	Canes	Adultos	Huevos	Pollos	inactivos
Caleta Buena	09-12-2016	x	x			x	x		
	27-12-2016	x	x			x	x		
	07-12-2017	x	x	x	x	x	x		
	11-12-2017	x	x	x		x	x		
	24-01-2018	x	x	x	x	x	x	x	
	07-02-2018	x	x	x			x	x	
	01-03-2018	x	x	x				x	x
	22-03-2018	x	x	x				x	x
	03-05-2018	x	x	x					x
	03-12-2018	x	x	x	x	x	x		
	06-12-2018	x	x	x	x	x	x		
	26-12-2018	x	x	x		x	x	x	
	11-01-2019	x	x	x	x	x	x	x	
	08-02-2019	x	x	x	x	x	x	x	
	21-02-2019	x	x	x			x	x	
	06-03-2019	x	x	x	x			x	x
	22-03-2019	x	x	x	x			x	x
	02-04-2019	x	x	x				x	x
	31-05-2019	x	x	x					x
	10-07-2019	x	x	x					x
	30-08-2019	x	x	x					x
	17-09-2019	x	x	x					x
	04-10-2019	x	x	x		x			
	19-11-2019	x	x	x	x	x			
	28-11-2019	x	x	x	x	x			
	29-11-2019	x	x	x		x			
	16-01-2020	x	x	x		x	x	x	
	30-01-2020	x	x	x			x	x	x
	19-02-2020	x	x	x	x			x	x
	28-09-2020	x	x	x		x			
12-10-2020	x	x	x	x	x	x			
15-09-2021	x	x	x	x	x				
27-10-2021	x	x	x	x	x	x			
03-12-2021	x	x	x	x	x	x	x		

Tabla 3. Tabla de terrenos realizado al sector de Caleta Buena durante el período de estudio.

Considerando el fácil acceso y gran cantidad de nidos, una vez hecho el recuento para la temporada 2020, 2021 y 2022 se registra un promedio de un 50% de nidos reutilizados de temporadas anteriores.

5.2.1.5 Sector Carmen Norte

En el Salar Carmen Norte ha registrado a la fecha sólo dos nidos, uno para la temporada 2018 y otro para la temporada 2019, ambos detectados mediante el uso de *playback* de *H. markhami*, ambas cavidades presentaron restos de pluma, fecas y olor característico. Un grupo de cavidades se encontraron en una planicie marginal del salar, mientras que otra concentración de cavidades con restos fue registrado al sur del primero, en una zona con alta pendiente y de exposición al sur (Fig. 20). Para la temporada 2021 Y 2022 se monitorearon 2 nidos encontrándose inactivos.

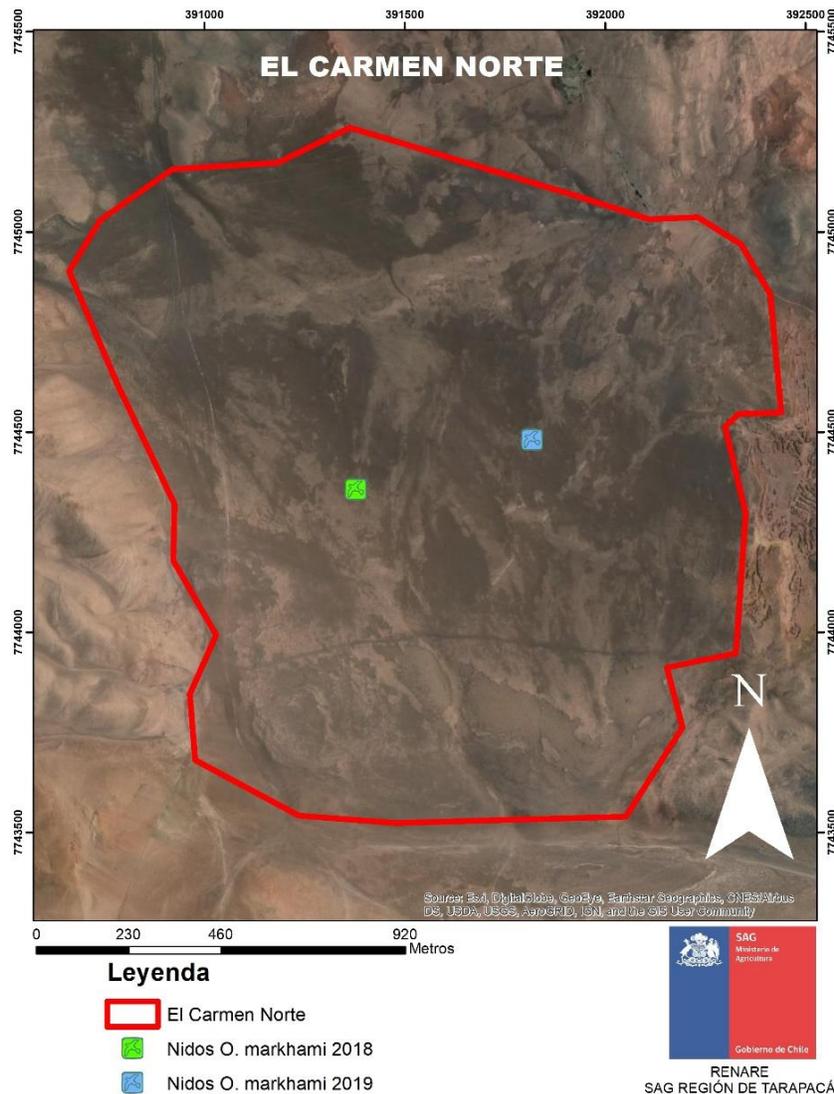


Figura 20. Ubicación de nidos del Salar Carmen Norte, prospectado durante el periodo de estudio.

5.2.1.6 Sector Pampa Hermosa

En el Sector de Pampa Hermosa se detecta con nidos en enero del año 2019, encontrando un total de tres nidos de *Hidrobates markhami* con la brigada canina SAG en el sector oeste (ver Fig. 21). Posteriormente para el período 2020, 2021 y 2022 se detectaron un total de 14 nidos, 9 nidos y 7 nidos activos respectivamente de la misma especie en diferentes sectores. Obteniendo un 55% de reutilización de nidos para este sector.

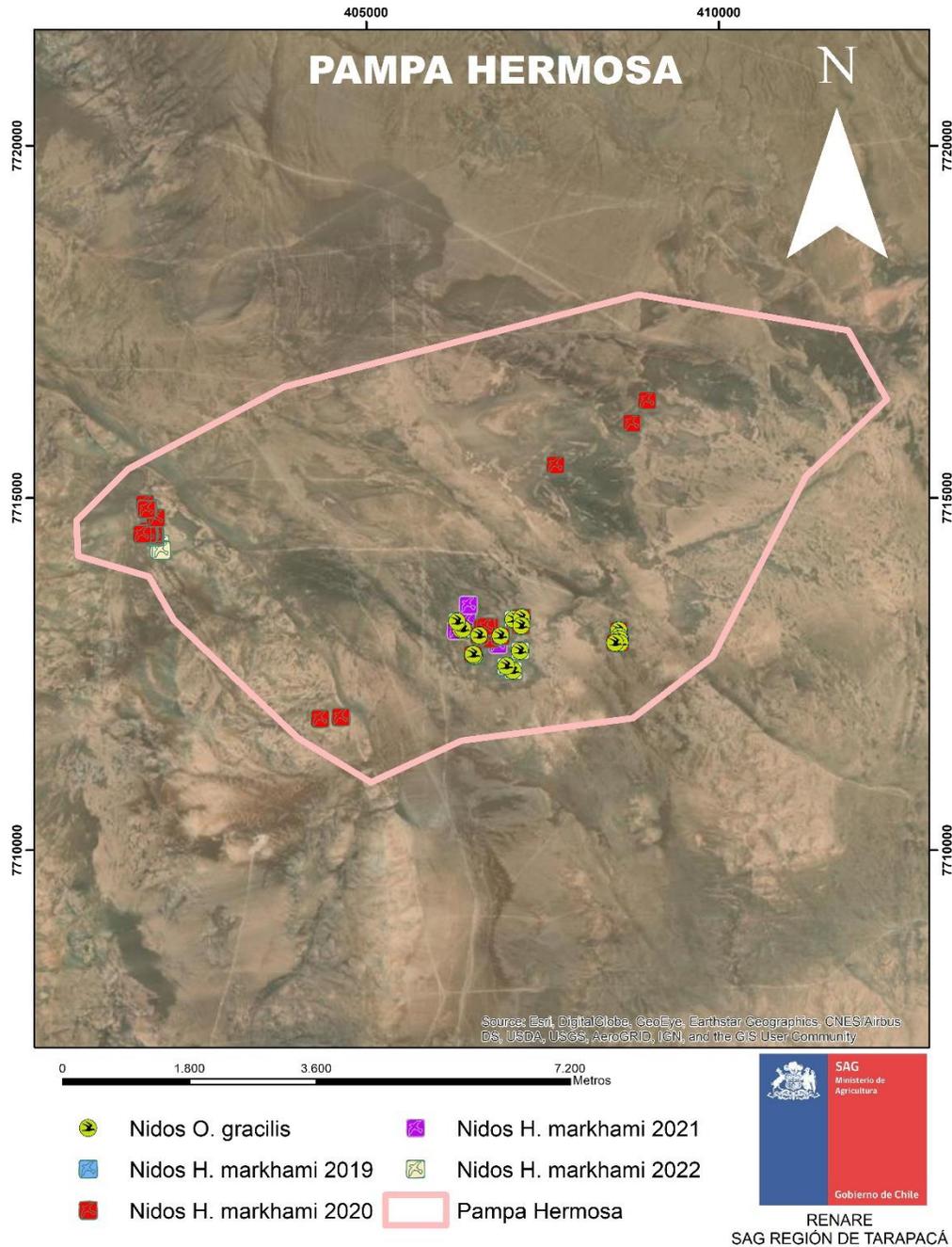


Figura 21. Ubicación de nidos del Pampa Hermosa, prospectado durante el periodo de estudio

Por otra parte, dentro del mismo sector se registraron nidos de la especie Golondrina de Mar Chica *Oceanites gracilis*, detectando un total de 16 nidos para la temporada 2020, 2 para la temporada 2021 y 9 para la temporada 2022. Uno de los nidos aún mantenía en su interior a un polluelo (Fig. 22), el cual fue extraído medido y anillado, para finalmente devolverlo en su nido. Adicional para la temporada 2021, se registraron dos nidos con adultos con huevo, los cuales ya habían sido utilizados en la temporada anterior (Fig. 23).



Fig. 22. Mediciones y anillamiento de juvenil de *O.gracilis*, en Pampa Hermosa.



Fig. 23. Adulto con huevo *O.gracilis*, en nido utilizado en dos temporadas en Pampa Hermosa.

5.2.1.7 Sector Salar Grande

En el Salar Grande, se detectaron 46 nidos activos para el periodo 2019, 21 nidos activos para el período 2020, un total de 16 nidos activos para el periodo 2021 y 62 nidos para la temporada 2022, sumando un total de 145 nidos activos en todo el periodo de estudio, distribuidos principalmente en la ladera este del salar (Fig. 24). Del total de nidos encontrados en el Salar un total de 43 nidos han mantenido actividad reproductiva durante las tres temporadas, es decir un 30%. En este Salar la llegada de los adultos comienza en el mes de octubre, comenzando con la postura de huevos en el mes de diciembre, continuando con los pollos a fines de enero y abandonando el sitio a fines del mes de mayo con la salida de los últimos juveniles (Tabla 4). Los resultados de las cámaras trampa, al igual que Caleta Buena, no evidenciaron alteraciones al ciclo reproductivo de la especie *H. markhami*, producto de la utilización de canes detectores, esto es, no hubo abandono de nido, muerte por estrés, cambio en el ciclo biológico del nido, modificación del tipo y sustrato de la cavidad del nido. Todos los nidos registrados, se ubicaron en zonas de borde con una pendiente variable de exposición oeste.

Tabla 4. Tabla de terrenos realizado al sector de Salar Grande en el período de estudio.

Sector	Fecha	Metodología				O. markhami			
		Sonda	Olor	Playback	Canes	Adultos	Huevos	Pollos	inactivos
Salar Grande	05-12-2017	x	x	x	x	x			
	08-12-2017	x	x	x	x	x			
	10-01-2018	x	x	x	x	x	x		
	17-01-2018	x	x	x	x	x	x		
	19-01-2018	x	x	x		x	x		
	31-01-2018	x	x	x		x	x	x	
	08-02-2018	x	x	x	x	x	x	x	
	02-03-2018	x	x	x				x	x
	28-03-2018	x	x	x				x	x
	17-04-2018	x	x	x				x	x
	03-05-2018	x	x	x				x	x
	17-10-2018	x	x	x		x			x
	15-01-2019	x	x	x		x	x		
	20-02-2019	x	x	x	x	x	x		
	27-02-2019	x	x	x		x	x		
	14-03-2019	x	x	x		x	x	x	
	24-10-2019	x	x	x	x	x			
	26-11-2019	x	x	x	x	x			
	03-02-2020	x	x	x	x		x	x	
	13-02-2020	x	x	x				x	x
25-11-2020	x	x	x	x	x				
12-12-2020	x	x	x		x	x			
10-11-2021	x	x	x		x	x			
19-11-2021	x	x	x		x	x			

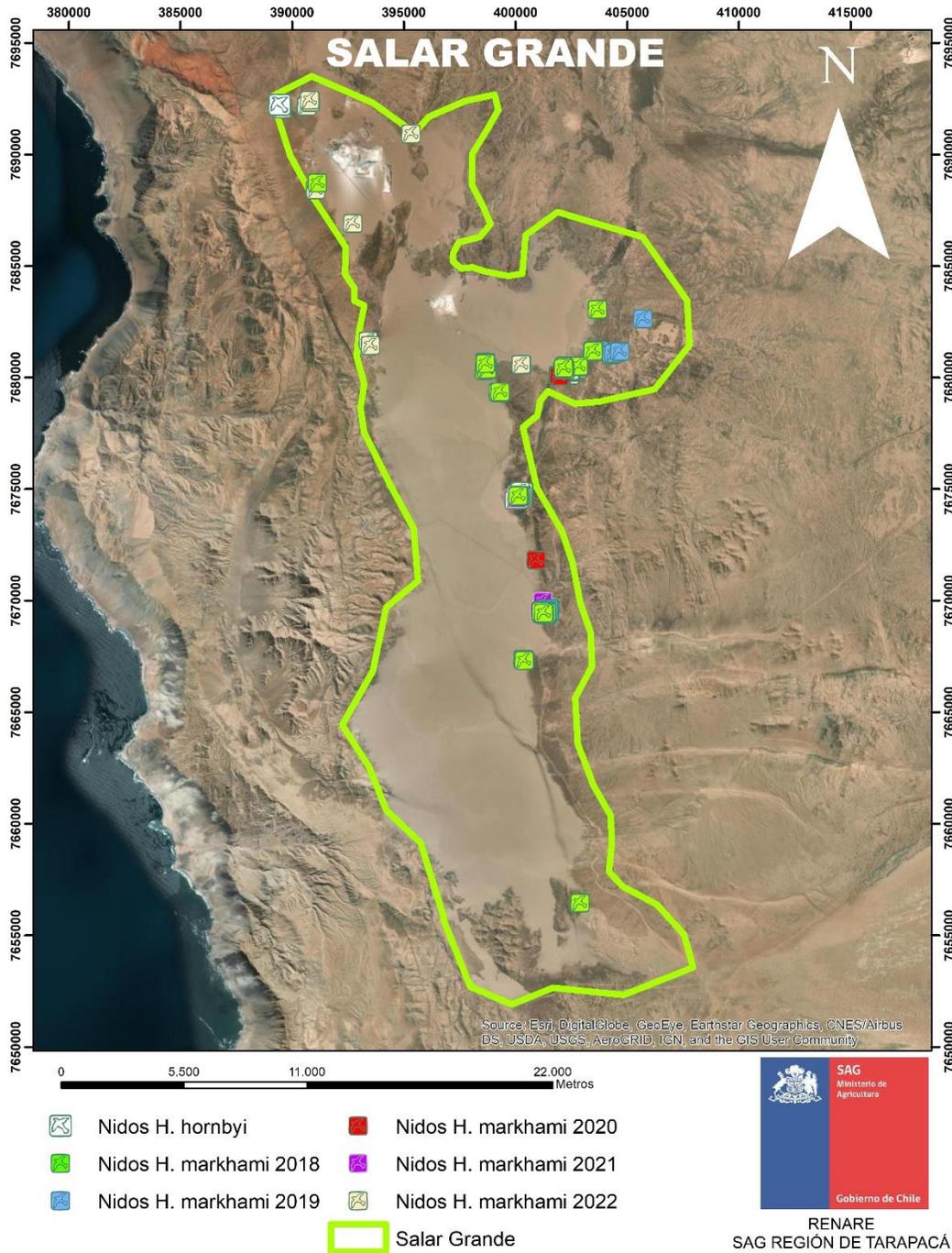


Figura 24. Distribución de los sitios con nidos activos de *H. markhami* en Salar Grande, en el periodo de estudio.

5.2.1.8 Sector Loa

Por último, se entregan los resultados de los registros obtenidos en el sitio del Loa, el cual fue por primera vez prospectado el 17 de abril de 2018, encontrando un total de cinco nidos abandonados (sin adultos), uno de ellos con un huevo, sin embargo, no había actividad al momento de la revisión por cámara sonda. Posterior a ello y una segunda visita realizada el día 16 de noviembre de 2018, se verifican los mismos sitios encontrando un nido con un adulto de *H. hornbyi* muerta y un huevo en el nido. Por lo cual se define el sitio como área de nidificación de Golondrina de Mar de Collar (Fig. 25). Durante las temporadas siguientes, no se han registrado nidos activos en el sector.

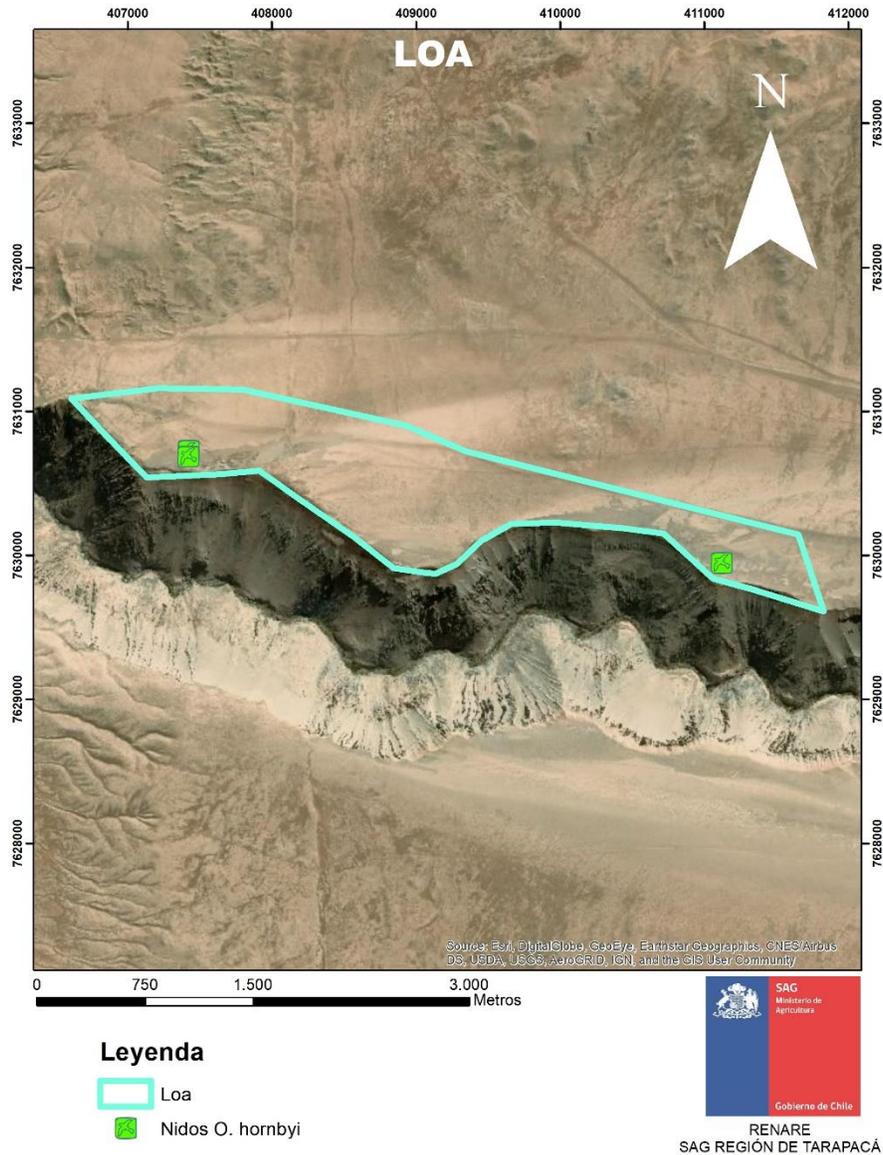


Figura 25. Ubicación de cavidades con restos de la especie *H. hornbyi* al norte del Quebrada del río Loa, durante el periodo de estudio.

5.3 Características morfológicas y hábitos reproductivos

5.3.1 Biometría

Entre el año 2010-2019 se anillaron 20 individuos de *H. markhami*, cinco de *O. gracillis*, dos de *H. hornbyi* y dos *H. tethys*. Todos los individuos de *H. markhami* corresponden a atención de denuncia de los meses marzo a abril y a una captura en el salar Caleta Buena en el mes de diciembre 2017.

Los datos biométricos obtenidos de *H. markhami* corresponden a 17 individuos juveniles y un adulto reproductor. El largo de cuerda alar promedió 171.4 (DE±5.2) mm, con un mínimo de 163 y un máximo de 179 mm. Por otro lado, el largo del pico promedió 17 (DE±0.8) mm, con un mínimo de 15.5 y un máximo de 19.4 mm, esta medición se realizó mediante culmen total del ave. El largo de la cola fue de 89.4 (DE±12) mm, con 62 mm de valor mínimo y 105 mm como máximo. Por último, el peso promedio de los individuos fue de 46.5 (DE±4.3) g, con un peso mínimo y máximo de 36 y 52 g, respectivamente (Fig 26, Tabla 5).

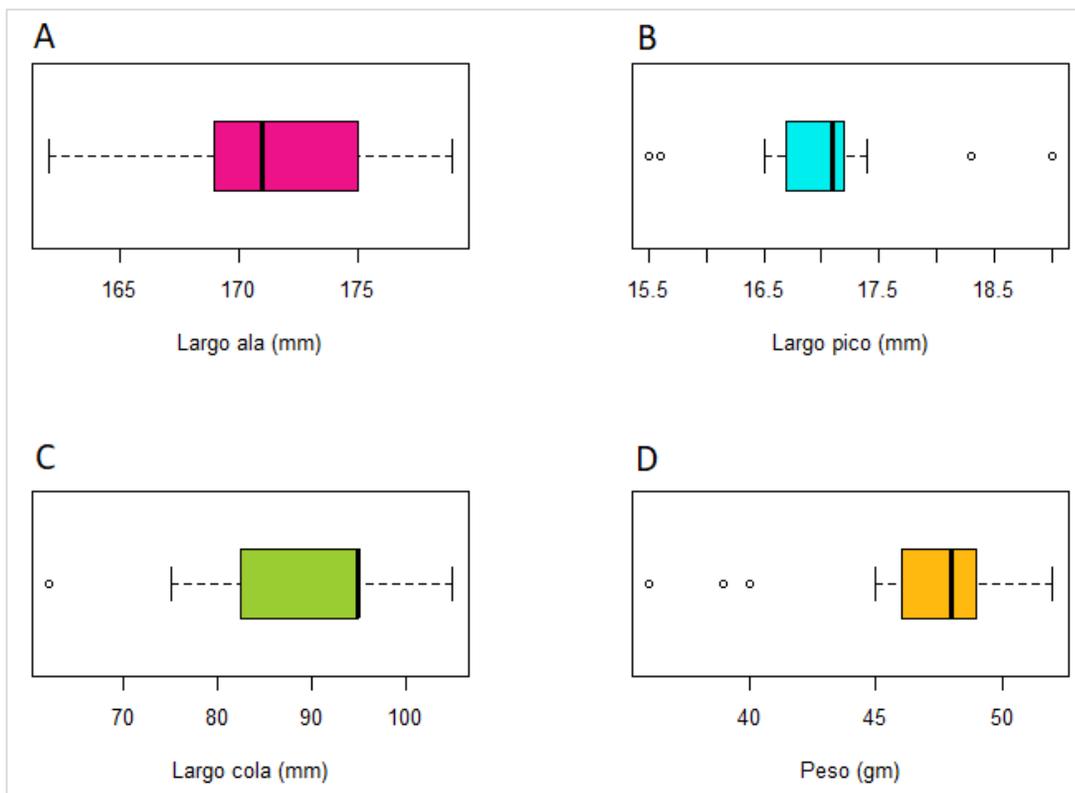


Figura 26. *Boxplot* resumen de medidas biométricas más relevantes para los individuos estudiados de *H. markhami* en el periodo de estudio. (A) Largo de ala expresado en milímetros, (B) Largo del pico expresado en milímetros, (C) Largo de la cola expresado en milímetros. (D) Peso expresado en gramos. La caja contiene el segundo y tercer cuartil (50% de los datos), mientras que los bigotes indican el primer y último cuartil (25% cada uno). La barra central señala la mediana.

Tabla 5. Biometría de los individuos estudiados de *H. markhami* durante el periodo de estudio. Medidas en milímetros y gramos.

Fecha	Edad ^a	D. tarso	L. cola	L. pico	L. tarso	L. ala	Peso
05-12-2017	4	2.1	74	19.4	25.7	173	49
02-05-2017	1	2	91	17.1	23.4	169	48
02-05-2017	1	2	-	16.7	22.2	163	36
02-05-2017	1	2	-	16.7	22.6	168	49
02-05-2017	1	2	-	16.9	26.3	172	47
02-05-2017	1	2.1	-	17.1	26.3	171	47
02-05-2017	1	2.5	-	17	26.6	162	40
19-03-2015	1	1.9	95	17.1	24.4	179	52
19-03-2015	1	2.1	105	15.5	24.9	171	45
26-03-2015	1	2	62	15.6	24.3	170	39
08-04-2014	1	2.5	95	17.2	25.1	171	49
08-04-2014	1	2.4	85	17.1	24.2	165	46
08-04-2014	1	2.4	95	17.4	24	178	49
08-04-2014	1	2.1	75	19	24.1	175	49
08-04-2014	1	2.4	95	17.3	22.1	178	47
08-04-2014	1	2.3	100	17.1	23.6	170	51
08-04-2014	1	2.6	95	16.5	24.4	173	48
08-04-2014	1	2.4	80	18.3	25.4	178	49
Promedio		2.2	89.4	17.0	24.3	171.4	46.5
Desv. Est.		0.2	12.0	0.8	1.3	5.2	4.3

5.3.2 Actividad diaria

El registro realizado a través de cámaras trampa demuestra que la actividad de las colonias nidificantes de *H. markhami*, al exterior del nido se concentran mayoritariamente a media noche (Fig. 27). Obteniendo un rango de actividad máxima de 7 horas, comenzando a las 22 horas y finalizando a las 05 horas (cámaras trampa instaladas en Salar Grande y Caleta Buena).

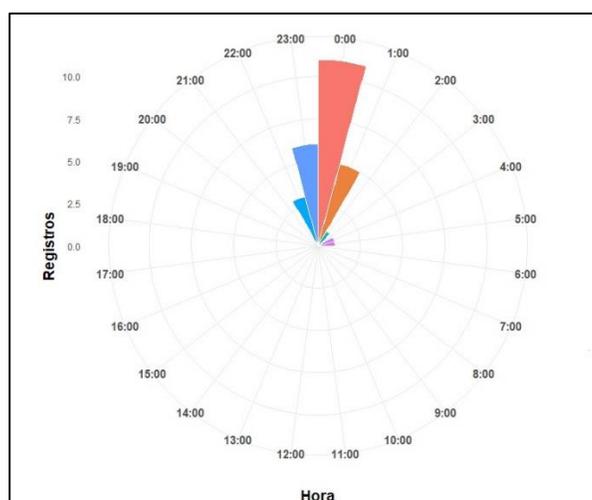


Figura 27. Horarios de actividad al exterior del nido de *H. markhami* en salar Caleta Buena y Salar Grande.

5.3.3 Características microclimáticas del nido

En cuanto al registro de temperaturas, se tiene que los nidos de *H. markhami*, mantienen una temperatura diaria estable, de entre 27.8 y 30.2 °C (Tabla 6), con una diferencia de 2.4°C. Además, se observa que durante la noche la temperatura al interior del nido se mantiene en un promedio de 27.8 °C (DE±1.7), mientras que afuera en 15.7 °C (DE±1.7), obteniéndose una diferencia promedio de 12.2 °C (DE±1.8). Por otro lado, al mediodía se registraron valores al interior de 30.2 °C (DE±2.4), mientras que al exterior de 47.8 °C (DE±2.5), obteniéndose una diferencia negativa de temperatura con respecto al exterior de -17.5°C (DE±3.6). Por último, el horario crepuscular presentó las menores diferencias de temperatura, obteniéndose un valor promedio de 30.1 °C (DE±1.9) al interior del nido y 26.9 °C (DE±3.1) en el exterior del mismo, resultando una diferencia de 3.2 °C (DE±2.9).

Tabla 6. Rango y diferencia de las mediciones de temperatura (°C) registradas al exterior e interior de los nidos de *H. markhami* durante tres horarios distintos, en Salar Grande y Caleta Buena.

	Noche			Mediodía			Crepúsculo		
	Fuera (°C)	Dentro (°C)	Dif. (°C)	Fuera (°C)	Dentro (°C)	Dif. (°C)	Fuera (°C)	Dentro (°C)	Dif. (°C)
	16.6	28.0	11.4	51.2	29.0	-22.2	26.5	32.0	5.5
	15.7	28.4	12.7	45.2	33.3	-11.9	24.0	28.2	4.2
	15.1	28.1	13.0	50.1	33.1	-17.0	30.1	30.0	-0.1
	18.4	27.4	9.0	46.5	29.4	-17.1	-	-	-
	14.6	27.3	12.7	48.1	27.3	-20.8	-	-	-
	13.5	27.6	14.1	45.5	29.3	-16.2	-	-	-
Promedio	15.7	27.8	12.2	47.8	30.2	-17.5	26.9	30.1	3.2
Desv. Est.	1.7	0.4	1.8	2.5	2.4	3.6	3.1	1.9	2.9

5.3.4 Ciclo reproductivo de la especie *Hydrobates markhami*

De acuerdo al programa de terreno y en cuanto los registros obtenidos en cada uno de los sitios prospectados, y dado la información obtenida mediante cámara sonda, cámara trampa y datos de atención de denuncia, se pudo obtener un calendario reproductivo de la especie Golondrina de Mar Negra *H. markhami*. Los resultados de los terrenos realizados en todos los sitios de la región de Tarapacá confirman que en nuestra región existen dos calendarios reproductivos en diferentes fechas. Los sitios prospectados dan cuenta que se mantiene el mismo patrón reproductivo en la gran mayoría de los sitios, sin embargo, los registros obtenidos en el sector de Quiuña, entre ellos, los polluelos de *H. markhami* de varias semanas de edad registrados en los meses de octubre y noviembre, tienen directa relación con el calendario de nidificación que reportan las colonias de la Región de Arica y Parinacota (Torres-Mura & Lemus 2013; Pyle 1993; Jahncke 1994), asimismo la proximidad con esta área da cuenta de que el ciclo biológico más próximo corresponde al descrito para la región de Arica y Parinacota. Dicho lo anterior, se infiere que las colonias de *H. markhami* ubicadas al sur de la Quebrada de Tiliviche, tienen un calendario reproductivo distinto a las colonias ubicadas al norte. (Fig. 28)

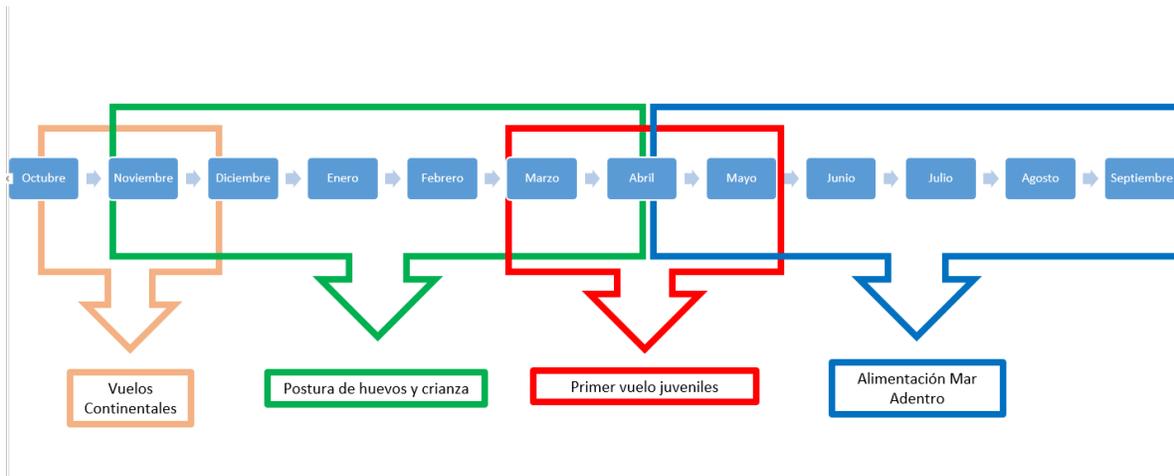


Figura 28. Calendario reproductivo de *H. markhami* para las poblaciones ubicadas al sur de la Quebrada de Tiliviche.

De acuerdo a este calendario reproductivo, se puede describir las siguientes fases a lo largo de los doce meses del año. En primera instancia se encuentran los “Vuelos Continentales”, definidos como los despliegues y vuelos que realizan los adultos para ingresar al continente y ubicar sus sitios reproductivos, dado que el resto del año permanecen mar adentro. En segundo lugar, se define la etapa “Postura de Huevos y Crianza”, en la cual una vez que los adultos ingresan a las galerías, ubicándose en diferentes nidos, en el cual ponen un huevo en cada nido, incubándolo por un período estimado de 40 días (Jahncke 1994). Posteriormente una vez eclosionado los huevos los pichones comienzan su etapa de desarrollo en el nido la cual se prolonga por 80 días adicionales en promedio (Jahncke 1994). Según los registros obtenidos mediante cámara sonda; se pudo observar, que en cada galería existen hasta tres nidos separados a escasos 10 centímetros uno de otro, y que tienen distinto periodo de incubación y crianza de pichones, razón por la cual este periodo se puede prolongar hasta mediados de abril. Luego se define la etapa de “Primer Vuelo Juveniles”, esta etapa es la más crítica, dado que es el periodo en el cual ocurren la gran mayoría de los incidentes y contingencias de esta especie (*H.markhami*) dado que vuelan instintivamente de noche en dirección al mar, desviando su vuelo hacia instalaciones lumínicas cercanas a los sitios reproductivos, o bien centros poblados del borde costero de la región (Ficha *H. markhami* 14vo. Proceso de clasificación de especies MMA). Por último, se define la etapa de “Alimentación Mar Adentro”, definida como la etapa en la cual los volantones abandonan sus nidos para iniciar su internación mar adentro y alimentarse para poder llegar a su estado adulto y repetir el mismo ciclo.

5.3.5 Ciclo reproductivo de la especie *Oceanites gracilis*

Respecto a los parámetros de medición y selección de hábitat, se registra el mismo tipo de hábitat para la colonia Pampa Hermosa, en el cual comparten el sitio individuos de *H. markhami* y *O. gracilis*. Por otra parte, los resultados de las dos cámaras trampa utilizadas en los nidos de *O. gracilis* en el sector de Pampa hermosa, da cuenta de todos los movimientos que tuvo el adulto de golondrina de mar chica al momento de ingresar al nido (Ver Tabla 6 y Figura 29).

Tabla 6. Registro de adulto de *O. gracilis* ingresando a nido en el sector de Pampa Hermosa.

Sector	Fecha Registro Cam <i>O. gracilis</i>	<i>O. gracilis</i>		
		Adultos	Huevos	Pollos
Pampa Hermosa	18-12-2019			x
	09-01-2020	x	x	
	06-02-2020	x	x	
	12-07-2020	x		
	20-09-2020	x		
	30-10-2020	x		
	16-12-2020	x	x	
	04-11-2021	x	x	
	17-11-2021	x	x	
	25-11-2021	x	x	

Figura 29. Calendario reproductivo de *O.gracilis* para la colonia del sector Pampa Hermosa.



5.4 Amenazas.

Adicional a las amenazas antrópicas descritas anteriormente en los antecedentes, se detectaron mediante cámaras trampa y recorrido pedestre, depredadores naturales para la familia Hydrobatidae como son zorro chilla (*Lycalopex griseus*) (Fig.30) y el jote cabeza colorada (*Cathartes aura*), el cual depreda sobre los juveniles de golondrinas de mar que amanecen extraviados bajo las torres de iluminación de las diversas fuentes lumínicas de los proyectos cercanos a los sitios de nidificación. Adicionalmente, durante el año 2019 se obtuvo registros de la especie *Phyllotis limatus* (Fig.31) ratón amarillo, la cual se ha registrado en las cámaras trampa ingresando a las galerías con nidos.



Fig. 30. *Lycalopex griseus*, en Salar Grande



Fig. 31. *Phyllotis sp.*, en Salar Grande

6. DISCUSIÓN

6.1 Reportes de incidentes en la Región de Tarapacá

El número de incidentes se mantuvo en un rango estable entre 2010 y 2013, sin superar los 100 individuos caídos al año. A partir del año 2014 se observa un aumento en el número de atenciones de denuncia. Esto último es posible relacionarlo con una mayor difusión y sensibilización de la especie a nivel regional. Por otra parte, el aumento de incidentes podría estar influenciado con lo informado en prensa regional, sobre cambio de luminarias y el aumento de estas en todo el borde costero de ciudad de Iquique. El año 2016 tiene el número más alto de incidentes registrados, esto se debe principalmente al reporte de casi tres mil individuos de *H. markhami* por parte de la empresa K+S en el Salar Grande. En los años posteriores se mantiene la tendencia de incidentes sumando un total de 2.524 individuos para el año 2018, 3.295 ejemplares registrados con incidentes durante el año 2019, 5.413 ejemplares rescatados de diferentes sectores de la región registrados durante el año 2020 y llegando a los 8.311 individuos reportados sólo el año 2021, lo cual es preocupante debido a que la cifra crece exponencialmente y probablemente se debe a que solo se está visibilizando el real problema de la contaminación lumínica en la región.

Tal cual fue detallado en el informe SAG del año 2019 y el nuevo calendario reproductivo para las colonias de *H. markhami* al sur de la Quebrada de Tiliviche, los registros de incidentes analizados en el presente estudio indican que la temporada reproductiva comenzaría a fines de septiembre y se extendería hasta mediados de abril, correspondiendo a la salida de los últimos volantones de sus nidos. Esto último coincide con lo descrito posteriormente por Medrano R. et. al., 2019, Nuevos antecedentes sobre la historia natural y conservación de la Golondrina de mar negra (*Hydrobates markhami*) y la Golondrina de mar de collar (*Hydrobates hornbyi*) en Chile. Revista Chilena de Ornitología 25(1): 21-30 Unión de Ornitología de Chile y lo señalado en el informe de la Adenda del Proyecto Espejo de Tarapacá, donde se encontraron nidos activos en los meses de diciembre de 2014 y enero de 2015 (FAUNATIVA 2015). Por tanto, los incidentes de *H. markhami* en la región de Tarapacá registrados en los meses de noviembre a febrero, corresponden principalmente a adultos en vuelo hacia los sitios de nidificación, lo cual puede describirse como un tipo de impacto distinto dentro de las colonias reproductivas.

El alto número de incidentes reportados por la empresa K+S y Compañía Minera Cordillera, puede estar asociado a las luminarias dispuestas a lo largo de sus instalaciones y la cercanía de los sitios de nidificación, tanto en Salar Grande, como en caleta Patillos (Malinarich 2010).

De la misma manera lo señala el trabajo de Rodríguez y colaboradores (2017), indicando que volantones y adultos de petreles nidificadores de cavidades, son atraídos por las luces artificiales durante la noche, desorientándose y colisionando, esto debido a su sensibilidad instintiva dada la características bioluminiscentes de sus presas (Imber 1975). Este fenómeno, llamado *fall-out* (Reed et al. 1985), es causante de mortalidades masivas en este tipo de aves y podría estar poniendo en amenaza a las poblaciones locales. Por otra parte, la Red de Observadores de Vida Silvestre ROC, publicó durante el año 2018 un documento con los resultados de los estudios de impacto lumínico en el Salar Grande,

situando este impacto como el mayor a nivel mundial producto de la cercanía con los sitios de nidificación. (ROC, 2018)

De acuerdo a los registros de las fechas de incidentes de juveniles de *H. markhami* informadas por las faenas mineras en el Salar Grande, estas fechas coinciden con los registros de incidentes en el borde costero de la ciudad de Iquique, lo cual indicaría que los ejemplares registrados podrían ser atraídos desde los sitios de nidificación de Salar Grande, el cual se encuentra a más de 50 kilómetros de la ciudad de Iquique. Prueba de lo anterior, en el año 2018 se realizaron recapturas de volantones de *H. markhami* anilladas en el borde costero de la ciudad de Iquique, las cuales habían sido anteriormente liberadas a 50 km al sur de esta, en un sitio costero cercano al Salar Grande. Por lo cual se puede inferir que individuos de *H. markhami* situados a un radio de 50km, están siendo atraídas por la instalación de luminarias presentes en todo el borde costero del radio urbano de Iquique.

Durante los últimos años, se pudo obtener varios registros de *O. gracilis* y *H. tethys*, esto principalmente dado por la capacidad de poder diferenciar y reconocer cada especie.

6.2 Sitios de nidificación

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio se identificaron un total de ocho sitios de nidificación, tres de éstos sitios son compartidos por *H. markhami*, dos son compartidos con *H. horbyi* (Quiuña y Salar Grande) y uno es compartido con *O. gracilis* (Pampa Hermosa).

Este informe incluye por primera vez registros en el sector denominado Chiza, el cual pudo ser registrado debido principalmente a los hallazgos realizados por REDENOR en el sector, datos enviados al SAG producto de medidas de seguimiento asociadas al cumplimiento de la RCA respectiva.

Respecto de los sitios de Chiza y Jarza, producto del difícil acceso ha sido muy complejo poder visitar y recorrer toda la extensión de estos sectores, sin embargo hemos podido contar con los registros levantados por la empresa REDENOR, quienes se encuentran monitoreando regularmente la zona producto de medidas asociadas a la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto en el SEIA. Con ello, los especialistas de esta compañía han podido entregar numerosos registros de nidos a los largo de toda la construcción de la Línea de Alta Tensión.

El sitio de Quiuña fue descrito por primera vez en abril de 2018 por funcionarios del SAG Tarapacá encontrado solo nidos inactivos. Posteriormente en noviembre de 2018 se encontraron nidos activos, en los cuales en uno de ellos se logra identificar un polluelo de *H. markhami* de varias semanas de edad. Este registro da cuenta que la colonia de *H. markhami* tiene un ciclo reproductivo distinto a los sitios de nidificación detectados al sur de la región. Esto último se confirma con los 12 sitios de Golondrina de mar negra encontrado en octubre del año 2019, los cuales correspondieron a pollos sin adultos. Adicional a lo anterior, en el mes de enero de 2019, se detecta el primer nido activo de Golondrina de Mar de Collar *H. hornbyi*, muy cercano a los nidos de *H. markhami*, lo cual confirma que lo sitios son compartidos entre especies, pero en épocas reproductivas diferentes.

Si bien los sitios de nidificación como Salar Caleta Buena y Salar Grande ya habían sido mencionados por estudios solicitados para evaluación ambiental o por el trabajo de la Red de Observadores de Aves de Chile (ROC) (FAUNATIVA 2015; Schmitt et al. 2009; Barros *conv. pers.*) Este estudio viene a complementar la información descrita.

En el salar de Caleta Buena, se registró un aumento significativo en la detección de nidos durante el último periodo, esto se explica por la incorporación de una metodología de canes para la detección de nidos activos, lo cual formo parte de la creación de una aplicación SIG regional. Asimismo, durante el año 2021 se registraron nuevos nidos al noreste del sector, obteniendo como consecuencia modificar considerablemente el polígono del sitio.

La gran cantidad de nidos Salar Grande levantados mediante la metodología de *playbacks* y los canes detectores, hacen posible identificar nidos en todo el borde este del salar. Los nidos de *H. markhami* más cercano a faenas industriales se encuentran a menos de 2 km de distancia. Adicionalmente, se constata un registro del primer nido de *H. hornbyi* muy cercano a la faena de K+S.

Se consolida un nuevo sitio de nidificación en el sector denominado Pampa Hermosa, este sitio fue encontrado por la brigada canina del SAG en el mes de enero del año 2019 y posteriormente descrito en toda su extensión. Es en este sector donde se encuentra la primera colonia de nidificación de *O. gracilis*, sin embargo, siendo este hallazgo muy reciente, se requiere recabar mayores antecedentes para describir de mejor forma este sitio. En este mismo sector, se encuentran nidos activos de *H. markhami*, lo cual nuevamente confirma que los sitios son compartidos entre especies.

Adicionalmente, se mantienen registros en el sector norte al salar del Carmen con evidencias de actividad reproductiva. Sin embargo no se ha observado una nidificación activa constante a lo largo de los años monitoreados.

En el sector del Loa, se realizó el primer registro de nido de *H. hornbyi*, realizado en noviembre del año 2018. Este dato se transforma en el primer registro de sitio de nidificación de esta especie en la región.

La metodología de búsqueda con perros en los salares de la región, permitió aumentar la tasa de detecciones de manera considerable, optimizando el tiempo de búsqueda y de recurso humano. Esto es coherente con estudios previos, donde la utilización del método canes detectores aumenta en gran medida el área investigada y la tasa de detección de los objetivos (Cablak et al. 2006; Beebe et al. 2016). Las características ambientales del área muestreada también son relevantes al momento de la detección. Reed et al. (2011), concluyen que el factor ambiental que más disminuye la detección son las precipitaciones, ya que degradan o eliminan los restos orgánicos del suelo.

Las características de los nidos registrados son similares a lo señalado en Paracas - Perú (Jahncke 1994), correspondiendo a cavidades preformadas que crean galerías entre la costra salina, con evidencia de excavación. En cuanto a la profundidad de las galerías, las mediciones obtenidas en el presente trabajo son similares a las registradas en Paracas, donde se obtuvo un rango de 12-125 cm de profundidad, similar a lo registrado en el presente estudio (11.3 - >90cm). Según el autor, a diferencia del diámetro de entrada, la profundidad de las galerías sería un factor relevante para el éxito reproductivo, ya que se mantienen menos expuestos a disturbios y depredación.

6.3 Características morfológicas y hábitos reproductivos

Las mediciones biométricas obtenidas muestran similitudes con los individuos evaluados en Paracas (Jahncke 1994). Sin embargo, el peso promedio muestra algunas diferencias, teniendo que el rango en esa zona de Perú es de 41 a 64g, lo que es alto si se compara con lo obtenido en Tarapacá (36-52g). Es probable que esta diferencia se deba a que gran parte de los individuos medidos en Tarapacá corresponden a volantones, al contrario del estudio en Paracas, donde las mediciones fueron hechas completamente sobre adultos.

Los registros de cámaras trampa se ajustan a los resultados de actividad diaria de Procellariiformes en una isla de Hawai (Reed et al. 1985), donde la actividad de los adultos comienza entre 2-3 horas luego de la puesta de sol debido a la amenaza de depredadores. Reed et al. (1985) y Jahncke (1994), señalan que la actividad de esta taxa se restringe a noches sin luna, sin embargo, los registros captados en este estudio demuestran actividad fuera del nido en noches con y sin luna.

Las mediciones de temperatura demuestran una importante función amortiguadora de las cavidades, aislando térmicamente el nido y permitiendo un rango de temperatura estable durante las horas muestreadas. Estudios en otras aves que anidan en el suelo, demuestran lo importante de la función aislante, sabiendo que los embriones y polluelos son particularmente sensibles a las condiciones microclimáticas. Los nidos capaces de amortiguar, reduciendo las temperaturas extremas, tienen como resultado un mayor éxito reproductivo. Sugiriendo que nidos con temperaturas cálidas son beneficiosos para las crías, ya que son capaces de concentrar la energía en procesos de crecimiento e inmunidad, en vez de termorregulación (Wakelin et al. 2013).

De acuerdo a los resultados de las prospecciones realizadas durante todo el periodo de estudio, se elabora un calendario de ciclo reproductivo de la especie *H. markhami*, de las colonias presentes al sur de la quebrada de Tiliviche. Adicionalmente y considerando los registros de las cámaras trampa instaladas en los nidos de Golondrinas de *O. gracilis*, se pudo registrar por primera vez evidencia de movimiento de adultos entrando y saliendo de las cavidades utilizadas como nidos en Pampa Hermosa, obteniendo como resultado una propuesta de calendario que hace alusión a la llegada de la especie dos veces al año a nidificar al mismo sitio, una llegada en verano y otra llegada en pleno invierno. Para las especies como *H. hornbyi*, y *O. tethys*, aún no se cuenta con los antecedentes suficientes que permitan determinar el calendario reproductivo en esta región.

Por último, en relación a las amenazas naturales descritas, se hace mención que éstas sólo han quedado identificadas, sin embargo se requiere de un mayor análisis para saber su real impacto en las colonias reproductoras.

7. CONCLUSIONES

El número de incidentes ha mostrado una tendencia al aumento, en parte gracias a la incorporación de organizaciones comunitarias en la coordinación de los rescates producto de la atención de denuncia y a la internalización por parte de las empresas de incidentes con fauna silvestre en los últimos años. Sin embargo, el aumento de la contaminación lumínica en áreas urbanas y zonas próximas a sitios de nidificación, puede estar incidiendo en la gran cantidad de incidentes (Rodríguez, A. et al., 2017), tanto en ciudades como en áreas industriales de todo el borde costero de la región.

De acuerdo con los resultados de este estudio las luminarias del borde costero de la ciudad de Iquique podrían estar generando una atracción en adultos y juveniles de las distintas especies de golondrinas de mar. Esto principalmente por las recapturas realizadas en la ciudad de juveniles liberados al sur de la ciudad y que al día siguiente son encontrados en la ciudad, atraídas probablemente por la cantidad, tipo y disposición de las luminarias, lo cual favorece la desorientación y atracción, principalmente de juveniles de Golondrinas de mar de las cuatro especies citadas en este informe, especialmente de *H. markhami* durante el periodo comprendido de marzo a mayo de cada año.

Asimismo, la operación y cercanía de los proyectos de explotación y uso de los salares en la región, tiene afectación en las colonias reproductivas, considerando el impacto directo por las instalaciones de faena en el área, así como los indirectos tales como luminaria, vibraciones, emisiones atmosféricas, ruido (ej. tronaduras), tránsito, perros domésticos, entre otros. Este último punto fue descrito recientemente en el documento “Diagnóstico y lineamientos para mitigar los efectos de la contaminación lumínica sobre golondrinas de mar en el norte de Chile” realizado por de la Red de Observadores de aves y vida silvestre de Chile (ROC) publicado en octubre 2018.

La distribución temporal de los reportes de incidentes muestra una variabilidad en el comportamiento reproductivo de las poblaciones de *H. markhami* en la Región. Estableciéndose un calendario reproductivo para esta especie exclusivo de esta región. Esto último se establece mediante el registro de nidificación en los diferentes salares prospectados en la región, los cuales distan fenológicamente de los descritos anteriormente por el trabajo realizado por Torres-Mura, J.C. & Lemus, M.L., 2013. De esta manera se establece un período distinto para la búsqueda de sitios de nidificación en los salares de la región.

La implementación del método con canes detectores fue exitosa en la detección de nuevos sitios con nidos, no generando afectación o alteraciones en el ciclo reproductivo natural de las colonias de *H.markhami*.

En cuanto a las características morfológicas, no se observan claras diferencias entre las poblaciones del norte de Perú y Tarapacá. Aumentar el número de individuos evaluados posibilitará el mejoramiento de la caracterización biométrica. Por otro lado, los hábitos diarios muestran un claro patrón, donde la actividad fuera del nido se concentra entre las 22 y 03 am, comportamiento común entre los

Hydrobátidos. Por último, las características microclimáticas de los nidos permiten una mejor eficiencia de la termorregulación, mejorando el éxito reproductivo de la colonia bajo condiciones extremas.

Desde el punto de vista de preferencia de hábitat para su reproducción, se puede concluir que la especie de Golondrina de Mar Negra utiliza sectores de salares y mezcla de los mismos con terrenos de pampa con cavidades naturales ubicados entre los 500 y 1000 msnm, de preferencia laderas con exposición oeste para la utilización de nidos. Asimismo, se observa que la temperatura promedio para las galerías es de 28°C y se mantiene constante durante las 24 horas del día durante la temporada reproductiva. Si bien se pudo evidenciar amenazas naturales, ésta no ha sido cuantificada, por lo cual podría realizarse este estudio a posterior.

Se hace necesario la implementación de un plan de monitoreo periódico sobre las colonias reproductoras en la Región, el cual permitirá estimar adecuadamente la densidad poblacional y los hábitos reproductivos de éstas.

De acuerdo a este estudio, se obtienen ocho diferentes sitios de nidificación de golondrinas de mar en la región, sin embargo, ninguno de ellos cuenta actualmente con alguna categoría de protección oficial, así como tampoco cuentan con programas de manejo y cuidado de las colonias reproductivas de estas especies. Se debe tener en cuenta, que la especie *H.markhami* fue clasificada en Peligro de Extinción durante el año 2018, mediante la Decreto Supremo 79/2018 del Ministerio de Medio Ambiente.

Por otro lado, se describe un sitio con nido activo de Golondrina de Mar de Collar *Hydrobates hornbyi*, constituyéndose como el primer registro en la región. Sin embargo, es un registro aislado, que no da cuenta de un sitio de nidificación mayor para esta especie, por lo que igualmente se deben continuar los esfuerzos para poder determinar la existencia de otros lugares en la región, sin embargo, se confirma que los sitios son compartidos entre especies.

Se describe por primera vez el sector de Pampa Hermosa, el cual mantiene en su interior nidos de *H. markhami* y *O. gracilis*, de esta última se confirma el sitio Pampa Hermosa como residente de nidos de Golondrina de Mar Chica *Oceanites gracilis*, dando cuenta del primer sitio de nidificación para esta especie en Chile continental. Dado el reciente hallazgo, aún se está trabajando en poder describir de mejor manera este sector, el cual es compartido entre estas dos especies de golondrinas de mar. De acuerdo a los registros obtenidos en este sector, se ha podido comenzar a elaborar el calendario reproductivo de estas especies en la zona, sin embargo se requiere de mayor tipo de muestreo y seguimiento para poder determinar todas las fases del ciclo reproductivo.

Actualmente *O. gracilis*, se encuentran en categoría de conservación Datos Insuficientes en el Reglamento de Clasificación de Especies RCE del Ministerio de Medio Ambiente, lo cual hace de mayor vulnerabilidad, ya que en nuestra región son registros muy escasos y aislados. Asimismo *H. tethys* y *H.hornbyi* actualmente se encuentran clasificadas como Vulnerable.

Este estudio, es actualmente la única herramienta que describe a nivel regional el estado de las poblaciones de Hydrobátidos, así como también es válido para la identificación de eventuales impactos de proyectos y/o actividades que se requieran realizar en la región de Tarapacá y que tengan alguna afectación a las colonias reproductivas de Golondrina de Mar.

8. LITERATURA CITADA

- Ainley, D., 2005. The dark storm-petrels of the eastern north Pacific: speciation, current status, and future prospects. *Birding*, January/February, pp.58–65.
- Beebe, S.C., Howell, T.J. & Bennett, P.C., 2016. Using Scent Detection Dogs in Conservation Settings: A Review of Scientific Literature Regarding Their Selection. *Frontiers in Veterinary Science*, 3(October), pp.1–13.
- BirdLife International, 2016a. *Hydrobates hornbyi*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- BirdLife International, 2017. *Hydrobates markhami*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- BirdLife International, 2016b. *Oceanites gracilis*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- BirdLife International, 2016c. *Oceanites oceanicus*. The IUCN Red List of Threatened Species. , 8235.
- Brooke, M. de L., 2004. *Albatrosses and Petrels Across the World*, Oxford: Oxford University Press.
- Cablk, M.E. et al., 2006. Accuracy and Reliability of Dogs in Surveying for Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*). *Source: Ecological Applications Ecological Applications*, 16(165), pp.1926–1935.
- Drucker, J. & Jaramillo, A., 2013. Ringed Storm-Petrel (*Hydrobates hornbyi*), version 1.0. In *Neotropical Birds Online (T. S. Schulenberg, editor) Cornell Lab of Ornithology*. Available at: <https://doi.org/10.2173/nb.rispet1.01>.
- FAUNATIVA, 2015. Análisis de la reproducción de golondrinas de mar. *Adenda: EIA Proyecto Espejo de Tarapacá*.
- García-godos, I. et al., 2002. The diet of Markham's storm petrel *Hydrobates markhami* on the central coast of Peru. *Marine Ornithology*, 30, pp.77–83.
- Gazit, I. & Terkel, J., 2003. Domination of olfaction over vision in explosives detection by dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 82(1), pp.65–73.
- Hertel, F. & Torres-Mura, J.C., 2003. Discovery of a breeding colony of Elliot's storm-petrels (*Oceanites gracilis*, Hydrobatidae) in Chile. *Ornitología Neotropical*, 14, pp.113–115.
- Hoyo, J. del ed et al. eds., 1992. *Handbook of the birds of the world*, Barcelona: Barcelona Lynx Eds.
- Imber, M.J., 1975. Behaviour of petrels in relation to the Moon and artificial lights. *Notornis*, 22(Gould 1967), pp.302–306.
- Jahncke, J., 1994. *Biología y Conservación de la Golondrina de tempestad negra Hydrobates markhami (Salvin 1883) en la península de Paracas, Perú*, Lima, Perú.

- Kurrer, P.V., 2009. La Brigada Canina del SAG. *Boletín Veterinario Oficial*, pp.1–5.
- Luebert, F. & Pliscoff, P., 2006. *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile* P. Pliscoff, ed., Santiago, Chile: Santiago, Chile : Universitaria.
- Malinarich, V., 2010. *Contaminación Lumínica, impacto sobre las poblaciones de aves costeras de la región de Tarapacá*,
- Malinarich, V. et al., 2020 Diagnóstico del estado de las poblaciones de Golondrinas de Mar en la Región de Tarapacá, Servicio Agrícola y Ganadero.
- Medrano et al., 2019, Nuevos antecedentes sobre la historia natural y conservación de la Golondrina de mar negra (*Hydrobates markhami*) y la Golondrina de mar de collar (*Hydrobates hornbyi*) en Chile
- Moser, M.L. & Lee, D.S., 1992. a 14-Year Survey of Plastic Ingestion By Western North-Atlantic Seabirds. *Colonial Waterbirds*, 15(1), pp.83–94.
- Murillo, Y., RP, P. & L., D.-A., 2013. Rescate de Golondrinas de la Tempestad de Collar (*Hydrobates hornbyi*) en la ciudad de Lima, Perú. *Boletín de Ornitología Peruana-UNOP*, 8, pp.55–64.
- Nussear, K.E. et al., 2008. Are wildlife detector dogs or people better at finding desert tortoises (*Gopherus agassizii*)? *Herpetological Conservation and Biology*, 3, pp.103–115.
- Pyle, P., 1993. A markham's storm-petrel in the northeastern pacific. *Western Birds*, 24, pp.108–110.
- Quillfeldt, P., 2001. Variation in breeding success in Wilson's storm petrels: influence of environmental factors. *Antarctic Science*, 13(4), pp.400–409.
- Quillfeldt, P., McGill, R.A.R. & Furness, R.W., 2005. Diet and foraging areas of Southern Ocean seabirds and their prey inferred from stable isotopes: Review and case study of Wilson's storm-petrel. *Marine Ecology Progress Series*, 295, pp.295–304.
- Reed, J.R., Sincock, J.L. & Hailman, J.P., 1985. Light Attraction in Endangered Procellariiform Birds: Reduction by Shielding Upward Radiation. *Auk*, 102(April), pp.377–383.
- Reed, S.E. et al., 2011. Detection distance and environmental factors in conservation detection dog surveys. *Journal of Wildlife Management*, 75(1), pp.243–251.
- Robert, M. & Laporte, P., 1994. Field techniques for studying breeding Yellow Rails. *J Field Ornithol*, 68(1), pp.56–63.
- Rodríguez, A. et al., 2017. Seabird mortality induced by land-based artificial lights. *Conservation Biology*, 31(5), pp.986–1001.
- Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre, 2018. Diagnóstico y lineamientos para mitigar los efectos de la contaminación lumínica sobre golondrinas de mar en el norte de Chile

- Schmitt, F., Barros, R. & Norambuena, H., 2009. Markham ' s Storm Petrel breeding colonies discovered in Chile. *Neotropical Birding*, 2009(October), pp.5–10.
- Spear, L.B. & Ainley, D.G., 2007. Storm-Petrels of the Eastern Pacific Ocean: species assembly and diversity along marine habitat gradients. *Ornithological Monographs*, 62(62), pp.1–77.
- Soldatini et al 2015 Effects of human disturbance on cave-nesting seabirds: the case of the storm petrel .
- Tobias, J. a, Butchart, S.H.M. & Collar, N.J., 2006. Lost and found: a gap analysis for the Neotropical avifauna. *Neotropical Birding*, 1, pp.4–22.
- Torres-Mura, J.C. & Lemus, M.L., 2013. Breeding of Markham's Storm-Petrel (*Hydrobates markhami*, Aves: Hydrobatidae) in the desert of northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86(4), pp.497–499.
- Wakelin, J., Wilson, A.L. & Downs, C.T., 2013. Ground cavity nest temperatures and their relevance to Blue Swallow *Hirundo atrocaerulea* conservation. *Ostrich*, 84(3), pp.221–226.

9. ANEXOS



Anexo 1. Recepción domiciliaria de un individuo de *H.markhami* en la ciudad de Iquique en el año 2010.



Anexo 2. Evaluación de *H. tethys* previa a su liberación.



Anexo 3. Juvenil de *Oceanites gracilis* medida y anillada en Pampa Hermosa.



Anexo 4. Utilización de cámara de inspección para detectar nidos.



Anexo 5. Realización de búsqueda de nidos con canes detectores en salar Caleta Buena.



Anexo 6. Medición de cavidades en parcelas para estimar densidad en salar Caleta Buena.



Anexo 7. Medición de la temperatura en la superficie del suelo al interior del nido al medio día en el Salar Grande.



Anexo 8. Imagen Aérea Dron SAG sector de Pampa Hermosa.



Anexo 9. Imagen del sector Quiuña.



Anexo 10. Una de las cavidades detectadas en Salar del Carmen.



Anexo 11. Cavidad con nido en su interior, localizado en el salar Caleta Buena.



Anexo 12. Imagen Aérea Dron SAG, Salar Caleta Buena.



Anexo 13. Visualización de la actividad nocturna registrada a través de cámaras trampa de *O. gracilis* en Pampa Hermosa.