

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



Vinko Malinarich Torrico; Antulemu Vallverdú Zavala

SAG, Unidad de Recursos Naturales Renovables

Región de Tarapacá

Diciembre, 2019

N° Medio de Verificación	12655
Nombre del Estudio y/o Catastro en Materia de Vida Silvestre:	ESTUDIO: "DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE LAS POBLACIONES DE GOLONDRINAS DE MAR EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ".
Región:	Región de Tarapacá
Correspondiente al AÑO:	2019
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 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 "Milk"
Diego Macagnan, Guía Canino SAG y su can detector "Oly"
Victor Quiroz Millones, Guía Canino SAG y su can detector "Camelia"

Agradecimiento Especial Inspectores de Caza Ad Honorem:
Paola Araneda Cid
Elena Alarcón Astudillo
Verónica González Encinas

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	6
3. ANTECEDENTES	6
3.1 Estado actual del conocimiento de las especies.....	6
3.2 Acciones de sensibilización y difusión	9
3.3 La Brigada Canina como una herramienta para la detección de sitios de nidificación	11
4. MÉTODO	12
4.1 Área de estudio.....	12
4.2 Obtención de datos	14
4.2.1 Registro de Incidentes de Golondrinas de mar	14
4.2.2 Determinación de sitios de nidificación	14
4.2.3 Detección de presencia/ausencia.....	17
4.2.4 Características morfológicas y hábitos reproductivos.....	17
5. RESULTADOS	18
5.1 Reportes de incidentes en la Región de Tarapacá.....	18
5.1.1 Incidentes reportados al Servicio Agrícola y Ganadero.....	18
5.2 Prospecciones e identificación de sitios de nidificación	23
5.2.1 Caracterización de los sitios prospectados.....	23
5.2.1.1 Sector Jarza.....	24
5.2.1.2 Sector Quiuña	25
5.2.1.3 Sector Caleta Buena.....	28
5.2.1.4 Sector Carmen Norte.....	30
5.2.1.5 Sector Pampa Hermosa	31
5.2.1.6 Sector Salar Grande	33
5.2.1.7 Sector Loa	35
5.3 Características morfológicas y hábitos reproductivos.....	36
5.3.1 Biometría	36
5.3.2 Actividad diaria.....	37
5.3.3 Características microclimáticas del nido	38
5.3.4 Ciclo reproductivo de la especie <i>Oceanodroma markhami</i>	38

5.4 Amenazas.....	39
6. DISCUSIÓN	41
6.1 Reportes de incidentes en la Región de Tarapacá.....	41
6.2 Sitios de nidificación	42
6.3 Características morfológicas y hábitos reproductivos.....	43
7. CONCLUSIONES.....	45
8. LITERATURA CITADA	47
9. ANEXOS.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Las golondrinas de mar son un grupo de aves marinas pertenecientes al Orden Procellariiformes (Furbringer 1888) el cual contiene 127 especies clasificadas en cuatro familias, Diomedidae (albatros), Procellariidae (petreles, fardelas y yuncos), Hydrobatidae (golondrinas de mar) y Pelecanoididae (Petreles buceadores). 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 Hydrobatidae se encuentra representada por 11 especies. Entre las especies de la subfamilia Oceanitinae se encuentran la golondrina de mar chica (*Oceanites gracilis*) y la golondrina de mar *Oceanites oceanicus*, mientras que en la subfamilia Hydrobatinae destacan la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar de collar (*Oceanodroma hornbyi*).

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).

Oceanodroma 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).

Aunque se han observado y estudiado en el mar durante cientos de años, 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).

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, éstas 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 ocho 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 e identificar potenciales sitios aún no descritos.
- Evaluar la aplicación del uso de perros detectores y *playback* como métodos efectivos para la detección de nuevos sitios de nidificación de golondrinas de mar.
- Analizar espacial y temporalmente el comportamiento reproductivo de las poblaciones nidificantes de *O. markhami* 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

La golondrina de mar negra (*Oceanodroma 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).

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). En el norte de Chile, existen escasos registros de sitios de nidificación, ejemplo de ello es uno en la Región de Arica y Parinacota, ubicado a unos 12 km de la costa y entre 500-800 msnm (Torres-Mura & Lemus 2013; Schmitt et al. 2009).

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 volantes 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 (Schmitt et al. 2009). A nivel internacional, la especie está calificada como “Casi amenazadas” (IUCN 2019 (BirdLife International 2017)). En Chile la especie se encuentra clasificada como Inadecuadamente Conocida, según el Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 5/1998 MINAGRI) y En Peligro por el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio de Medioambiente.

La golondrina de mar de collar (*Oceanodroma hornbyi*), 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, sigue siendo desconocido en su totalidad. Volantes 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.

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 Wilson (*Oceanites oceanicus*), es la especie más cosmopolita de los Procellariiformes y, aunque nidifica en el Pacífico sur, se le puede encontrar desde la Antártica hasta el Ártico por las aguas del Océano Atlántico. Brooke (2004), estimó la población reproductora mundial entre 4 y 10 millones de parejas. Esta especie se reproduce en islotes rocosos, en acantilados y entre pedregales. Prefiere alimentarse principalmente en aguas y posee una dieta compuesta principalmente de crustáceos planctónicos (especialmente krill) y peces (Hoyo et al. 1992). Su dieta cambia principalmente de crustáceos durante la formación de huevos a una mayor proporción de peces durante la crianza de pollos y la muda (Quillfeldt et al. 2005).

Aunque la población de la golondrina de Wilson es estable, los depredadores introducidos en los sitios de nidificación, como las ratas y los gatos, todavía presentan un problema en algunos sitios de latitudes más bajas (BirdLife International 2016c). Los metales pesados y los organoclorados representan un riesgo adicional que puede acumularse en los tejidos de las aves. La ingestión de plástico es una preocupación importante, ya que se ha reportado que una gran proporción de adultos y polluelos tienen plástico en el estómago. También ocurren incidentes en los pies de las aves que se enredan en la malla de pesca o líneas de nylon (Moser & Lee 1992).

Quillfeldt (2001), informa un menor éxito reproductivo después de inviernos con bajo nivel de hielo marino, lo que refleja los efectos del cambio climático en esta especie. La especie es considerada internacionalmente como de Menor riesgo (BirdLife International 2016c), mientras que en Chile no ha sido clasificada.

Por su parte, la golondrina de mar chica (*Oceanites gracilis*), 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).

Sin información sobre sitios de reproducción, amenazas y tendencias en la población, el estado de conservación de la especie es imposible de determinar. Sin embargo, especies exóticas invasoras y disturbios antrópicos (incendios), pueden poner en riesgo a las colonias nidificantes. 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 con Datos insuficientes (BirdLife International 2016b) y en Chile como Insuficientemente conocida según el Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 5/1998 MINAGRI).

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 1, 2 y 3). 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 1. 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:
 @sagchile @sagminagri SAGChile @sagchile sag-chile SAG Chile

Servicio Agrícola y Ganadero
Región de Tarapacá

Cuidemos Nuestra Fauna Silvestre




Figura 2. Díptico de la Unidad de Recursos Naturales Renovables entregado a la comunidad.

SE BUSCA

Golondrina de Mar Negra





patas palmeadas

Ave Marina migratoria que se desorienta fácilmente con la luz de la ciudad perdiendo su ruta hacia el mar no pudiendo retomar el vuelo. Es pequeña y cabe en la palma de la mano de una persona.



Golondrina de Collar

¿Qué hacer?

- Tómela delicadamente y póngala en una caja con ventilación.
- No tomarle fotografías.
- No le de agua ni alimentos.
- Aléjela de animales domésticos y ruidos.
- Entréguela lo antes posible a los siguientes contactos:

SAG: Av. Pedro Prado 3384, Iquique
 Orella 562, Iquique, fono:
 57 2505480, 57 2505481.
 Fono Voluntarios Golondrinas:
 +56 9 96155490 +56 9 95365358
 +56 9 87199429

Salvemos a la Golondrina de Mar Negra
 @golondrina.de.mar



Figura 3. 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 e impulsado por la ROC, 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.

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. En promedio, los equipos de trabajo tienen un abanico de aromas de más de 20 diferentes productos de interés para el SAG, entre los que se encuentran: pomáceas (manzanas), cítricos (limones, naranjas), mango, chirimoyas, carnes (vacuno y pollo), cecinas y quesos. 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).

Varios trabajos indican que, en muchos casos, 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). Dada las características de esta especie y las condiciones en las cuales realiza su nidificación, se solicitó a la División de Asuntos Internacionales del SAG Central la posibilidad de que los canes detectores de la Brigada Canina Regional pudiesen participar de las campañas de búsqueda de nidos, con la finalidad de realizar un trabajo innovador e inédito en Chile.

4. MÉTODO

4.1 Área de estudio

Durante el año 2019, se prospectaron los mismos sitios de años anteriores (Tabla 2) adicionalmente, se exploró un nuevo sitio correspondiente al sector de Pampa Hermosa (Fig 4). 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 & Plischoff 2006).

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 Pisagua 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.

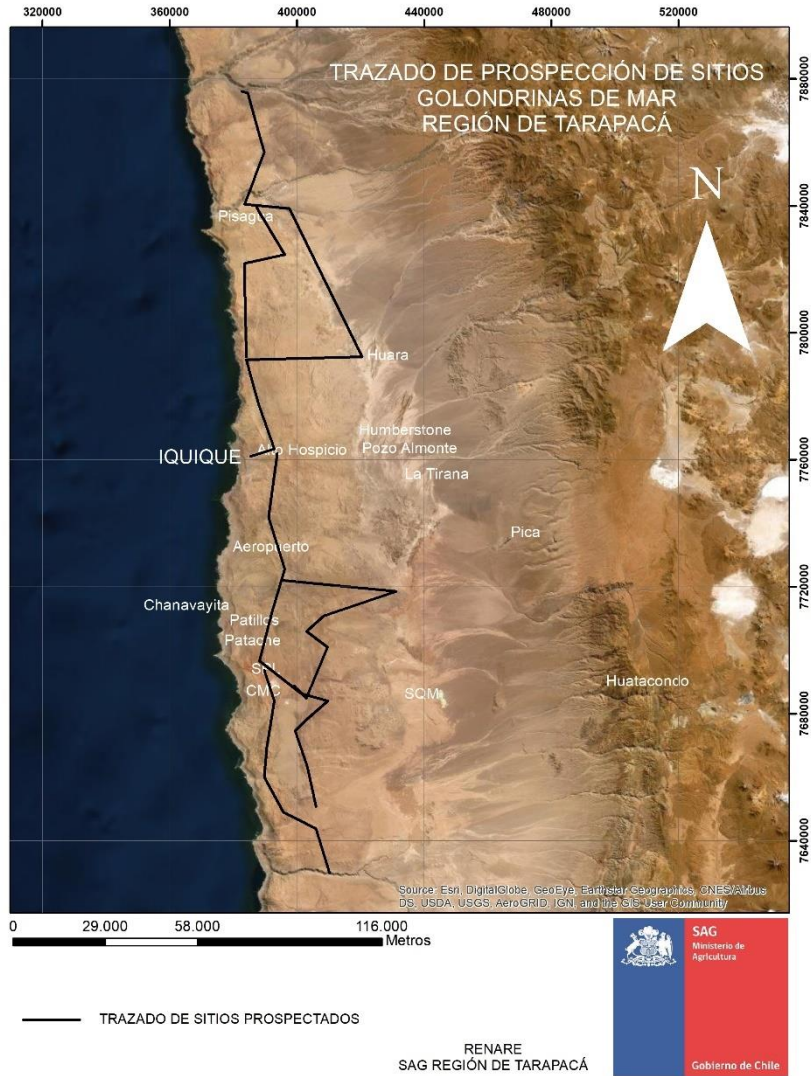


Figura 4. Sitios y transectos prospectados en el periodo del estudio.

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 (ca. 0.36 km²), 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 por el SAG Tarapacá.

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 (ca. 10 km²) 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 (ca. 3000 km²) 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 de minería no metálica y red de voluntarios de la Región de Tarapacá, desde el año 2010 a la fecha. Los cuales incluyen fecha, especie, número de ejemplares, lugar del incidente y destino de los individuos.

4.2.2 Determinación de sitios de nidificación

Durante diciembre 2016 a diciembre 2019, se utilizaron 61 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 *O. markhami*, se tomaron registros de periodos reproductivos diferentes, estos datos corresponden a los siguientes periodos:

Tabla 1. Periodos reproductivos de *O. markhami* 2017-2020.

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 diciembre 2019

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 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.

Los terrenos se realizaron las siguientes fechas:

Tabla 2. Metodologías utilizadas para la detección y descripción de sitios de nidificación de golondrinas de mar en la Región de Tarapacá, durante los años 2016-2019.

Jornada	Fecha	Sitio prospectado	Tipo de registro
1	09-12-2016	Caleta Buena	Sonda, Olor
2	27-12-2016	Caleta Buena	Sonda, Olor
3	05-12-2017	Salar Carmen, Soronal, Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
4	07-12-2017	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
5	08-12-2017	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
6	11-12-2017	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
7	10-01-2018	Salar Carmen, Soronal, Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
8	17-01-2018	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
9	19-01-2018	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
10	24-01-2018	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes

11	31-01-2018	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
12	07-02-2018	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
13	08-02-2018	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
14	01-03-2018	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
15	02-03-2018	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
16	15-03-2018	Quebrada Tana	Sonda, Olor, Playback
17	22-03-2018	Caleta Buena, Tana, Tiliviche	Sonda, Olor, Playback
18	27-03-2018	Caleta Buena, Tana, Tiliviche	Sonda, Olor, Playback
19	28-03-2018	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
20	03-04-2018	Quebrada Tana, Quiuña	Sonda, Olor, Playback, Canes
21	17-04-2018	Salar Grande, Loa	Sonda, Olor, Playback
22	03-05-2018	Caltea Buena, Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
23	04-09-2018	Jarza Chiza	Sonda, Olor, Playback
24	12-09-2018	Quebrada Tana, Chiza	Sonda, Olor, Playback
25	17-10-2018	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
26	14-11-2018	Quebrada Tana, Quiuña	Sonda, Olor, Playback
27	16-11-2018	Loa	Sonda, Olor, Playback
28	29-11-2018	Caleta Buena, Quiuña	Sonda, Olor, Playback
29	03-12-2018	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
30	06-12-2018	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
31	17-12-2018	Quiuña	Sonda, Olor, Playback, Canes
32	21-12-2018	Quiuña	Sonda, Olor, Playback
33	26-12-2018	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
34	08-01-2019	Quiuña	Sonda, Olor, Playback
35	11-01-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
36	14-01-2019	Salar Grande, Pampa Hemososa	Sonda, Olor, Playback, Canes
37	15-01-2019	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
38	08-02-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
39	20-02-2019	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
40	21-02-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
41	27-02-2019	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
42	06-03-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
43	14-03-2019	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback
44	21-03-2019	Loa	Sonda, Olor, Playback, Canes
45	22-03-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
46	02-04-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
47	31-05-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
48	10-07-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
49	23-08-2019	Quiuña	Sonda, Olor, Playback, Canes
50	30-08-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
51	17-09-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
52	04-10-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback
53	24-10-2019	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
54	30-10-2019	Quiuña	Sonda, Olor, Playback, Canes
55	19-11-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
56	26-11-2019	Salar Grande	Sonda, Olor, Playback, Canes
57	28-11-2019	Caleta Buena	Sonda, Olor, Playback, Canes
58	04-12-2019	Salar Grande, Pampa Hemososa	Sonda, Olor, Playback, Canes
59	06-12-2019	Salar Grande, Pampa Hemososa	Sonda, Olor, Playback, Canes
60	12-12-2019	Salar Grande, Pampa Hemososa	Sonda, Olor, Playback, Canes
61	18-12-2019	Salar Grande, Pampa Hemososa	Sonda, Olor, Playback

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, Salar Grande, Caleta Buena y Quebrada Loa también se realizaron pruebas con la Brigada Canina provenientes de la BRICAN (Anexo 5). El perro utilizado corresponde a una hembra de raza labrador, con dos años de edad, la cual fue entrenada con plumas y restos de *O. markhami*. Sin embargo, éste ya tenía implantado el olor de plumas de loro producto de sus labores cotidianas en instalaciones de frontera.

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. La primera prueba con canes se realizó en salar Caleta Buena, donde se verificaron nidos y zonas sin nidificación. Por otro lado, en Salar Grande se inspeccionó, sitios con y sin registros de nidificación. 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. Por lo anterior, y no habiendo literatura específica al respecto, se propuso inspeccionar y dar seguimiento a un total de 6 nidos registrados por los canes detectores, 3 nidos del Salar Grande y 3 nidos del Salar de Caleta Buena, en cada uno de estos nidos fue instalada una cámara trampa y fueron monitoreados por sonda hasta el término de la temporada. 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 2019, 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, 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.

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, 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. Asimismo, nuestro Servicio recibe anualmente los reportes de incidentes de empresas que operan principalmente en el Salar Grande, 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 2019 el SAG Regional Tarapacá cuenta con registro de un total de 11.628 individuos, donde la especie con mayor número de reportes fue *O. markhami* con un total de 11.235 individuos, quien representa un 96% del total de individuos. Le siguen *O. hornbyi* con un total de 332 individuos (2,8%), luego *O. gracilis* con un total de 49 individuos (0,42%) y por último *O. oceanicus* con 12 individuos las cuales representan sólo un 0,1% 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. 5). *O. markhami* fue la especie más abundante, seguida por *O. hornbyi* la cual ha sido frecuente desde el 2010. *O. gracilis* ha sido registrada

en los años 2012, 2014, 2017, 2018 y 2019, mientras que *O. oceanicus* sólo ha sido registrada los años 2010 y 2019.

Por otro lado, los reportes de las distintas especies de golondrinas se distribuyen heterogéneamente durante el año (Fig. 6). *O. 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. *O. hornbyi* fue registrada durante 7 meses, sin embargo, durante marzo, abril y mayo sólo fue reportada en pequeñas proporciones, dominando el número de reportes entre junio y septiembre. Los individuos de *O. gracilis* fueron reportados en un total de 8 meses, registrándose principalmente entre agosto y diciembre. Mientras que los individuos de *O. oceanicus* fueron rescatados en el mes de agosto a diciembre (Fig. 7).

Espacialmente, los individuos reportados durante el periodo de estudio fueron rescatados desde las comunas de Iquique (radio urbano), con el 33,3% (n=3.904) de los individuos. Alto Hospicio, con el 8,8% (n=1023), seguidas por localidades de Pozo Almonte con el 0.32% (n=37). También hubo registros en las localidades de Chanavayita, Patillos, Aeropuerto Diego Aracena, Huará, Huatacondo, Humberstone, La Tirana y Pica. (Fig. 8)

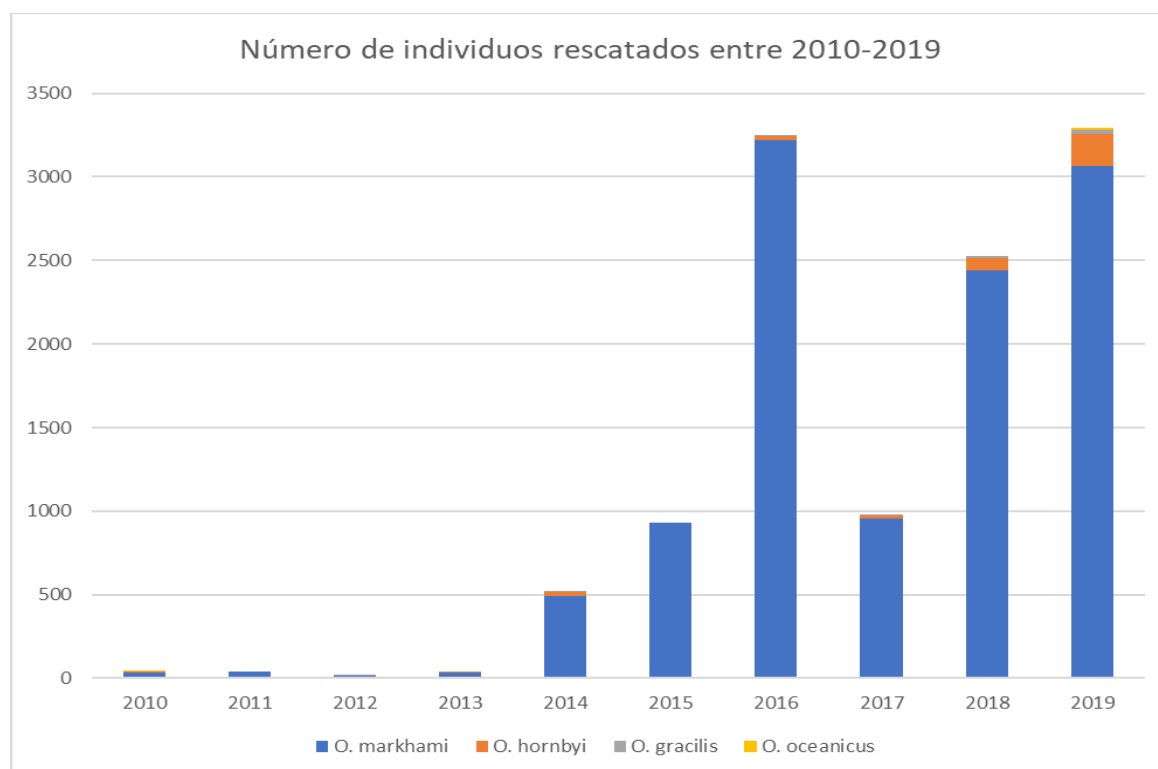


Figura 5. Número total de individuos rescatados de la Región de Tarapacá, durante los años 2010-2019.

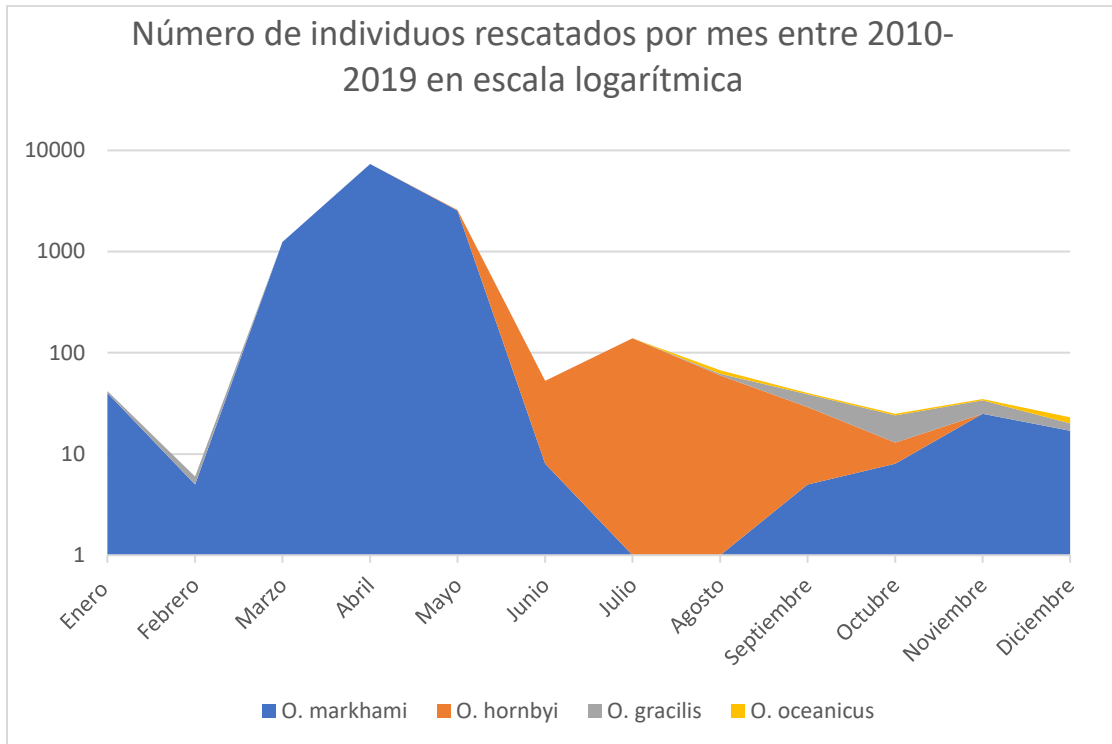


Figura 6. Número mensual de especies de golondrinas reportadas en incidentes en la Región de Tarapacá, durante los años 2010-2019.

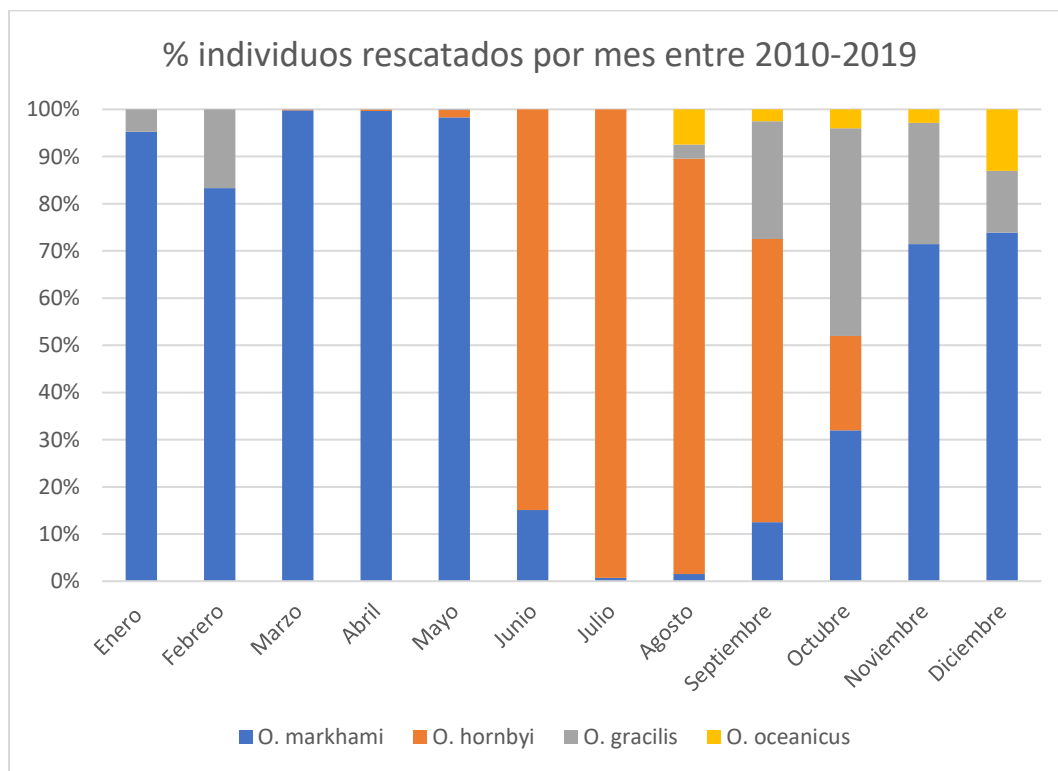


Figura 7. Porcentaje mensual de especies de golondrinas reportadas en incidentes en la Región de Tarapacá, durante los años 2010-2019.

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. (SPL) y La Compañía Minera Cordillera. En el caso de SPL durante el año 2015, reportó colisiones de 747 individuos correspondientes a la especie *O. 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 el año 2019 reportan un total de 562 individuos. Las colisiones provienen en su mayoría de las instalaciones del sector mina y planta (Anexo 8 y 9), ubicadas al interior del Salar Grande. En el caso de la Minera Cordillera, reportaron un total 449 individuos durante el año 2018 y 335 individuos el año 2019, no teniendo registros de años anteriores. Por último, se incorpora SQM S.A. en los registros a partir del año 2019, el cual reporta un total de 28 individuos como incidentes, informando además de reportes anteriores, tales como 4 individuos para el año 2018 y uno para el 2017. (Fig. 8 y 9)

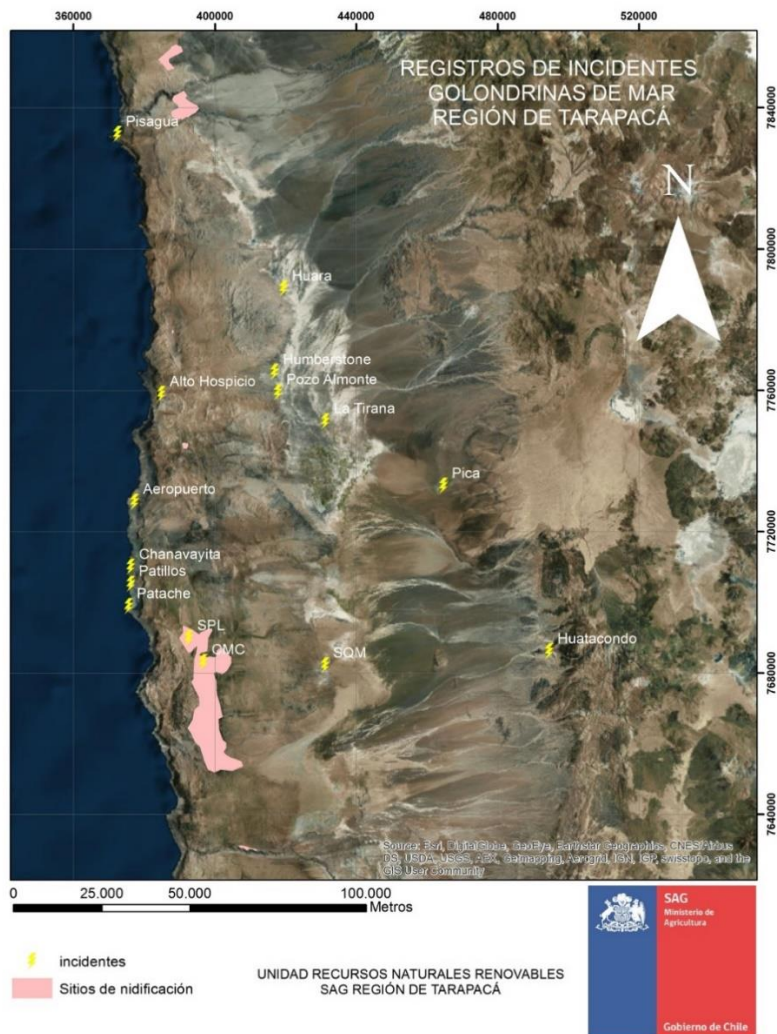


Figura 8. Mapa de incidentes con golondrinas de mar, durante el periodo de estudio.

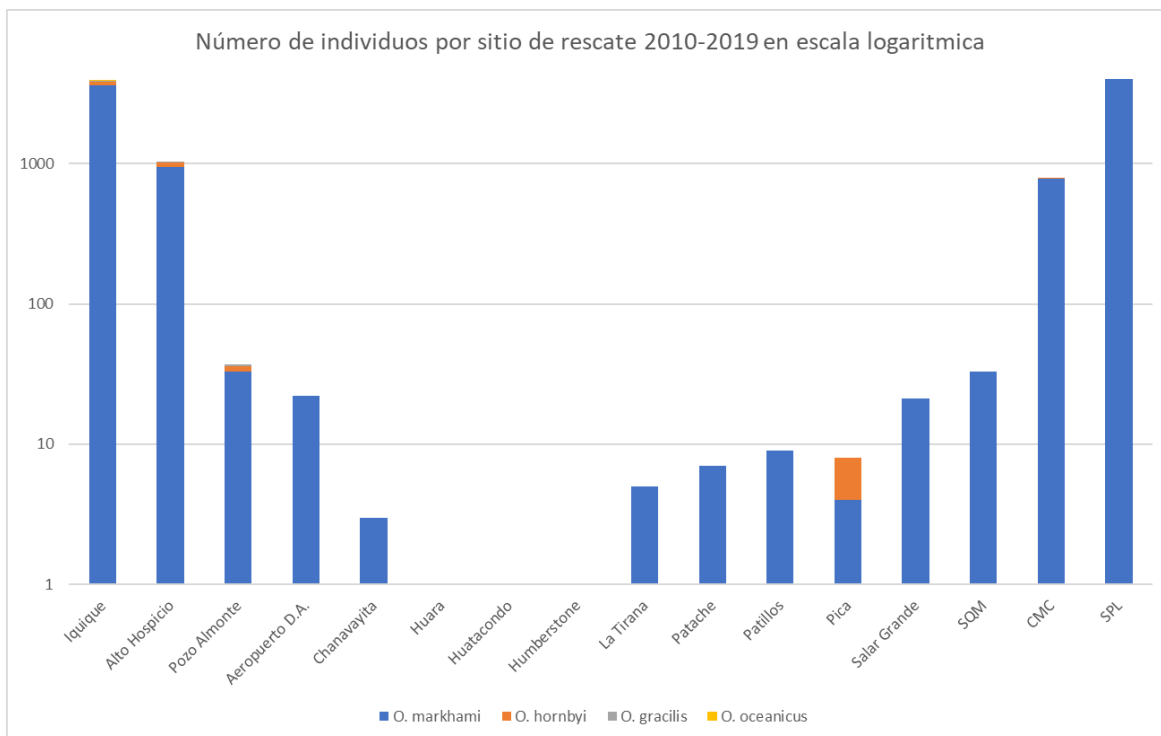


Figura 9. Número de individuos de golondrinas rescatadas en diferentes sitios de la Región de Tarapacá, entre los años 2010-2019.

Los rescates producto de la atención de denuncia de *O. markhami* provinieron desde todos los sitios mencionados (Fig. 10). Siendo mayoritario su reporte los registros de SPL con un total de 51% (n=5.768), seguido por el radio urbano de la ciudad de Iquique, donde concentra el 31% (n=3.601) de los registros, seguido por la localidad de Alto Hospicio con el 8,3% (n=943), por último, la faena minera Cordillera con un 7% (n=784). Por otro lado, *O. hornbyi* fue reportado en Iquique, con el 72,5% (n=244), en Alto Hospicio con el 24% (n=79), en Pica con cuatro individuos y por último en Pozo Almonte con tres individuos. Mientras que, *O. gracilis* y *O. oceanicus* fueron reportados sólo en el radio urbano de Iquique. Se hace mención que el 90% 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.

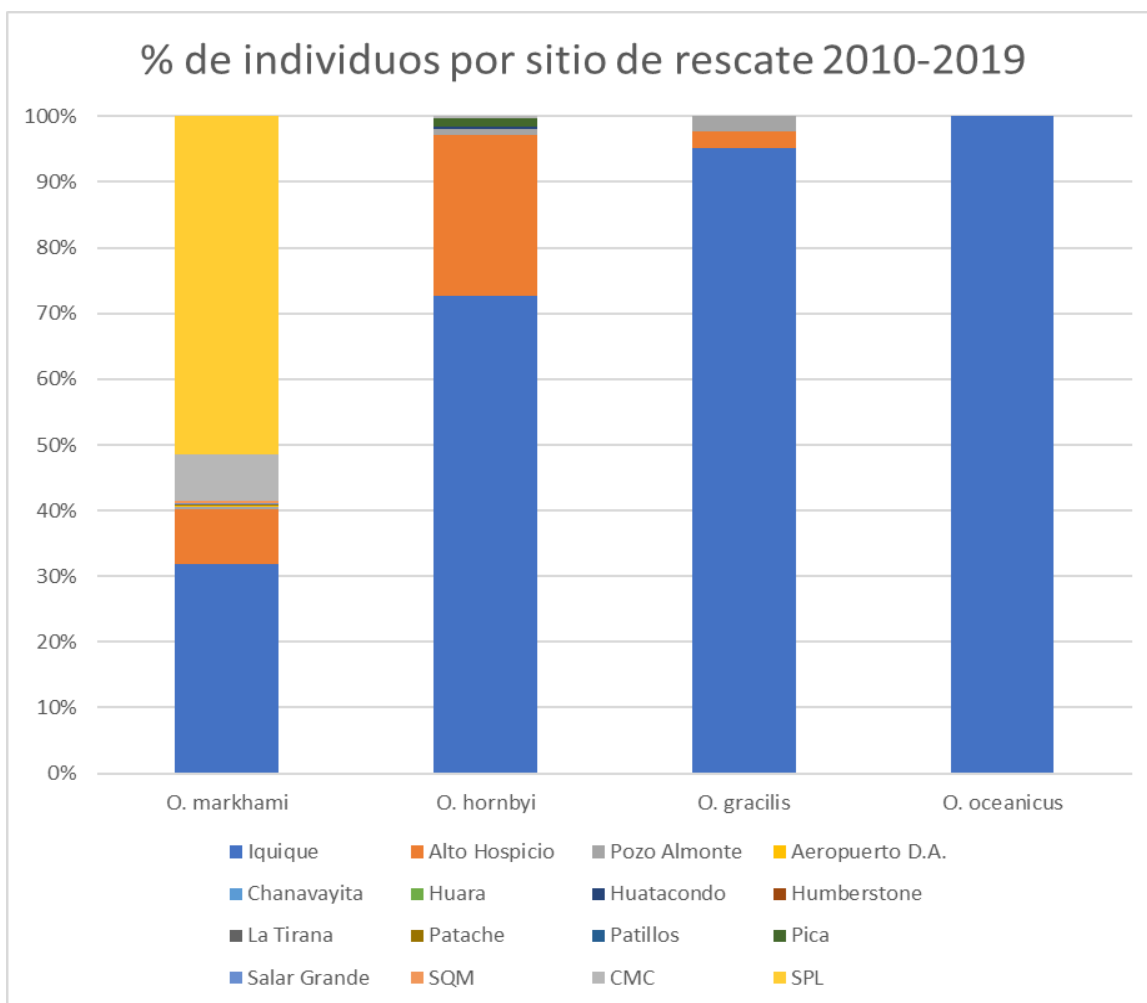


Figura 10. Porcentaje de individuos por sitios rescatados en diferentes lugares de la Región de Tarapacá, entre los años 2010-2019.

5.2 Prospecciones e identificación de sitios de nidificación

5.2.1 Caracterización de los sitios prospectados

Durante el periodo de estudio se identificaron potencialmente siete sitios de nidificación. Al prospectar los sitios en cuestión, cuatro fueron identificados con colonias reproductivas activas, al momento de la visita. Estos sitios correspondieron a nidificaciones activas de las especies de *Oceanodroma markhami*, *Oceanodroma hornbyi* y *Oceanites gracilis*. Los sitios con nidificación de golondrinas de mar, de norte a sur son: Jarza, Quiuña, Caleta Buena, El Carmen Norte, Pampa Hermosa, Salar Grande y El Loa (Fig 11). 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 Hybrobatidae.

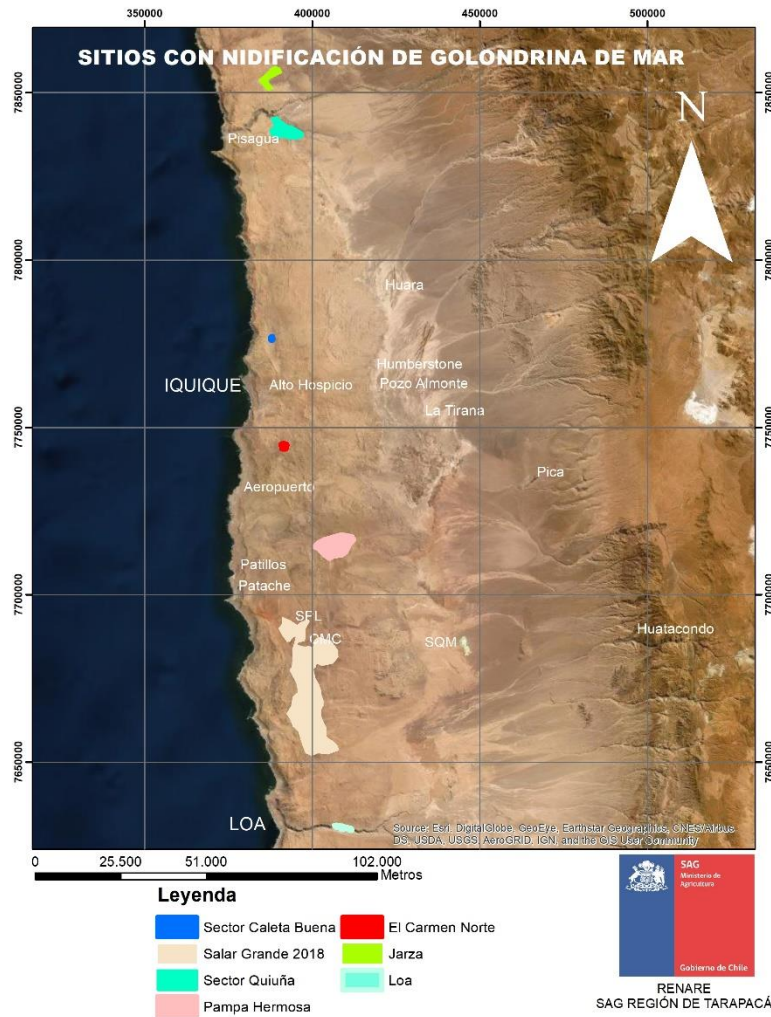


Figura 11. Mapa de los sitios prospectados durante el periodo de estudio.

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 Jarza

En el sector de Jarza, se identificaron dos puntos de nidificación inactivos, 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. 12). Este hallazgo fue detectado para la temporada 2018, sin embargo y considerando el difícil acceso al sector, no se ha vuelto a visitar en las temporadas posteriores.

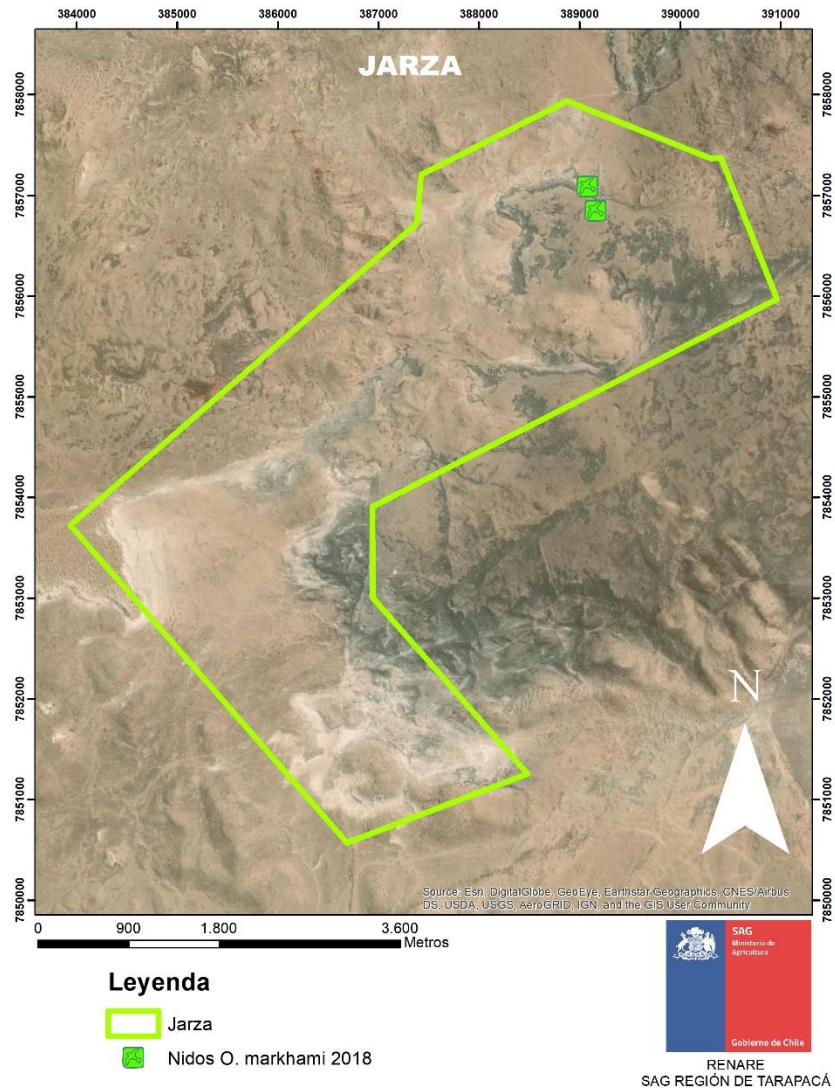


Figura 12. Ubicación de nidos inactivos del sector de Jarza prospectados durante el periodo de estudio.

5.2.1.2 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. 13). En terreno realizado el día 14 de noviembre de 2018 se detecta uno de los nidos con un polluelo de *O. Markhami* de varias semanas de edad (Fig. 14), 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 *Oceanodroma hornbyi*, el cual fue registrado por la ROC (Medrano, R. et al., 2019), ver Figura 15. Dos de los nidos utilizados en la temporada 2019, fueron nuevamente utilizados para la temporada 2020.

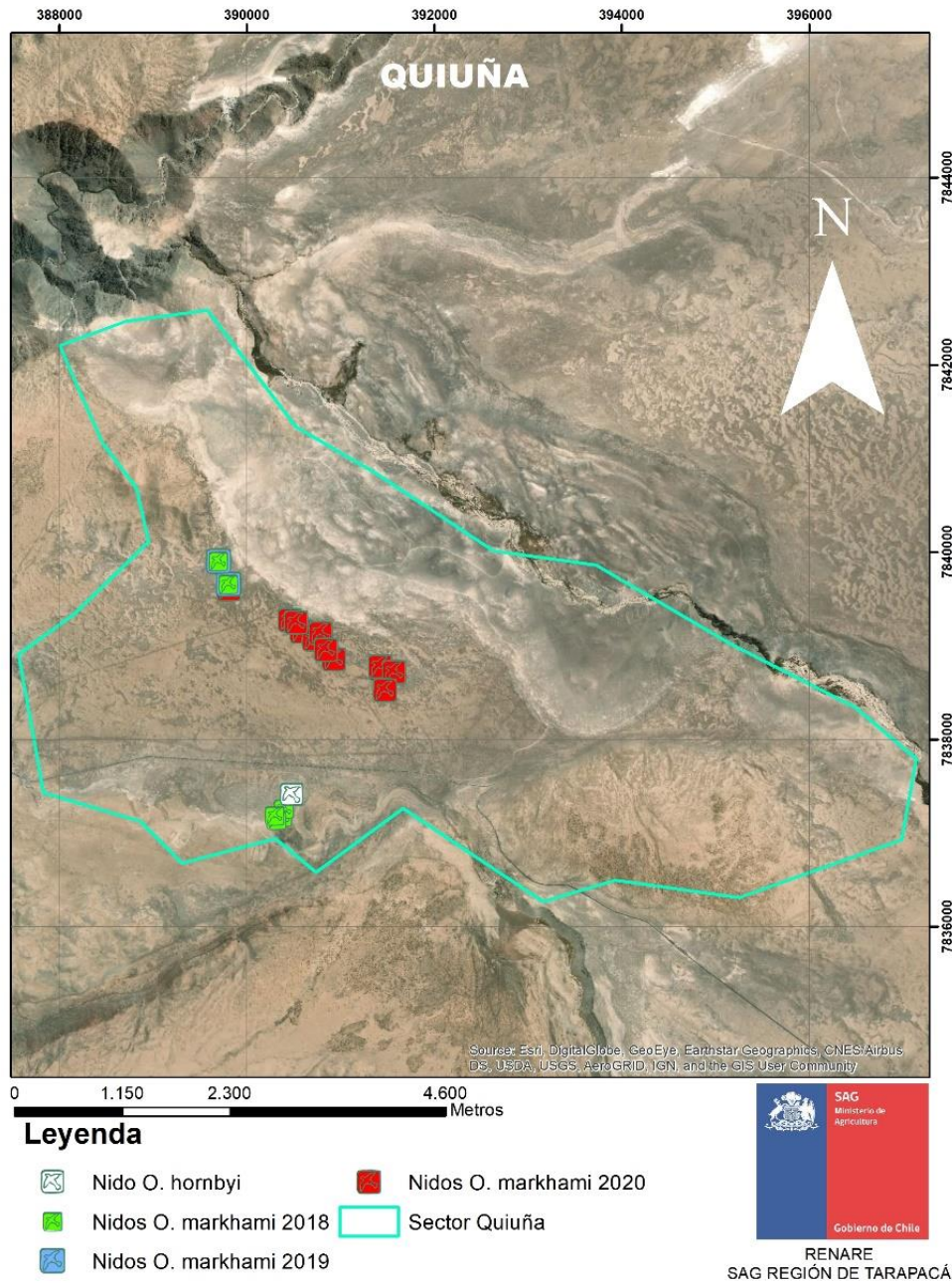


Figura 13. Ubicación de nidos activos del sector de Quiuña prospectados durante el periodo de estudio.



Fig.14. Polluelo de *O.markhami*, en sector Quiuña.



Fig.15. Adulto de *O.hornbyi*, en sector Quiuña.

5.2.1.3 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. 16). El inicio del periodo reproductivo se inicia en el mes de octubre con la llegada de los adultos a las cavidades, comenzando las posturas de huevos en el mes de noviembre (Tabla 3, Fig. 17). De acuerdo con lo observado a través de videos obtenidos mediante cámaras trampa, los nidos monitoreados no presentaron variaciones o interrupciones en ciclo reproductivo producto de la utilización del método de búsqueda con Brigada Canina, igualmente esta actividad fue monitoreada mediante el uso de cámaras trampa.

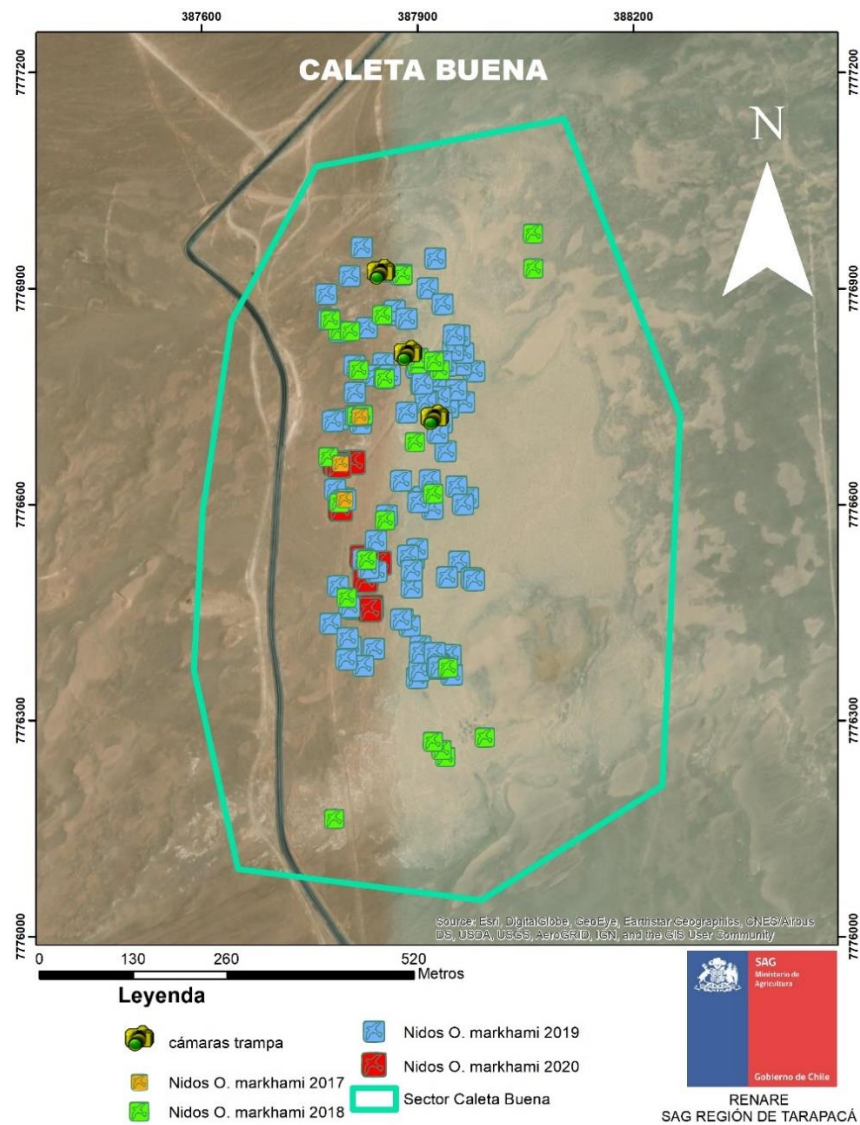


Figura 16. Ubicación de nidos activos del Salar Caleta Buena.



Fig. 17. Adulto y huevo de *O. 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	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, se registraron un total de 10 nidos utilizados en temporadas anteriores.

5.2.1.4 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 *O. 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. 18). Para la temporada 2020 no se realizaron terrenos, considerando el difícil acceso.

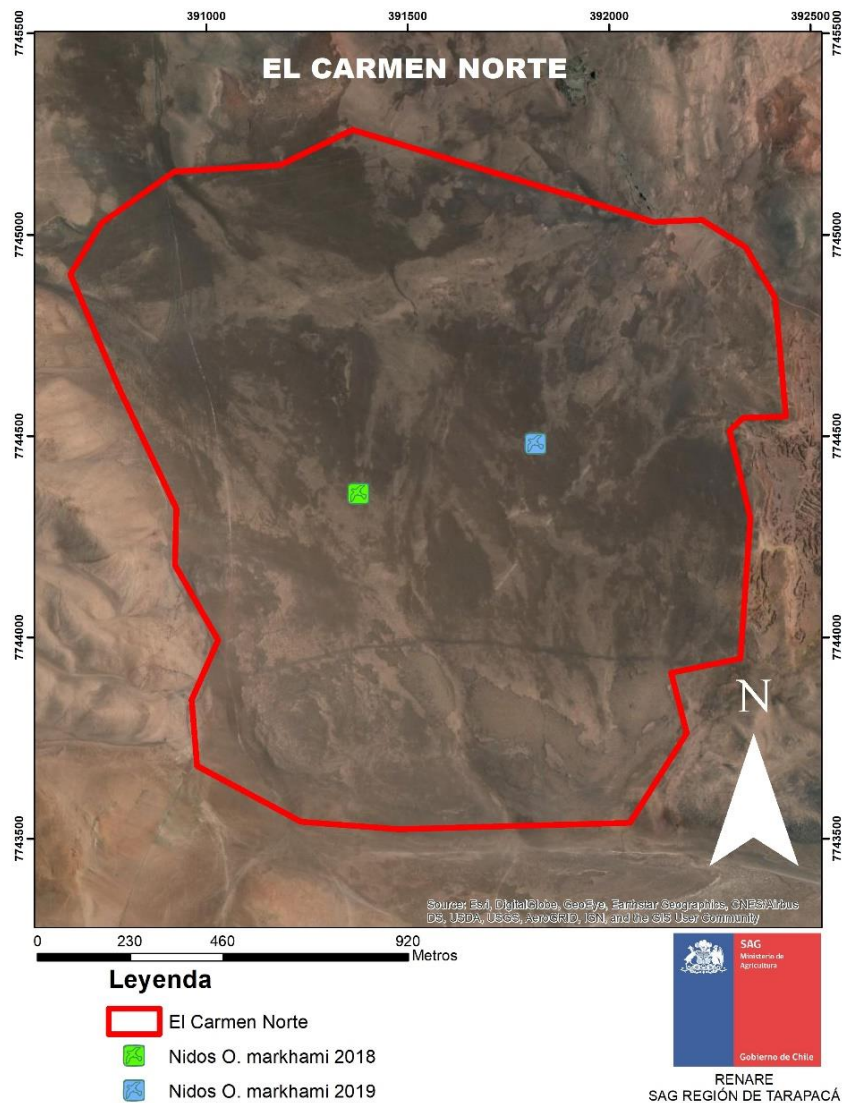


Figura 18. Ubicación de nidos del Salar Carmen Norte, prospectado durante el periodo de estudio.

5.2.1.5 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 *Ocenodroma markhami* con la brigada canina SAG en el sector oeste (ver Fig. 19). Posteriormente para el período 2020 se detectaron un total de 14 nidos activos de la misma especie en diferentes sectores, de los cuales nuevamente se detectaron los tres nidos con adultos del período 2019.

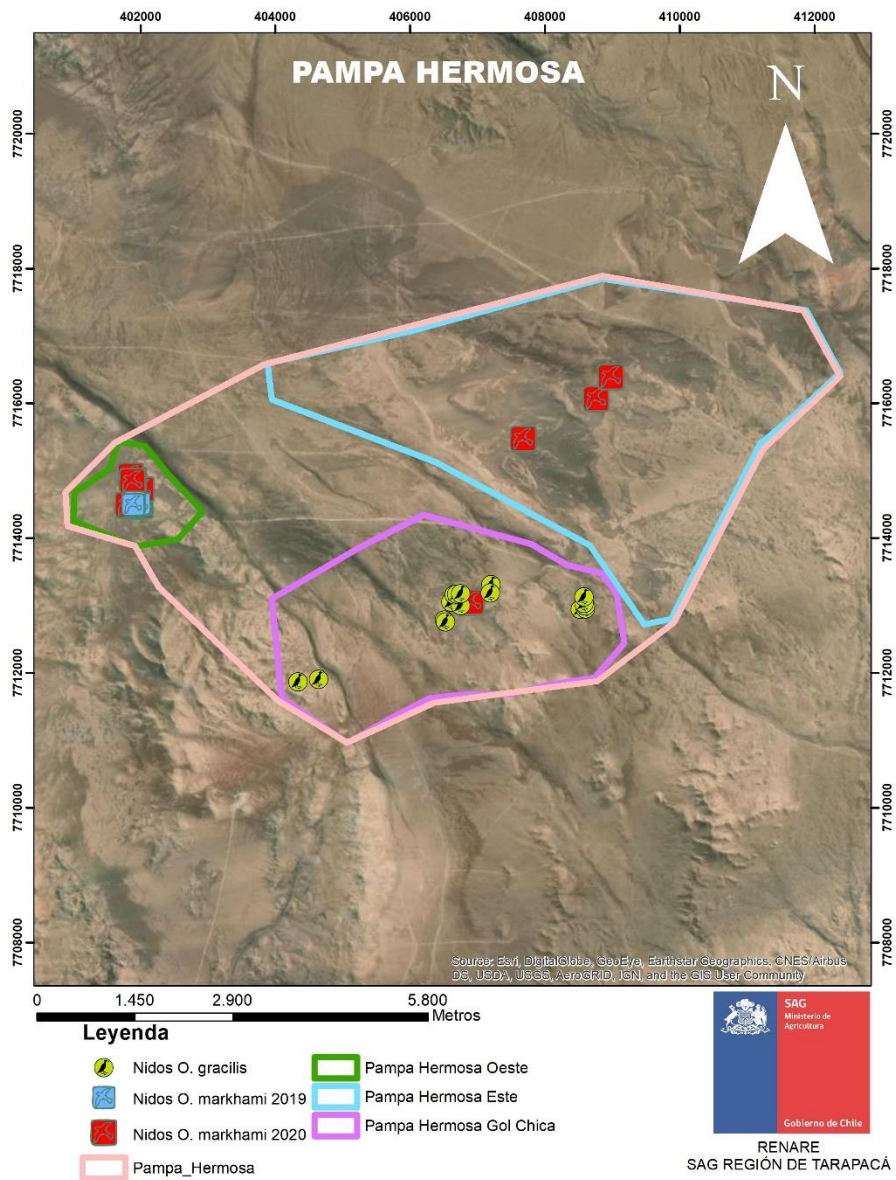


Figura 19. Ubicación de nidos del Pampa Hermosa, prospectado durante el periodo de estudio

Por otra parte, dentro del mismo sector se encuentra nidos de la especie Golondrina de Mar Chica *Oceanites gracilis*, detectando un total de 16 nidos con restos de huevos, fecas, plumas. Uno de los nidos

aún mantenía en su interior a un polluelo (Fig. 20 y Fig. 21), el cual fue extraído medido y anillado, para finalmente devolverlo en su nido. Adicional a lo anterior, se registraron mas nidos con restos de huevos, plumas y fecas correspondientes a *O. gracilis*.



Fig. 20. Juvenil de *O. gracilis*, en Pampa Hermosa.



Fig. 21. Mediciones y anillamiento de juvenil de *O. gracilis*, en Pampa Hermosa.

5.2.1.6 Sector Salar Grande

En el Salar Grande, se detectaron 46 nidos activos durante el periodo 2018, 21 nidos activos para el período 2019 y en el periodo actual 2020 un total de 16 nidos activos sumando un total de 83 nidos activos en todo el periodo de estudio, distribuidos principalmente en la ladera este del salar (Fig. 22). Del total de nidos encontrados en el Salar un total de 23 nidos han mantenido actividad reproductiva durante las tres temporadas, es decir un 27%. 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 *O. 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				

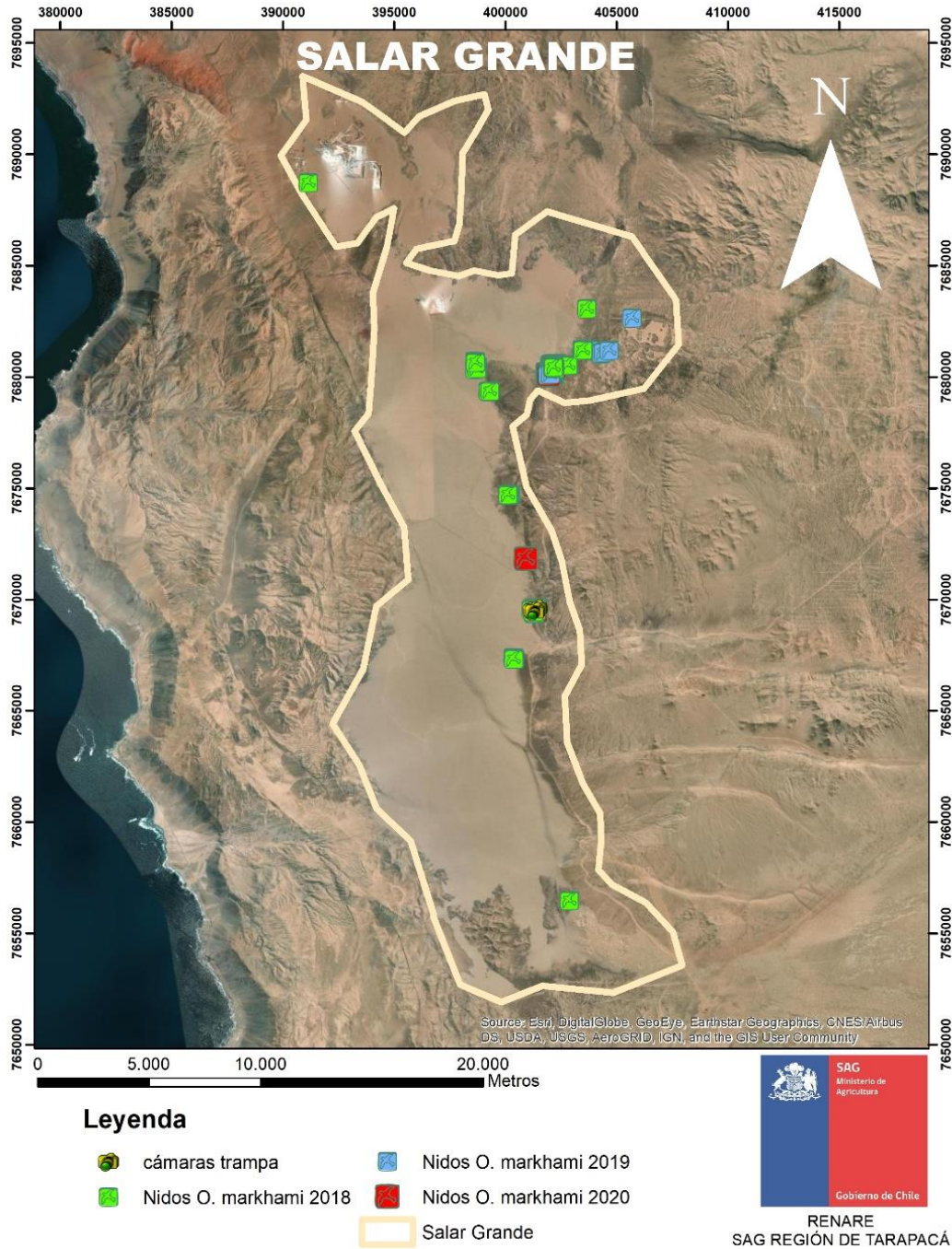


Figura 22. Distribución de los sitios con nidos activos de *O. markhami* en Salar Grande, en el periodo de estudio.

5.2.1.7 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 *O. 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. 23). Durante la temporada 2020 no se han realizado terrenos al sector, principalmente por el difícil acceso.

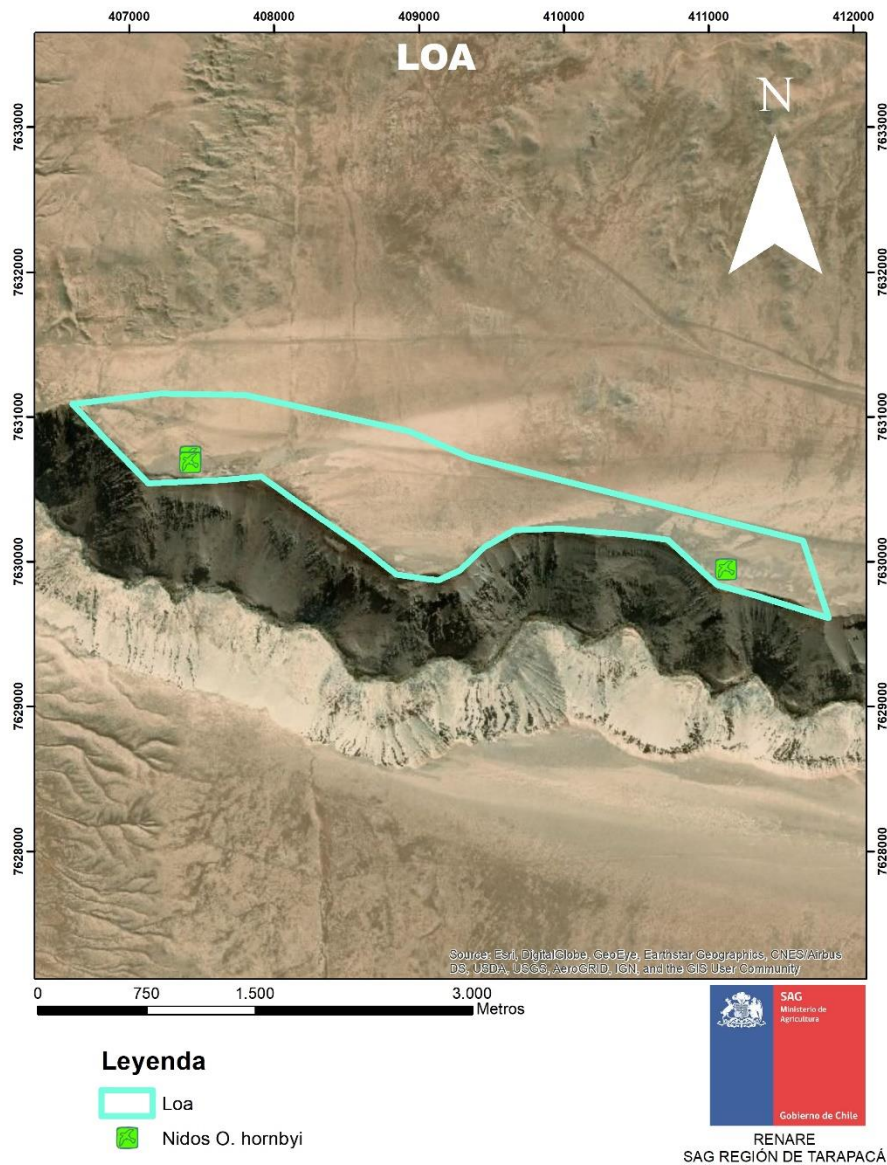


Figura 23. Ubicación de cavidades con restos de la especie *O. hornbyi* al norte del Quebrada del río Loa, durante el periodo de estudio.

5.3 Características morfológicas y hábitos reproductivos

5.3.1 Biometría

Entre el año 2010-2019 se anillaron 20 individuos de *O. markhami*, cinco de *O. gracillis*, dos de *O. hornbyi* y dos *O. oceanicus*. Todos los individuos de *O. 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 *O. 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 24, Tabla 5).

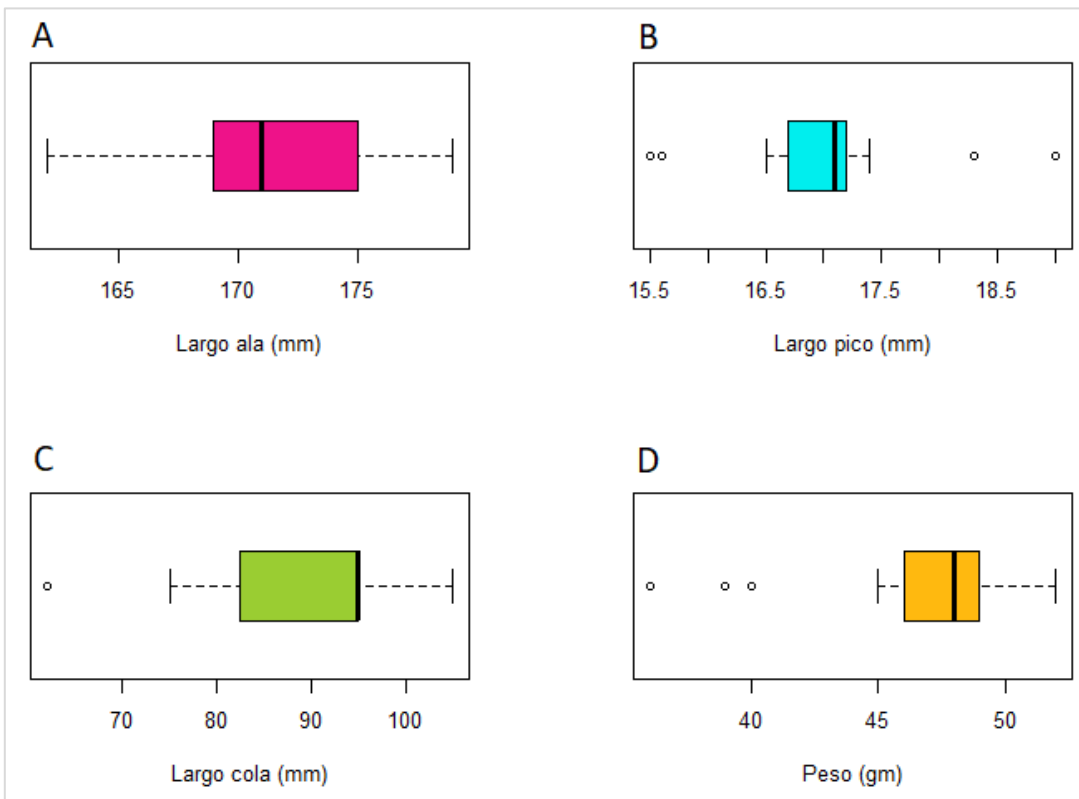


Figura 24. *Boxplot* resumen de medidas biométricas más relevantes para los individuos estudiados de *O. markhami* en el periodo de estudio. (A) Largo de ala expresado en milímetros, (B) Largo del pico expresado en milímetros, (C) Largo de la cola expresado en milímetros. (D) Peso expresado en gramos. 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 *O. 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 *O. markhami*, al exterior del nido se concentran mayoritariamente a media noche (Fig. 25). 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).

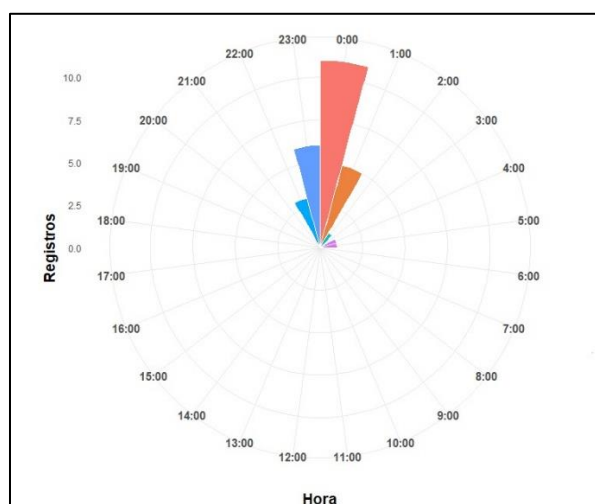


Figura 25. Horarios de actividad al exterior del nido de *O. markhami* en salar Caleta Buena y Salar Grande.

5.3.3 Características microclimáticas del nido

En cuanto al registro de temperaturas, se tiene que los nidos de *O.markhami*, mantienen una temperatura diaria estable, de entre 27.8 y 30.2 °C (Tabla 3), 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 4. Rango y diferencia de las mediciones de temperatura (°C) registradas al exterior e interior de los nidos de *O.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 *Oceanodroma 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 *O.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 *O. 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 *O. markhami* ubicadas al sur de la Quebrada de Tiliviche, tienen un calendario reproductivo distinto a las colonias ubicadas al norte. (Fig. 26)

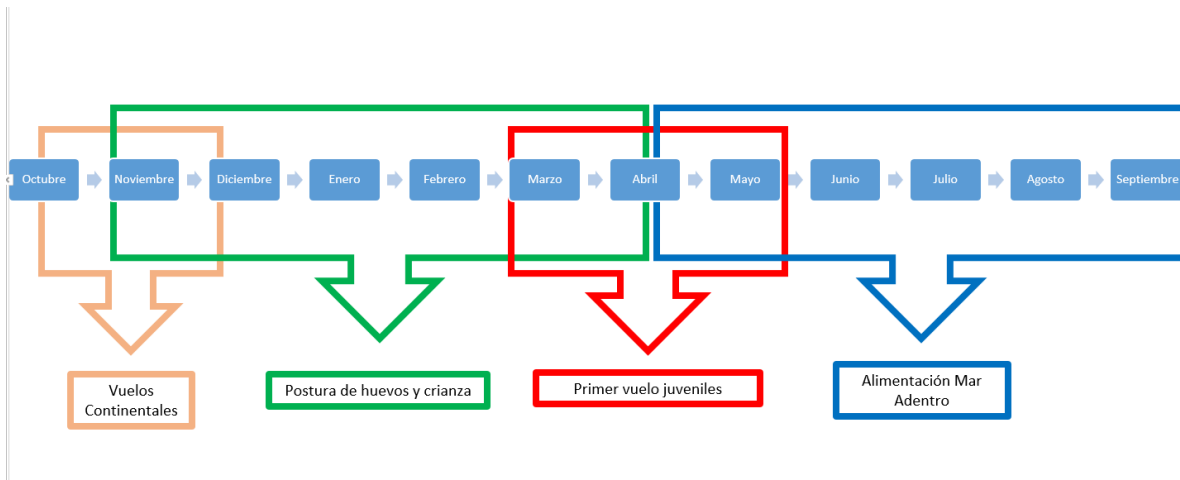


Figura 26. Calendario reproductivo de *O. markhami* para las poblaciones ubicadas al sur de la Quebrada de Tiliviche.

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 (*O.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 *O.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.

5.4 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.27) y el jote cabeza colorada (*Cathartes aura*). Adicionalmente se ha identificado una especie de ratón del género *Phyllotis sp* (Fig.28), la cual se ha registrado ingresando a las galerías.



Fig. 27. *Lycalopex griseus*, en Salar Grande



Fig. 28. *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 debe principalmente al reporte de casi tres mil individuos de *O. markhami* por parte de la empresa SPL, 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 y llegando a un máximo de 3.295 ejemplares registrados con incidentes durante el año 2019.

Si bien los reportes publicados hasta la fecha señalan que el periodo reproductivo de *O. markhami* se desarrolla durante el invierno austral (Torres-Mura & Lemus 2013; Pyle 1993; Jahncke 1994), los registros de incidentes analizados en el presente estudio indican que la temporada reproductiva comenzaría a fines de octubre y se extendería hasta mediados de abril, correspondiendo a la salida de los 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 (*Oceanodroma markhami*) y la Golondrina de mar de collar (*Oceanodroma 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 *O. 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. Sin embargo, este antecedente de caída de volantones está directamente relacionado con la descripción y el estado de las colonias reproductivas.

El alto número de incidentes reportados por la empresa SPL Ltda. 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 *O.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 *O. 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 *O.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 el año 2019, se pudo obtener varios registros de *O. gracilis* y *O. oceanicus*, 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 siete sitios de nidificación, dos de éstos sitios son compartidos por la *O.markhami*, uno de *O.horbyi* (Quiuña) y otro con *O.gracilis* (Pampa Hermosa).

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 *O.markhami* de varias semanas de edad. Este registro da cuenta que la colonia de *O. markhami* en este sector podría tener 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 *O. hornbyi*, muy cercano a los nidos de *O. markhami*, lo cual confirma que los 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.

Nuevos sitios en Salar Grande son levantados en este estudio. A través de la ayuda de *playbacks* y los ejercicios de prueba con canes detectores, fue posible identificar sitios de nidificación en todo el borde este del salar. Los nidos de *O. markhami* más cercano a faenas industriales se encuentran a menos de 2 km de distancia.

Se detecta 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 *O. markhami*, lo cual nuevamente confirma que los sitios son compartidos entre especies.

Adicionalmente, se reporta por primera vez el sector norte al salar del Carmen con evidencias de actividad reproductiva. Posiblemente la implementación de herramientas de detección como *playbacks* y perros detectores permitirá confirmar la presencia de aves en la zona, como lo fue con el resto de los sitios confirmados en este estudio.

En el sector del Loa, se realizó el primer registro de nido de *O. horbyi*, 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.

El resultado del seguimiento de los seis nidos detectados por el método canes detectores, dan cuenta que no hubo variaciones ni alteraciones en todas las etapas del ciclo reproductivo de la especie *O. markhami*. Este análisis considera el seguimiento de la etapa de incubación en diciembre 2017 hasta la etapa de abandono de nido en abril de 2018.

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 (8-16 diciembre de 2017).

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 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 nuevo calendario de ciclo reproductivo de la especie *O. markhami*, de las colonias presentes al sur de la quebrada de Tiliviche. Para las especies como *O. hornbyi*, *O. gracilis* y *O. oceanites*, 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 *O. 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 *O. markhami* en la Región. Estableciéndose un nuevo calendario reproductivo para esta especie en 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 *O.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 siete 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 *O.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 *Oceanodroma 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 las 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 *O. markhami* y *O. gracilis*, de esta última es la primera vez que se describen nidos de Golondrina de Mar Chica *Oceanites gracilis*, dando cuenta del primer registro 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.

Actualmente tanto *O. Hornbyi* como *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 *O. oceanicus*, no cuenta con clasificación en el RCE, sólo cuenta con clasificación en la Lista de Especies Amenazadas de la IUCN en categoría Preocupación Menor.

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 (*Oceanodroma 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 *Oceanodroma 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 Oceanodroma 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., 2018 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 (*Oceanodroma markhami*) y la Golondrina de mar de collar (*Oceanodroma 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 (*Oceanodroma 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 (*Oceanodroma 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 *O.markhami* en la ciudad de Iquique en el año 2010.



Anexo 2. Evaluación de *O. oceanicus* 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. Cavity with nest inside, located in the Caleta Buena salt flat.



Anexo 12. Aerial Drone SAG, Caleta Buena Salt Flat.



Anexo 13. Visualización de la actividad nocturna registrada a través de cámaras trampa Caleta Buena.