

# DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA GOLONDRINA DE MAR DE MARKHAM *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) Y LA GOLONDRINA DE MAR ACOLLARADA *O. hornbyi* (Gray, 1854) EN PERÚ. 2019

## SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF THE MARKHAM'S STORM PETREL *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) AND HORNBY'S STORM PETREL *O. hornbyi* (Gray, 1854) IN PERU DURING 2019

Cynthia Romero

<https://doi.org/10.53554/boletin.v36i1.320>

### RESUMEN

ROMERO C. 2021. Distribución espacio-temporal de la golondrina de mar de Markham *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) y la golondrina de mar acollarada *O. hornbyi* (Gray, 1854) en Perú. 2019. Bol Inst Mar Perú. 36(1): 68-84.- El grupo de las golondrinas de mar es uno de los menos estudiados en Perú. El evento de aparición de algunos individuos en las ciudades de la costa ha permitido conocer algo de su biología; sin embargo, aún se desconocen detalles sobre su distribución en el mar y tierra. Este trabajo describe y resalta aspectos sobre la distribución en el mar de las dos especies más comunes de este grupo: la golondrina de mar de Markham (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar acollarada (*O. hornbyi*) utilizando los avistamientos efectuados a bordo de los cruceros de evaluación de recursos pelágicos de verano, otoño y primavera. Estos se contrastaron con las características oceanográficas de cada estación. Encontramos que las dos especies pueden distribuirse a lo largo de todo el mar peruano; la golondrina de mar de Markham presentó un repliegue en otoño y primavera frente al sur de Piura y norte de Lambayeque y otro desde el sur de Pisco hasta Ilo. Mientras que, la golondrina de mar acollarada, muestra el repliegue de Ica a Tacna. Las dos golondrinas estuvieron en aguas costeras frías (ACF), aguas superficiales subtropicales (ASS) y las aguas de mezcla de estas dos. Finalmente, encontramos diferencias en la distribución espacio temporal de ellas, con repliegues que coinciden con sus temporadas de reproducción lo cual puede dar una pista de ubicación de sus colonias. **PALABRAS CLAVE:** distribución, golondrinas de mar de Markham y acollarada, repliegue, temporada de reproducción

### ABSTRACT

ROMERO C. 2021. Spatio-temporal distribution of the Markham's storm petrel *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) and Hornby's storm petrel *O. hornbyi* (Gray, 1854) in Peru during 2019. Bol Inst Mar Peru. 36(1): 68-84.- Storm petrels are one of the least studied birds in Peru. The occurrence of some individuals in coastal cities has allowed us to know something about their biology. However, details about their distribution at sea and on land are still unknown. This paper describes and highlights aspects of the at-sea distribution of the two most common species of this group: the Markham's storm petrel (*Oceanodroma markhami*) and the Hornby's storm petrel (*O. hornbyi*). We used sightings made onboard the summer, autumn, and spring pelagic resource assessment cruises, which were contrasted with the oceanographic characteristics of each season. It was found that the two species can be distributed throughout the Peruvian sea. The Markham's storm petrel showed a withdrawal, on autumn and spring, off southern Piura and northern Lambayeque and another one from southern Pisco to Ilo. Meanwhile, the Hornby's storm petrel shows a withdrawal from Ica to Tacna. Both species were in cold coastal waters (CCW), subtropical surface waters (SSW), and the mixing waters between these two. Finally, we found differences in their spatio-temporal distribution, with withdrawals coinciding with their mating seasons, which can be a clue to the location of their colonies.

**KEYWORDS:** distribution, Markham's and Hornby's storm petrels, withdrawal, reproductive season

## 1. INTRODUCCIÓN

Las golondrinas de mar son los representantes más pequeños del orden Procellariiformes el cual agrupa a albatros, petreles y pardelas, todas las especies están agrupadas dentro de la familia Hydrobatidae; en Perú se han registrado cuatro géneros: *Fregetta*, *Pelagodroma*, *Oceanites* y *Oceanodroma* (HARRISON, 1983). De ellos las únicas especies que cuentan con sitios de reproducción comprobados en nuestro

## 1. INTRODUCTION

Storm petrels are the smallest representatives of the order Procellariiformes which groups albatrosses, petrels, and shearwaters, all species are clustered within the family Hydrobatidae. In Peru, four genera have been recorded: *Fregetta*, *Pelagodroma*, *Oceanites*, and *Oceanodroma* (HARRISON, 1983). Of these, the only species that have proven mating sites in our country are

1 IMARPE, Oficina de Investigaciones en Depredadores Superiores, cynthiasromerom@gmail.com

país son *Oceanites gracilis* golondrina de mar chica (AYALA *et al.*, 2008); *Oceanodroma tethys* golondrina de mar peruana (GARCÍA-OLAEACHEA *et al.*, 2020) y *O. markhami* golondrina de mar de Markham (JAHNCKE, 1993; GARCÍA-GODOS *et al.*, 2012), finalmente, se presume que *O. hornbyi* golondrina de mar acollarada tiene colonias en nuestro territorio ya que existen indicios de su reproducción, pero aún se desconocen esos sitios.

En general existe poca información acerca de las especies de golondrina de mar que residen en Perú. Este desconocimiento coloca a muchas especies en categorías de peligro dentro de listas internacionales de conservación de fauna como en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de las Especies (UICN) y listas nacionales como la del DS. 004-2014 (MINAGRI, 2014). Las especies más abundantes dentro de este grupo son la golondrina de mar de Markham (*O. markhami*) y la golondrina de mar acollarada *O. hornbyi* ambas categorizadas como Casi Amenazada (NT) por la UICN (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2019a, b) y la golondrina de mar de Markham como vulnerable (VU) por la legislación nacional (MINAGRI, 2014).

Se conocen pocos aspectos de la biología de este grupo, debido a que la mayor parte del tiempo la pasan en hábitats marinos pelágicos y, a la ubicación remota de sus colonias en sitios aislados como islas o en medio del desierto (KOEPCKE, 1964), lo cual dificulta el conocimiento de sus aspectos reproductivos. A pesar de ello, no es un ave ajena a las poblaciones costeras, debido a que se reportan caídas de varios individuos en estas ciudades a lo largo del año (MURILLO *et al.*, 2013; KOEPCKE, 1964).

Lo que se conoce de las dos especies es que serían endémicas del ecosistema de la corriente Humboldt (SCHULENBERG *et al.*, 2010) y lo concerniente a la temporalidad de las caídas de individuos juveniles en la costa, que en el caso de la golondrina de mar de Markham se presentan en noviembre y diciembre (KOEPCKE, 1964) y para la golondrina acollarada se presenta desde mayo hasta julio (MURILLO *et al.*, 2013) aparentemente cuando salen de sus sitios de anidación. Esto respondería a una de las amenazas que tiene este grupo como es la desorientación por efecto de las luces de las ciudades cuando pasan por zonas urbanizadas (MURILLO *et al.*, 2013; TORRICO *et al.*, 2018; TORRES-MURA & LEMUS, 2013). Mientras tanto, su distribución en el mar es poco conocida y a la vez es de gran importancia debido a que es el ambiente marino en donde pasarán la mayor parte de su vida.

*Oceanites gracilis* Elliot's storm petrel (AYALA *et al.*, 2008); *Oceanodroma tethys* Wedge-rumped storm petrel (GARCÍA-OLAEACHEA *et al.*, 2020), and *O. markhami* Markham's storm petrel (JAHNCKE, 1993; GARCÍA-GODOS *et al.*, 2012). Finally, there is evidence that *O. hornbyi* Hornby's storm petrel has colonies in our territory since there are signs of reproduction, but these sites remain unknown.

There is generally little information about storm petrels inhabiting Peru. Therefore, given this unawareness, many species are in endangered categories on international fauna conservation lists such as the International Union for Conservation of Species (IUCN) Red List and national lists such as that of DS. 004-2014 (MINAGRI, 2014). The most abundant species within this group are the Markham's storm petrel (*O. markhami*) and the Hornby's storm petrel *O. hornbyi*, both categorized as Near Threatened (NT) by the IUCN (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2019a, b), and the former as vulnerable (VU) by national legislation (MINAGRI, 2014).

We know few aspects of their biology since they spend most of their time in pelagic marine habitats, and because of the remote location of their colonies in isolated sites such as islands or in the middle of the desert (KOEPCKE, 1964), which hinders our knowledge of their reproductive aspects. Nonetheless, it is not a bird alien to coastal towns, since several individuals are reported to fall in these places throughout the year (MURILLO *et al.*, 2013; KOEPCKE, 1964).

Both species are endemic to the Humboldt Current Ecosystem-HCE (SCHULENBERG *et al.*, 2010). Regarding the timing of the fall of juvenile individuals on the coast, for the Markham's storm petrel, it occurs in November and December (KOEPCKE, 1964), and for the Hornby's storm petrel, it occurs from May to July (MURILLO *et al.*, 2013) apparently when they leave their nesting sites. This would be caused by the disorientation resulting from the effect of city lights when they pass through urbanized areas (MURILLO *et al.*, 2013; TORRICO *et al.*, 2018; TORRES-MURA & LEMUS, 2013). Meanwhile, their at-sea distribution is little known and at the same time is of great importance since it is the marine environment where this species will spend most of its life.

En este trabajo describimos la distribución espacio temporal de estas dos especies de golondrinas en Perú. Esto fue realizado a través de los avistamientos a bordo de los cruceros de evaluación de recursos que se efectuaron durante el 2019, así como el registro de masas de agua que se presentó durante ese año. Se observan diferencias estacionales en la distribución de las dos especies las cuales estarían relacionadas con la temporada reproductiva, además de su presencia en diferentes masas de agua, que nos permite conocer como varía el uso del hábitat a través del tiempo lo cual es importante para la identificación de sus amenazas en el espacio marino y finalmente da visos de la parte del país donde podrían localizarse sus sitios de reproducción aun no descubiertos. Esta información a futuro podría permitir establecer planes de conservación más precisos para estas especies en virtud de las amenazas que presenta.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

Los datos comprendidos en este estudio pertenecen a los recorridos de tres cruceros de evaluación de recursos pelágicos organizados por el IMARPE el 2019. El crucero Cr. 1902-03 se desarrolló en el verano, comprendiendo el área marítima entre Punta Sal, Tumbes (3°58'S) y Morro Sama, Tacna (17°60'S); el crucero Cr. 1905-06 realizado en otoño, abarcó desde isla Lobos de Tierra, Lambayeque (6°30'S) hasta Morro Sama, Tacna (17°60'S) recorriendo desde 2 mn hasta 100 mn de la costa; finalmente, el crucero Cr. 1909-11 de primavera efectuado desde Tumbes (3°45'S) hasta Morro Sama (18°20'S) fue desde 0,3 mn hasta 100 mn de distancia a la costa, entre Tumbes-Chimbote y hasta 80 mn desde Chimbote hasta Morro Sama.

### Avistamiento

El registro de aves se realizó con un avistador ubicado al lado de babor del barco cuyo límite de observación fue de 300 metros, teniendo como campo de observación un ángulo de 90°. Las observaciones se realizaron durante las horas de luz (6:00 a 18:00 horas) (TASKER *et al.*, 1984). Se registró la hora de avistamiento, especie, cantidad de individuos y el comportamiento de cada uno de ellos.

Durante la evaluación de verano (Cr 1902-03) esta labor se realizó a bordo del BIC Olaya en la zona sur y del BIC Humboldt en la zona norte; en otoño (Cr 1905-06) se efectuó en el BIC Humboldt; en la evaluación de primavera los avistamientos fueron a bordo de BIC Olaya en la zona norte y del BIC Humboldt en

This paper describes the spatio-temporal distribution of these two storm petrel species in Peru. In 2019, we performed sightings onboard the resource assessment cruises, as well as the record of water masses that occurred in that period. Seasonal differences in the distribution of the two species are observed, which would be related to the reproductive season, in addition to their presence in different water masses. This allows us to know how habitat use varies over time, which is important for the identification of their threats in the marine space and finally gives a glimpse of the part of the country where their reproductive sites, still undiscovered, could be located. In the future, such information could allow the development of more precise conservation plans for these species due to the threats they are facing.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### Study area

Our data were collected during the three IMARPE's pelagic resource assessment cruises in 2019. Cruise Cr. 1902-03 took place in the summer, covering the maritime area between Punta Sal, Tumbes (3°58'S) and Morro Sama, Tacna (17°60'S); cruise Cr. 1905-06 in autumn, took place from Lobos de Tierra Island, Lambayeque (6°30'S) to Morro Sama, Tacna (17°60'S) covering from 2 nm to 100 nm offshore; finally, in spring, cruise Cr. 1909-11 covered from Tumbes (3°45'S) to Morro Sama (18°20'S) ranging from 0.3 nm to 100 nm offshore between Tumbes-Chimbote and up to 80 nm from Chimbote to Morro Sama.

### Sightings

A spotter, located on the port side of the ship, recorded the birds. The observation limit was 300 meters, with a field of observation at an angle of 90°. Observations were made during daylight hours (6:00 to 18:00 hours) (TASKER *et al.*, 1984). The time of the sighting, species, number of individuals, and the behavior of each one of them were recorded.

In the summer cruise (Cr 1902-03), sightings were carried out onboard the R/V Olaya in the southern zone and the R/V Humboldt in the northern zone; in autumn (Cr 1905-06), they were carried out in the R/V Humboldt; in spring, they were carried out onboard the R/V Olaya in the northern zone and the R/V Humboldt in the southern zone. In spring and summer, the transects were designed to

la zona sur. En primavera y verano los transectos fueron diseñados con el fin de evaluar la biomasa de anchoveta, estos consistieron en transectos realizados entre 5 y 100 mn perpendiculares a la costa tanto de entrada (desde el mar hacia la costa) como de salida (desde la costa hacia el mar). En la evaluación de otoño el objetivo fue determinar biomasa, distribución y aspectos biológico-pesqueros de los recursos jurel y caballa con transectos realizados de 2 a 100 millas de distancia a la costa.

### Registro oceanográfico

Las masas de agua son volúmenes de agua que poseen temperatura y salinidad más o menos uniformes, sus fluctuaciones latitudinales y longitudinales juegan un papel importante en la distribución de los recursos marinos (MORÓN, 2000). Para definir las se siguió a MORÓN (2000) quien las identificó de acuerdo a los valores de temperatura superficial y salinidad del mar. Se caracterizaron cinco masas de agua: las aguas costeras frías (ACF) con temperaturas entre 14 °C y 18 °C y salinidades entre 34,9 ups y 35 ups, Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con temperaturas mayores a 17 °C y salinidades mayores a 35,1 ups, las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) ubicadas al norte de 4°S con temperaturas mayores de 25 °C y salinidades menores a 34,0 ups y las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) ubicadas al norte de 6°S con temperaturas entre 9 y 25 °C y salinidades entre 34,0 y 34,8 ups. (MORÓN, 2000). Estas fueron representadas en mapas utilizando el programa Surfer 2015 para observar la distribución de las golondrinas.

### Análisis estadísticos

Se calculará la relación entre la golondrina de mar y su medio a través del Análisis de Componentes Principales (ACP), técnica estadística multivariante que tiene como objetivo la síntesis de la información, basada en la reducción de la dimensión de las variables del problema. Se observarán las asociaciones de las variables cuantitativas de cantidad, temperatura, salinidad, distancia a la costa y latitud en función de cada especie y cada estación: verano, otoño, primavera. Esto se realizará empleando el programa R3.5.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el avistamiento de aves realizado a bordo de los cruceros e investigación científica de recursos pelágicos llevados a cabo por IMARPE el 2019, se observaron 231 individuos en verano, 154 en otoño y 333 en primavera de golondrina de mar de Markham

evaluate the anchoveta biomass. The transects were made between 5 and 100 nm perpendicular to the coast, both inbound (from the sea to the coast) and outbound (from the coast to the sea). In autumn, we aimed to determine biomass, distribution, and biological-fishing aspects of jack mackerel and chub mackerel resources with transects carried out from 2 to 100 miles offshore.

### Oceanographic record

Water masses are volumes of water with more or less uniform temperature and salinity. Their latitudinal and longitudinal fluctuations are important for the distribution of marine resources (MORÓN, 2000). We followed MORÓN (2000), who identified them according to the values of sea surface temperature and salinity. Five water masses were characterized: Cold Coastal Waters (CCW) with temperatures between 14 °C and 18 °C and salinities between 34.9 PSU and 35 PSU, Subtropical Surface Waters (SSW) with temperatures higher than 17 °C and salinities higher than 35.1 PSU, Tropical Surface Waters (TSW) located north of 4°S with temperatures higher than 25 °C and salinities lower than 34.0 PSU, and Surface Equatorial Waters (SEW) located north of 6°S with temperatures between 9 and 25 °C and salinities between 34.0 and 34.8 PSU. (MORÓN, 2000). These were represented in maps using the Surfer 2015 software to observe the distribution of storm petrels.

### Statistical analysis

We will estimate the relationship between the storm petrel and its environment through Principal Component Analysis (PCA), which is a multivariate statistical technique that aims at synthesizing information, based on the reduction of the dimension of the variables of the problem. The associations of the quantitative variables of quantity, temperature, salinity, distance to the coast, and latitude will be observed according to each species and each season: summer, autumn, spring. This will be done using the R3.5 software.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

In 2019, we observed 231 Markham's storm petrel in summer, 154 in autumn, and 333 in spring. Also, a total of 556 Hornby's storm petrel in summer, 331 in autumn, and 496 were sighted. Both species are the most common in the Peruvian sea (SCHULENBERG *et al.*, 2010).

y 556 individuos en verano, 331 en otoño y 496 en primavera de golondrina de mar acollarada. Estas dos especies de golondrinas son las más comunes en el mar peruano (SCHULENBERG *et al.*, 2010).

Los mapas de distribución del 2019 de las evaluaciones de recursos pelágicos, muestran que las aves pueden distribuirse en toda la porción de mar frente a la costa peruana, sin embargo, cada especie contó con particularidades en su distribución estacional.

Los organismos son producto de una larga historia de evolución, desarrollando adaptaciones que les permiten estar presentes en determinadas zonas de acuerdo a las diferentes etapas de su vida (KREBS, 1985). Los factores que ejercen efecto sobre la distribución geográfica de las especies no actúan de manera aislada unos de otros (KREBS, 1985). Es así que la distribución puede variar durante diferentes etapas de vida, en el caso de las aves marinas uno de los principales factores que determina esa variación en el tiempo es el periodo reproductivo (SCHREIBER & BURGER, 2001).

Las golondrinas de mar como aves marinas se caracterizan por depender completamente de los recursos que provee el mar (FURNESS & MONAGHAN, 1987). Allí pasan la mayor parte de su vida, siendo el periodo reproductivo el único momento en el que entran al continente o porciones de este (islas) para llevarlo a cabo (FURNESS & MONAGHAN, 1987; SCHREIBER & BURGER, 2001). Durante esa etapa, los viajes se realizan solo a zonas cercanas a la ubicación de las colonias reproductivas ya que deben volver para realizar las labores propias, como es cuidar del nido, incubar los huevos o alimentar al polluelo, esto lo realizan compartiendo roles del cuidado parental de la progenie con su pareja (FURNESS & MONAGHAN, 1987). Una vez terminado ese periodo y sin la responsabilidad del cuidado parental, vuelven a realizar viajes de largas distancias sin volver a tierra hasta la próxima reproducción (FURNESS & MONAGHAN, 1987). De manera que este comportamiento origina cambios temporales en la distribución de las aves marinas y por ende en este grupo.

#### **Distribución espacio-temporal de la golondrina de mar de Markham**

Esta especie se distribuyó frente a toda la costa peruana durante el 2019; a pesar de ello la distribución y presencia de sus grandes concentraciones no parece ser uniforme entre las tres estaciones del 2019 que se evaluaron.

During this period, the distribution maps show that birds can be found in the entire portion of the sea off the Peruvian coast. However, each species has particularities in its seasonal distribution.

Organisms are the product of a long history of evolution. Adaptations allow them to be present in certain areas according to the different stages of their life (KREBS, 1985). All factors affecting the geographic distribution of species interact with each other (KREBS, 1985). Thus, distribution can vary during different life stages, and in the case of seabirds, one of the main factors determining this variation over time is the reproductive period (SCHREIBER & BURGER, 2001).

As seabirds, storm petrels are characterized by their complete dependence on the resources provided by the sea (FURNESS & MONAGHAN, 1987). They spend most of their lives there, with the reproductive period being the only time they enter the continent or portions of it (islands) (FURNESS & MONAGHAN, 1987; SCHREIBER & BURGER, 2001). During this stage, trips are made only to areas close to the mating colonies, since they must return to perform their tasks, such as taking care of the nest, incubating the eggs, or feeding the chick, thus sharing the roles of parental care of the offspring with their partner (FURNESS & MONAGHAN, 1987). Once this period is over and without the responsibility of parental care, they return to travel long distances without returning to land until the next reproductive season (FURNESS & MONAGHAN, 1987). This behavior causes temporal changes in the distribution of seabirds and therefore in this group.

#### **Spatio-temporal distribution of the Markham's storm petrel**

In 2019, this species was distributed off the entire Peruvian coast. Nevertheless, the distribution and presence of its large concentrations do not appear to be uniform among the three seasons evaluated.

In summer, this species was found along the entire coast, but its largest aggregations were recorded between Chimbote (9°4'S) and Pisco (13°42'S). In autumn, it was observed distributed along the entire coast, with the highest concentrations between Atico (16°13'S) and the border with Chile (18°17'S). In spring, it was observed throughout the sea off the Peruvian coast, with two areas of significant aggregation, one between Tumbes

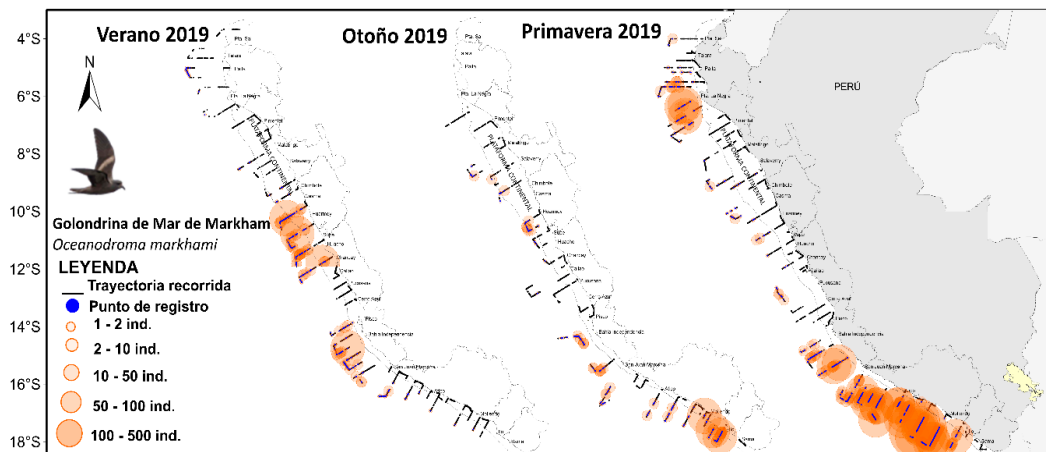


Figura 1.- Distribución espacio temporal de la golondrina de mar de Markham. 2019

Figure 1. Spatio-temporal distribution of the Markham's storm petrel (2019)

Durante el verano esta especie se presentó en toda la costa, pero sus mayores agregaciones se registraron entre Chimbote ( $9^{\circ}4'S$ ) y Pisco ( $13^{\circ}42'S$ ). En otoño se le observó distribuida a lo largo de toda la costa, presentando mayores concentraciones entre Atico ( $16^{\circ}13'S$ ) y la frontera con Chile ( $18^{\circ}17'S$ ). Durante la primavera se le observó en todo el mar frente a la costa peruana, con dos zonas de agregación marcada, una entre Tumbes ( $3^{\circ}34'S$ ) y Puerto Chicama ( $7^{\circ}50'S$ ) y otra entre Punta Caballas ( $15^{\circ}55'S$ ) y la frontera con Chile ( $18^{\circ}17'S$ ). La mayor parte de los avistamientos se encontraron fuera de la plataforma continental durante las tres estaciones evaluadas (Fig. 1).

Como ya se indicó, la reproducción cumple un rol importante en la distribución de las especies. Esta golondrina, se reproduce entre junio y diciembre (JAHNCKE, 1994) contándose inicialmente con evidencia de caída en juveniles en Lima entre noviembre y diciembre (KOEPCKE, 1964), lo que sigue ocurriendo (Murillo com. pers.), además se capturó un individuo a varios kilómetros mar afuera (75 y 80 km) de Huacho, Lima que contenía un huevo desarrollado el cual estaría a punto de ser puesto para ser incubado en junio de 1913 (MURPHY, 1936). Posteriormente, JAHNCKE (1994) haría un estudio más detallado de la reproducción de la colonia ubicada en la Reserva Nacional de Paracas, Ica encontrando que la puesta se realizaría en junio y el abandono de nidos por juveniles en noviembre. Además, durante el hallazgo de nidos en la península de Paracas en febrero, no se encontró evidencia de nidos activos ese mes, por lo que significaría estar fuera de la temporada (JAHNCKE, 1993).

Según lo expuesto, los patrones de distribución que se observan durante parte del otoño y primavera

( $3^{\circ}34'S$ ) and Puerto Chicama ( $7^{\circ}50'S$ ) and the other between Punta Caballas ( $15^{\circ}55'S$ ) and the border with Chile ( $18^{\circ}17'S$ ). During the three seasons evaluated, most of the sightings were found off the shelf break (Fig. 1).

As already indicated, reproduction is important in the species distribution. *O. markhami* reproduces between June and December (JAHNCKE, 1994), and initially, there was evidence of juvenile birds falling in Lima between November and December (KOEPCKE, 1964), which continues to occur (Murillo pers. comm.). In addition, an individual was caught several kilometers offshore (75 and 80 km) from Huacho, Lima, with a developed egg that was about to be laid for hatching in June 1913 (MURPHY, 1936). Later, JAHNCKE (1994) would make a more detailed study on the reproduction of the colony located in the Paracas National Reserve, Ica, finding that the eggs were laid in June and the nests were abandoned by juveniles in November. Furthermore, during the finding of nests in the Paracas peninsula in February, no evidence of active nests was found that month, which would mean that it would be out of season (JAHNCKE, 1993).

Based on this information, the distribution patterns observed during part of the autumn and spring would correspond to the reproductive stage. This withdrawal and greater concentration of individuals southward in autumn (June) and the extreme north and south in spring would correspond to the return to their nesting areas and therefore to the activity they develop during the reproductive stage. This means that part of the sightings in the withdrawal zones would

corresponderían a la etapa reproductiva. Este repliegue y mayor concentración de individuos al sur en otoño (junio) y en el extremo norte y sur en primavera corresponderían, por los datos antes mencionados, al regreso a sus zonas de anidación y por ende a la actividad que desarrollan durante la etapa reproductiva. Esto quiere decir que una parte de los avistamientos en las zonas de repliegue corresponderían a individuos adultos realizando sus viajes de alimentación para abastecerse de alimento y continuar con las labores de la reproducción (cuidado de nidos, incubación, alimentación de pichones). Al mismo tiempo, esto estaría indicando que podrían existir colonias de reproducción de esta especie aun no descubiertas en el norte; entre Piura y La Libertad y en el sur en Ica, Arequipa y Moquegua.

Llama la atención la concentración de individuos al norte del país en primavera. En torno a lo que hemos venido comentando esto representaría la actividad de adultos durante o al final de la etapa reproductiva lo que significaría la presencia de colonias reproductivas en esa parte del país. MURPHY (1936) menciona que observó bandadas de golondrinas de mar de Markham cerca a la isla Macabí y también a la isla Lobos de Tierra y, que inclusive esta especie llegaría a presentarse con más frecuencia en Ecuador en años Niño, de manera que es posible que en esa zona existan colonias aun no descubiertas.

Sin embargo, debemos señalar que esta zona también es hábitat de la golondrina de mar negra (*O. melania*) (SCHULENBERG *et al.*, 2010) que se distribuye desde Panamá hasta al menos 8°S en nuestro país (BLAKE, 1977), esta ave se asemeja físicamente a la de Markham, no siendo sencillo diferenciarlas, por lo que cabe la posibilidad que algunos individuos registrados en esta parte de Perú puedan haber sido confundidos con esa especie, con ello queremos decir que esta agregación también podría representar una falsa señal de congregación de individuos de la golondrina de mar de Markham.

Respecto a la distribución presentada en verano (febrero y marzo) nos estaría mostrando la etapa post reproductiva de la especie. Aquí observamos aves concentradas entre 10°S y 15°S, lo que podría corresponder a una zona de alta concentración de su presa. Su ubicación en las cercanías de la isla Hormigas de Afuera, inevitablemente nos hace citar a MURPHY (1936) que menciona un ave capturada en junio frente a Callao conteniendo un huevo bien formado y especula sobre la posibilidad de reproducción en esa isla, al no encontrar colonias de esta especie luego de inspeccionar 67 islas peruanas y ser esta una de las pocas a las que no pudo tener acceso.

correspond to adult individuals making their feeding trips to stock up on food and continue with the reproduction tasks (nest care, incubation, feeding of chicks). Also, this would indicate that there could be undiscovered reproductive colonies of this species in the north, between Piura and La Libertad, and in the south in Ica, Arequipa, and Moquegua.

In spring, the concentration of individuals in the north of the country is noticeable. This would represent the activity of adults during or at the end of the reproductive stage, which would mean the presence of reproductive colonies in that part of the country. MURPHY (1936) mentions that he observed flocks of Markham's storm petrel near Macabí Island and also near Lobos de Tierra Island and that this species would even occur more frequently in Ecuador during El Niño years, so undiscovered colonies may exist in that area.

It is noteworthy that this area is also the habitat of the black storm petrel (*O. melania*) (SCHULENBERG *et al.*, 2010) which is distributed from Panama to at least 8°S in our country (BLAKE, 1977). This bird physically resembles Markham's storm petrel, so some individuals recorded in this part of Peru may have been confused with that species, which means that this aggregation could also represent a false sign of congregation of Markham's storm petrels.

Their summer distribution (February and March) would show us the post-breeding stage of the species. We observed birds concentrated between 10°S and 15°S, which could correspond to an area of high concentration of its prey. Its location in the vicinity of Hormigas de Afuera Island leads us inevitably to quote MURPHY (1936) who mentions a bird caught in June off Callao containing a well-formed egg and speculates on the possibility of reproduction on that island since no colonies of this species were found after inspecting 67 Peruvian islands and this is one of the few to which he could not have access.

However, the date of our record at that latitude does not coincide with the presumed reproductive cycle (JAHNCKE, 1993). We have found a difference in the timing of the phenology of this species between the colonies in northern Arica, which have their reproductive cycle between April and December, compared to those located south of that geographical point, which have their reproductive cycle between November and May (BARROS *et*



Sin embargo, la fecha de nuestro registro en esa latitud no coincide con el ciclo reproductivo que se presume (junio - diciembre) (JAHNCKE, 1993). No obstante, se ha encontrado diferencia en la temporalidad de la fenología de esta especie entre las colonias al norte de Arica, que tienen su ciclo reproductivo entre abril y diciembre, respecto a las ubicadas al sur de ese punto geográfico, que tienen su ciclo reproductivo entre noviembre y mayo (BARROS *et al.*, 2019; TORRICO *et al.*, 2018) y al ser tan poco lo que se sabe en Perú, existe la posibilidad que sea la señal de otra colonia con una fenología distinta a las que conocemos.

Adicionalmente, se observa una agregación de similares dimensiones frente a Pisco, en donde se encuentran las islas La Vieja, San Gallan y la península de Paracas que son los únicos lugares en los que se ha confirmado que existen colonias reproductivas (JAHNCKE 1993, 1994), cabe resaltar que esta zona presenta un intenso afloramiento y alta productividad primaria (MORÓN, 2000).

#### Distancias a costa

El promedio de las distancias a costa, a la que fueron observadas las golondrinas de Markham en otoño es menor que en primavera y verano (Tabla 1). Esto podría deberse a que, al encontrarse en periodo de reproducción en esa estación, realizarían vuelos no muy lejanos a sus colonias ante la necesidad de retorno para la atención de la progenie (SCHREIBER & BURGER, 2001), es muy conocido ese comportamiento en las aves.

Durante la evaluación de primavera, que también se encontraría dentro de la temporada de reproducción, el promedio de la distancia a costa a la que fueron observados es similar a la de verano (estación no reproductiva). Pensamos que esto sucedería debido a que en primavera la temporada de reproducción, al encontrarse en declive (con la salida de volantones), nos estaría mostrando parte de los avistamientos de adultos que ya deben haber dejado de alimentar a sus polluelos y, adicionalmente, estarse detectando varios de los volantones ya independizados que comienzan a hacer su primer ingreso a mar (SCHREIBER & BURGER, 2001), recordemos que noviembre y diciembre son los meses en los que se registran las caídas de estos individuos en la costa (КОЕПСКЕ, 1964) (Fig. 2).

*al.*, 2019; TORRICO *et al.*, 2018). Therefore, since so little is known in Peru, there is a possibility that this is the sign of another colony with different phenology.

In addition, there is an aggregation of similar dimensions off Pisco, where the islands of La Vieja, San Gallan, and the Paracas peninsula are the only places where reproductive colonies have been confirmed to exist (JAHNCKE 1993, 1994). This area shows an intense upwelling and high primary productivity (MORÓN, 2000).

#### Distances to coast

The mean distances to shore at which Markham's storm petrels were observed in autumn is less than in spring and summer (Table 1). This possibly occurs because, being in the reproductive season, they would fly not very far to their colonies due to the need to return for the care of their offspring (SCHREIBER & BURGER, 2001).

In spring, which would also be within the reproductive season, the mean distance to shore at which they were observed is similar to that of the summer (non-reproductive season). We think that this would happen because in spring, the reproductive season, which is in decline (with the departure of fledglings), would be showing us part of the sightings of adults that must have stopped feeding their chicks and, additionally, we are detecting several of the fledglings already independent that begin to make their first entry into the sea (SCHREIBER & BURGER, 2001). It is worth remembering that November and December are the months in which the falling of these individuals on the coast are recorded (КОЕПСКЕ, 1964) (Fig. 2).

Tabla 1.- Distancias a costa de las golondrinas de mar de Markham durante el 2019

Table 1. Distances to the shore of sightings of Markham's storm petrel (2019)

	Verano/ Summer (Cr 1902-03)	Otoño/ Autumn (Cr 1905-06)	Primavera/ Spring (Cr 1909-11)
<i>O. markhami</i>			
N <sub>avist</sub>	231	154	333
Min (mn)	13,5	9,2	5,9
Max (mn)	91,6	99,2	112,9
M ± DS	56,1 ± 16,5mn	40,3 ± 21,7mn	56,9 ± 20,9mn

\*N: número de avistamientos/ N: number of sightings



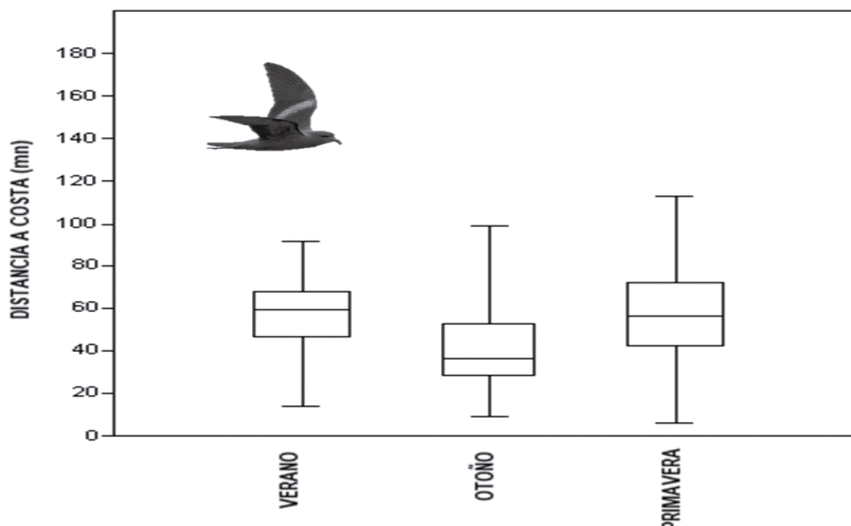


Figura 2.- Grafico de barras de las distancias de la golondrina de mar de Markham, 2019

Figure 2. Bar chart of Markham's storm petrel distances (2019)

**Distribución de la golondrina de mar de Markham en las masas de agua**

Respecto a distribución y relación con presencia de diferentes masas de agua encontramos que la especie puede estar en el área de las ACF, ASS y las aguas de mezcla de las ACF y ASS.

En otoño y primavera, que estarían dentro de su periodo reproductivo, se observó una notable diferencia entre mayor distribución sobre las ASS al norte de 14°S en relación a los avistamientos al sur de 14°S en las que se le ve mejor distribuida en las ACF y en ACF + ASS. Por lo tanto, en el 2019 durante la época reproductiva, al parecer se habría estado alimentando en las ACF, tal vez esto se deba a que hay una mayor extensión de estas masas de agua (Fig. 3).

La posibilidad de encontrarse tanto en aguas oceánicas como costeras guarda relación con la plasticidad que tiene en su dieta. Se ha observado que su dieta durante la reproducción puede variar entre un año y otro mostrando predominancia de presas oceánicas o pelágicas. En los años 1996 y 2000 predominaron los cefalópodos en 44% y 84%, respectivamente sugiriendo dieta oceánica, mientras que en 1999 los peces representaron la principal presa, entre ellos la anchoveta que fue la principal entre las especies registradas (GARCÍA-GODOS *et al.*, 2012).

El 2019 fue un año con registro ICEN de 0,25 en mayo y -0,12 en junio, meses de evaluación en otoño y, -0,78 en septiembre, -0,60 en octubre y -0,40 en noviembre, meses de evaluación en primavera, es decir, las condiciones habrían tendido a la neutralidad por lo que

**Distribution of Markham's storm petrel in water masses**

The species can be found in the area of the CCW, SSW, and the mixing waters (CCW+SSW).

In autumn and spring, which would be within its reproductive period, a noticeable difference was observed between greater distribution on the SSW north of 14°S versus the sightings south of 14°S in which it is seen better distributed in the CCW and CCW+SSW. Therefore, in 2019, during the reproductive season, it seems that it would have been feeding in the CCW, perhaps this is because these water masses have a greater extension (Fig. 3).

The plasticity of its diet is related to the possibility of being found in both oceanic and coastal waters. It has been observed that its diet during reproduction may vary from one year to another, showing a predominance of oceanic or pelagic prey. In 1996 and 2000, cephalopods predominated in 44% and 84%, respectively, thus suggesting an oceanic diet, while in 1999, fish represented the main prey, including anchoveta, which was the main prey among the species recorded (GARCÍA-GODOS *et al.*, 2012).

In 2019, the ICEN records were 0.25 in May and -0.12 in June, during the autumn assessment, and -0.78 in September, -0.60 in October, and -0.40 in November, during the spring assessment, conditions would have tended to be neutral, so we would expect the diet to be similar to that

se esperaba que la dieta fuera parecida a la de 1999 (año post El Niño) en los meses de la reproducción.

La distribución de las aves en otoño y primavera se da en mayor cantidad sobre áreas con presencia de ACF, por lo que su alimentación se basaría en las presas de ese hábitat, entre las que se encuentra la anchoveta. Adicionalmente, se ha encontrado entre sus presas individuos del insecto de mar *Halobates* sp. que en algunos ejemplares representó más del 10% de las presas (CHENG *et al.*, 2010).

of the 1999 (a post-El Niño year) reproductive season.

In autumn and spring, the birds are distributed in greater numbers in areas where CCW occurs, so their diet would be based on the prey of that habitat, including anchoveta. In addition, sea skaters *Halobates* sp. has been found among their prey, which in some specimens accounted for more than 10% of the prey (CHENG *et al.*, 2010).

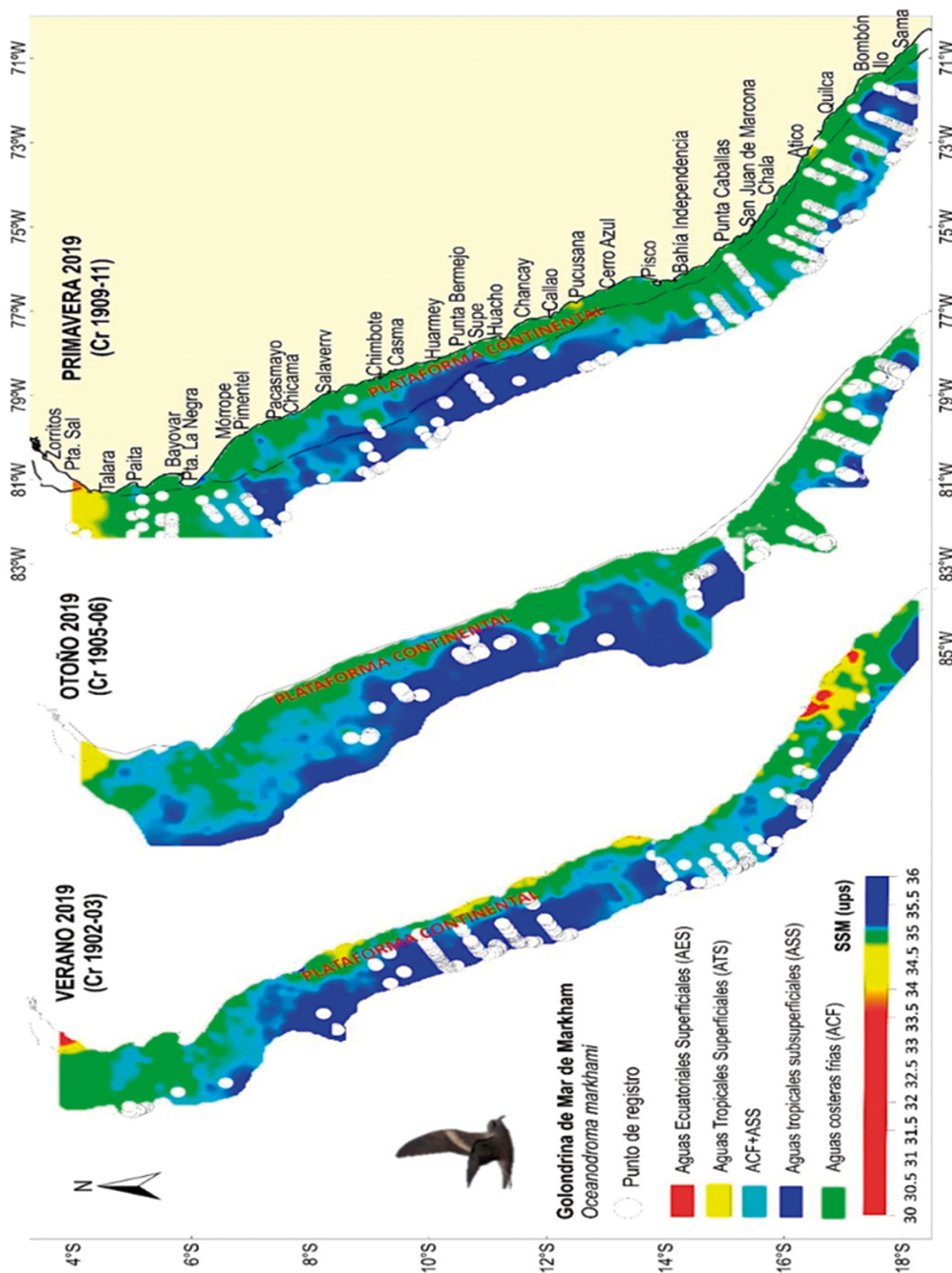


Figura 3.- Distribución de la golondrina de mar Markham sobre las masas de agua. 2019  
Figure 3. Distribution of Markham's storm petrel over water masses

**Distribución espacio temporal de la golondrina de mar acollarada**

Pocos aspectos de la biología de esta especie son conocidos en Perú. Los eventos de caídas de individuos en la costa es lo que más se conoce, esto gracias a los reportes de los pobladores que las encuentran y a proyectos de rehabilitación impulsado inicialmente por científicos (MURILLO *et al.*, 2013) y el estado (SERFOR, 2020).

Se sabía que esos reportes se daban en junio y julio en Lima (KOEPCKE, 1964), posteriormente otros estudios dan cuenta de que este evento se daría desde abril hasta julio, siendo protagonizado por juveniles aun con plumones (MURILLO *et al.*, 2014; MURILLO *et al.*, 2013), es decir, aves que recientemente han conseguido independizarse de sus padres y salen de sus nidos rumbo al mar en donde pasarán la mayor parte de su vida (FURNESS & MONAGHAN, 1987). Debido a que la independización de volantes es la última etapa de la temporada reproductiva de un ave, se presume que el periodo reproductivo se llevaría a cabo durante los meses anteriores, es decir, en el verano austral, MURILLO *et al.* (2013) propusieron que la fenología de esta especie se da de diciembre a junio.

A pesar de esto, hasta la fecha no se han encontrado colonias reproductivas en Perú que se puedan monitorear y con ello probar esta hipótesis. Caso contrario sucede en Chile, en donde se ha descubierto la primera colonia reproductiva de la especie en la costa Sudamericana (BARROS *et al.*, 2019) (Fig. 4).

La distribución de esta especie en la evaluación de verano se encontró en el mar frente a toda la costa peruana desde Paita (5°S) hasta la frontera con Chile (18°S), presentando concentraciones moderadas al sur de Huarney (10°S), su mayor concentración se registró entre 14°S y 16°S y en 18°S.

**Spatio-temporal distribution of the Hornby's storm petrel**

In Peru, few aspects of the biology of this species are known. The occurrence of individuals falling on the coast is what is best known, thanks to reports from local people who encounter them and rehabilitation projects initially promoted by scientists (MURILLO *et al.*, 2013) and the state (SERFOR, 2020).

In Lima, these reports were known to occur in June and July (KOEPCKE, 1964). Later, other studies indicate that this event would take place from April to July, with juveniles still with down (MURILLO *et al.*, 2014; MURILLO *et al.*, 2013), that is, birds that have recently become independent from their parents and leave their nests for the sea, where they will spend most of their lives (FURNESS & MONAGHAN, 1987). Since fledgling independence is the last stage of a bird's reproductive season, we assume that the reproductive period would take place during the previous months, i.e., in the austral summer. MURILLO *et al.* (2013) proposed that the phenology of this species occurs from December to June.

So far, no reproductive colonies that can be monitored, and thus test this hypothesis, have been found in Peru. Conversely, in Chile, the first reproductive colony of the species has been discovered on the South American coast (BARROS *et al.*, 2019) (Fig. 4).

In summer, the at-sea distribution of this species was found off the Peruvian coast from Paita (5°S) to the Chilean border (18°S), with moderate concentrations south of Huarney (10°S). Its highest concentration was recorded between 14°S and 16°S, and in 18°S.

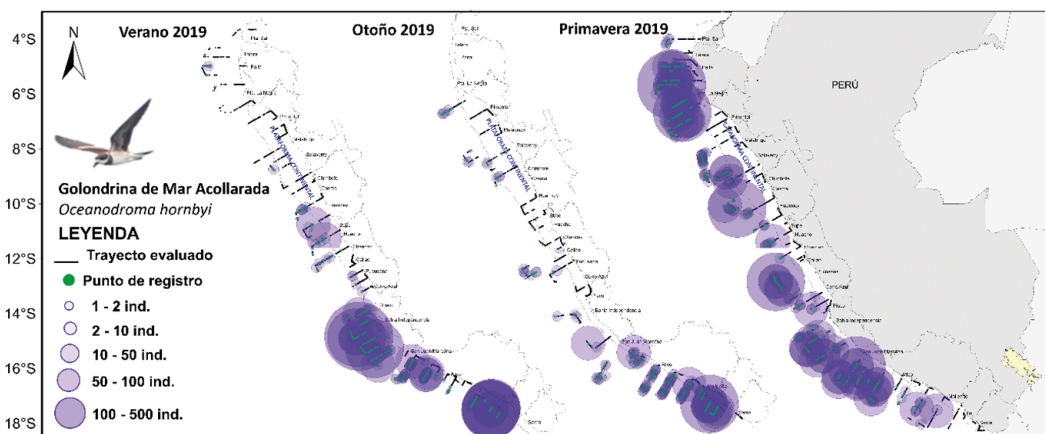


Figura 4.- Distribución espacio temporal de la golondrina de mar acollarada. 2019

Figure 4. Spatio-temporal distribution of the Hornby's storm petrel (2019)

Durante el otoño, este patrón se repite, pero con mayor presencia al sur de 14°S, encontrándose en 18°S su punto de mayor concentración. Se concentran principalmente en la zona centro sur, con mayor agregación de individuos al sur del grado 13°S frente a los departamentos de Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna. El repliegue de los individuos en esa zona coincide con el periodo en el que se presume se desarrolla la etapa reproductiva diciembre-junio (MURILLO *et al.*, 2013) por lo que es probable que sus zonas de reproducción se encuentren en las Regiones anteriormente mencionados.

En primavera la distribución de esta especie difiere mucho respecto a la distribución de las anteriores estaciones, aquí se observó que la especie se encuentra en el mar, frente a toda la costa peruana; pero la diferencia es que se presenta de grandes (100-500 ind.) a medianas (50-100 ind.) concentraciones en toda su distribución.

El periodo culminaría con la salida o independización de volantones, que ocurre de mayo a julio (MURILLO *et al.*, 2013), por lo que la distribución registrada en primavera correspondería a la dispersión post reproductiva de la especie, observándose la ampliación de su rango de distribución y aprovechando el ámbito de la corriente de Humboldt.

#### **Distancia a costa**

El promedio de la distancia a costa observado en otoño (38,5 mn) es menor a las otras estaciones, pero más cercana al verano, lo que indicaría que el periodo reproductivo se desarrolla entre verano y otoño, debido a que durante esos periodos las aves acortan sus viajes de alimentación a zonas cercanas a sus colonias para atender las labores de la reproducción (FURNESS & MONAGHAN, 1987) (Tabla 2, Fig. 5).

#### **Distribución de la golondrina de mar acollarada en las masas de agua**

A esta especie se le puede encontrar en las ACF, ASS y aguas de mezcla entre las ACF y ASS. Se observó que, en verano, al norte de 6°S se detectaron individuos cerca al límite de las ACF con las aguas de mezcla, y en esta zona existe una extensión del área de influencia de las ACF hacia mar afuera. Mientras tanto al sur de 6°S hasta 14°S se observó a la especie mayormente distribuida en las ASS. Finalmente, al sur de 14°S se presentó mayoritariamente en aguas de mezcla de las ACF y ASS, ACF y unos pocos registros en las ASS.

Para otoño, el panorama es similar, con mayor cantidad de registros en las ASS, al norte de 14°S, con algunos registros en ACF a partir de los 12°S, mientras que al sur de 14°S se le encontró mayormente distribuido en las ACF.

In autumn, this pattern is repeated, but with a greater presence south of 14°S, with 18°S being the point of greatest concentration. They are mainly concentrated in the central-southern zone, with the greatest aggregation of individuals south of 13°S in the Ica, Arequipa, Moquegua, and Tacna Regions. The withdrawal of individuals in this area coincides with the period in which it is presumed that the reproductive stage takes place, from December to June (MURILLO *et al.*, 2013) so it is likely that their mating areas are in those regions.

In spring, the distribution of this species differs greatly compared to the distribution of the previous seasons. It was observed that the species is found in the sea, off the Peruvian coast; but the difference is that there is large (100-500 ind.) to medium (50-100 ind.) concentrations throughout its distribution.

The period would conclude with the independence of fledglings, which occurs from May to July (MURILLO *et al.*, 2013). Therefore, the distribution recorded in spring would correspond to the post-reproductive dispersal of the species, with the expansion of its range being observed and taking advantage of the Humboldt Current.

#### **Distance to coast**

In autumn, the mean distance to the coast (38.5 nm) is less than the other seasons, but closer to summer, which would indicate that the reproductive period takes place between summer and autumn since during these periods the birds shorten their feeding trips to areas close to their colonies to take care of their reproductive tasks (FURNESS & MONAGHAN, 1987) (Table 2, Fig. 5).

#### **Distribution of Hornby's storm petrel in water masses**

This species can be found in CCW, SSW, and mixing waters (CCW+SSW). In summer, north of 6°S, individuals were detected near the boundary between the CCW and the mixing waters, where there is an extension of the area of influence of the CCW offshore. Meanwhile, south of 6°S to 14°S, the species was observed mostly distributed in the SSW. Finally, south of 14°S, the species occurred mostly in the mixing waters (CCW+SSW) and a few records in the SSW.

In autumn, the picture is similar, with more records in the SSW, north of 14°S, with some records in CCW from 12°S. South of 14°S, it was found mostly



En primavera, al norte de 6°S se observaron individuos distribuidos en las ACF, al sur de 6°S hasta la altura de Cerro Azul, se le ve distribuida en las ASS y al sur de Cerro Azul se encuentra en las ACF. Cabe resaltar que en la zona sur a partir de 14°S en primavera y otoño y a partir de los 16°S se observa ampliación de las ACF ocupando una gran extensión (Fig. 6).

distributed in the CCW. In spring, north of 6°S, individuals were observed distributed in the CCW. To the south of 6°S up to Cerro Azul, it is distributed in the SSW and, to the south of Cerro Azul, it is found in the CCW. In the southern zone, from 14°S in spring and autumn and 16°S onwards, it is observed in the CCW, thus occupying a large area (Fig. 6).

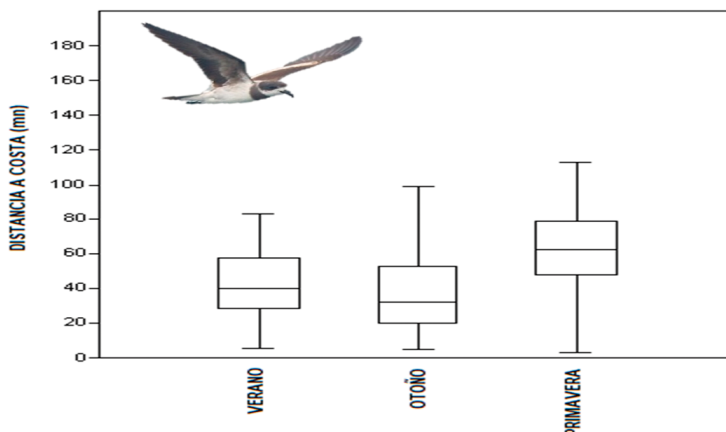


Figura 5.- Distancias a la costa de golondrina de mar acollarada. 2019

Figure 5. Distances to the coast of the Hornby's storm petrel (2019)

Tabla 2.- Distancias a costa las de la golondrina de mar acollarada durante el 2019

Table 2. Distances to the shore of sightings of Hornby's storm petrel (2019)

	Verano/ Summer (Cr 1902-03)	Otoño/ Autumn (Cr 1905-06)	Primavera/ Spring (Cr 1909-11)
<i>O. hornbyi</i>			
N <sub>avist</sub>	556	331	496
Min (mn)	5,5	5,0	2,8
Max (mn)	82,8	98,2	112,9
M ± DS	42,8 ± 16,9mn	38,5 ± 24,1mn	63,4 ± 21,4mn

\*N: número de avistamientos/ N: number of sightings

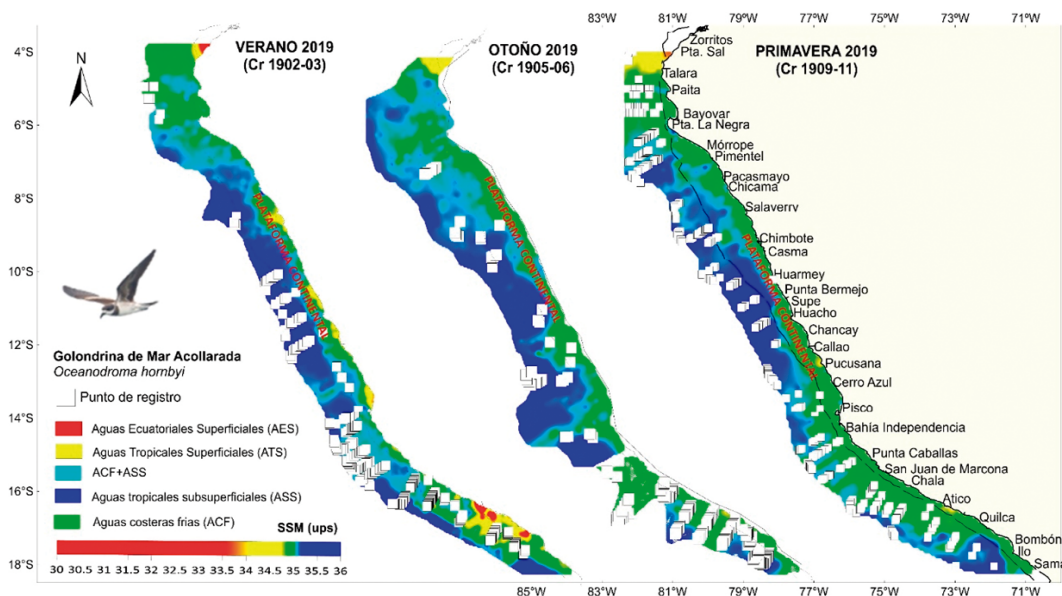


Figura 6.- Distribución de la golondrina de mar de acollarada sobre las masas de agua. 2019

Figure 6.- Distribution of Hornby's storm petrel over water masses (2019)

Esto estaría indicando que, al igual que la golondrina de mar de Markham, la especie podría estar alimentándose de presas en esas tres masas de agua, mostrando plasticidad en su dieta. Además, se observó que durante la reproducción (verano y otoño) se encuentra mayormente concentrada sobre las ACF por lo que su alimentación durante la temporada reproductiva 2019 podría estar relacionada con el recurso más abundante como es la anchoveta.

**Asociación de la distribución de las golondrinas de mar Markham y acollarada en el ambiente**

Se evaluaron variables cuantitativas como cantidad de individuos, temperatura superficial del mar, salinidad, distancia a la costa y latitud para las dos especies y por estaciones con el análisis de correspondencia múltiple (ACP).

Este análisis produjo dos componentes con un elevado porcentaje de inercia. El componente 1 con 48,24% y el componente 2 con 40,22%, juntos describen 88,46% de la varianza.

La cantidad de golondrinas (correlación 0,97) parece estar asociada con la salinidad (correlación 0,64) y la temperatura (correlación 0,44) con el eje 1. El análisis de correspondencia muestra la relación de las especies de golondrinas con otras variables (Fig. 7).

La golondrina de mar acollarada parece estar mejor asociada con la salinidad y la temperatura del mar respecto a la golondrina de mar de Markham. En el diagrama por estaciones podemos ver que el verano y la primavera tienen relación inversa con el otoño. Comparando los diagramas de especies y estaciones, la golondrina de mar acollarada tiene mejor relación con el verano y otoño, mientras que, la de Markham con la primavera y el otoño.

This would indicate that, like Markham’s storm petrel, the species could be feeding on prey in these three water masses, showing plasticity in its diet. Moreover, it was observed that during reproduction (summer and autumn), it is mostly concentrated on the CCW. Consequently, feeding during the 2019 reproductive season could be related to the most abundant resource, such as anchoveta.

**Association of the distribution of Markham’s and Hornby’s storm petrels in the environment**

We assessed quantitative variables such as the number of individuals, sea surface temperature, salinity, distance to the coast, and latitude for the two species and by season with multiple correspondence analysis (MCA).

This analysis produced two components with a high percentage of inertia. Component 1 with 48.24% and component 2 with 40.22%, which jointly account for 88.46% of the variance.

The number of storm petrels (correlation 0.97) seems to be associated with salinity (correlation 0.64) and temperature (correlation 0.44) with axis 1. Correspondence analysis shows the relationship of storm petrel species with other variables (Fig. 7).

The Hornby’s storm petrel seems to be better associated with salinity and sea temperature than Markham’s storm petrel. In the seasonal diagrams, we can see that summer and spring have an inverse relationship with autumn. Comparing the species and seasonal diagrams, the Hornby’s storm petrel has a better relationship with summer and autumn, while the Markham’s storm petrel has a better relationship with spring and autumn.

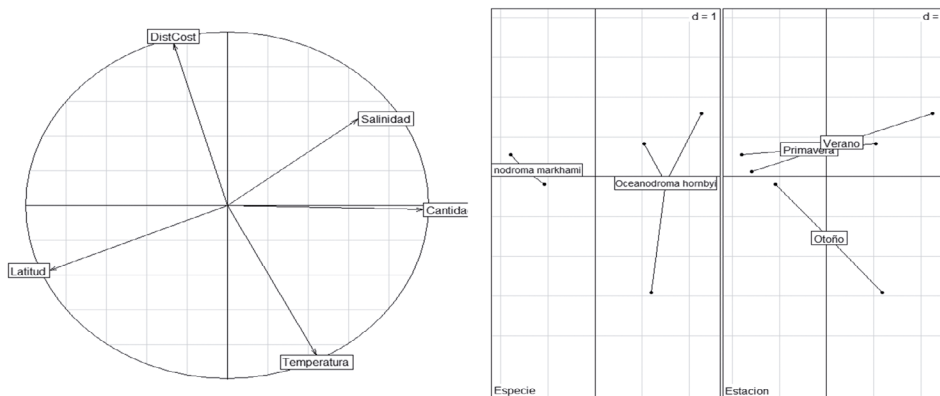


Figura 7.- Análisis de componentes principales (ACP) de la golondrina de mar acollarada y la golondrina de mar de Markham, con temperatura, salinidad, distancia la costa, cantidad de individuos, latitud y estación del año

Figure 7. Principal Component Analysis (PCA) of the Hornby’s and Markham’s storm petrels, with temperature, salinity, distance to coast, number of individuals, latitude, and season of the year

Respecto a su hábitat en el mar, SPEAR & ANLEY (2007) también registran, durante la primavera, gran concentración de individuos cerca a la costa sur del país, esta se extendería hasta el norte de Chile; sin embargo, ellos reportan otra gran concentración lejos de costa en la zona oceánica, al parecer de mayor cantidad de individuos. Estos investigadores mencionan que habría mayor cantidad de individuos a mayor salinidad, esto concuerda con el ACP; así mismo, hallan incremento de la densidad con la reducción de la temperatura. Nosotros no hemos evaluado densidades, pero encontramos relación similar directa entre la temperatura y la cantidad de individuos (Fig. 5).

Respecto a la golondrina de mar acollarada, SPEAR & ANLEY (2007) la encontraron concentrada principalmente frente a Paracas durante el otoño, esto concuerda con lo que hemos registrado, concentración que se extiende hasta el norte de Chile; además, indicaron que en primavera su concentración sería mayor en el norte de Perú. Esos autores observaron incremento de la densidad de la especie con la salinidad, así como en la golondrina de mar de Markham, lo que podría asociarse con la relación directa entre salinidad y cantidad de individuos que registramos en el CPA.

El análisis de componentes nos muestra a estas especies asociadas con estaciones del año en las que se llevaría a cabo la reproducción: la golondrina de mar acollarada asociada con otoño y verano y la golondrina de mar de Markham con verano y otoño.

Estas dos especies comparten la misma área marina y aparentemente se repliegan siempre al sur en la temporada reproductiva, con excepción de la zona adicional de concentración de la golondrina de mar de Markham al norte de 6°S. A pesar de estas coincidencias geográficas, al parecer sus temporadas reproductivas solo se solaparían por muy pocos meses (Tabla 3), que serían los de menor actividad ya que son inicio y término de la temporada reproductiva de ambas especies de golondrina.

Regarding their at-sea habitat, SPEAR & ANLEY (2007) also recorded, in spring, a large concentration of individuals near the coast of southern Peru, which extends to the north of Chile. However, they report another large concentration far from the coast in the oceanic zone, apparently with a greater number of individuals. These researchers mention that there would be a greater number of individuals at higher salinity, this is consistent with the PCA. Likewise, they find an increase in density with a reduction in temperature. We have not evaluated densities, but we found a similar direct relationship between temperature and the number of individuals (Fig. 5).

SPEAR & ANLEY (2007) found that the Hornby's storm petrel was concentrated mainly off Paracas during the autumn, which is consistent with what we have recorded, a concentration that extends to the north of Chile. They also indicated that in spring its concentration would be greater in northern Peru. These authors observed an increase in the density of the species with salinity, as well as in Markham's storm petrel, which could be associated with the direct relationship between salinity and the number of individuals that we recorded in the PCA.

Component analysis shows that these species are associated with seasons of the year in which reproduction would take place: the Hornby's storm petrel is associated with autumn and summer while the Markham's storm petrel is associated with summer and autumn.

Both species share the same marine area and always withdraw southwards during the reproductive season, except for the additional area of concentration of the Markham's storm petrel to the north of 6°S. Despite these geographic overlaps, it appears that their reproductive seasons only overlap for a very few months (Table 3). These would be the months of least activity since they are the beginning and end of the reproductive season for both storm petrel species.

Tabla 3.-Periodo reproductivo para cada especie según la bibliografía

Table 3. Reproductive period for each species according to bibliography

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<i>O. markhami</i> (Murphy, 1936; Koepke, 1964; Jahncke, 1994)						x	x	x	x	x	x	
<i>O. hornbyi</i> (Koepke, 1964; Murillo <i>et al.</i> , 2013)		x	x	x	x	x	x					



Esta alternancia podría estar contribuyendo a reducir la competencia por presas en el mar, más aún en la temporada reproductiva cuando encontrar alimento con el menor desgaste de energía es vital para la sobrevivencia de los polluelos y, en la etapa post reproductiva para los juveniles que salen de sus nidos en busca de alimento.

El repliegue a las mismas Regiones del sur para el desarrollo de la reproducción, pero en temporadas distintas, también podría estar reduciendo la competencia por espacio. Se ha mencionado que es posible que *O. hornbyi* pueda reproducirse en sitios menos accesibles como en la zona altoandina (MURPHY, 1936). Sin embargo, no se debe dejar de considerar que es posible que las dos especies puedan usar las mismas zonas de reproducción solo que en temporadas distintas o podrían existir colonias mixtas.

Dado que en Chile se han encontrado nidos de *O. hornbyi* en grietas y costras en el desierto (BARROS *et al.*, 2018), de la misma manera que para *O. markhami* en Perú (JAHNCKE 1993, 1994; GARCÍA-GODOS *et al.*, 2012) y Chile (BARROS *et al.*, 2019; TORRES-MURA & LEMUS, 2013), estas zonas deben ser identificadas, monitoreadas y protegidas. La protección conferida a esas áreas debe incluir evitar los asentamientos humanos que provoquen contaminación lumínica que afecte a los juveniles cuando se independizan y salen rumbo al mar, provocando su caída en zonas costeras.

#### 4. CONCLUSIÓN

Las dos especies de golondrinas se encontraron distribuidas a lo largo del territorio peruano; sin embargo, el 2019 se pudo ver variación.

Los cambios de distribución se darían por las temporadas reproductivas de las dos especies de golondrinas.

La golondrina de mar de Markham tuvo el repliegue a costa en primavera y otoño siendo el más marcado el de primavera. Se observaron agregaciones en el sur debido a la temporada reproductiva.

La golondrina de mar acollarada tuvo un marcado repliegue en verano y otoño hacia el sur, que correspondería a su concentración en las zonas de anidación en la temporada reproductiva 2019.

#### Agradecimientos

Agradezco a Miguel Llapapasca por motivarme siempre a seguir hurgando en los procesos ecológicos en los que se ven inmersas las aves marinas y por apoyarme para realizar un escrito. A Paola Araneda por apoyarme con algunas referencias bibliográficas.

This alternation could be contributing to reducing competition for prey in the sea, especially in the reproductive season when finding food with the least energy expenditure is vital for the survival of the chicks and, in the post-reproductive stage, for the juveniles that leave their nests in search of food.

The withdrawal to the same southern regions for reproduction, but in different seasons, could also be reducing the competition for space. As mentioned, *O. hornbyi* may be able to mate in less accessible sites such as in the high Andean zone (MURPHY, 1936). Nevertheless, we should not fail to consider that it is possible that the two species may use the same reproductive areas only in different seasons, or that mixed colonies may exist.

Given that in Chile nests of *O. hornbyi* have been found in crevices and crusts in the desert (BARROS *et al.*, 2018), similarly as for *O. markhami* in Peru (JAHNCKE 1993, 1994; GARCÍA-GODOS *et al.*, 2012) and Chile (BARROS *et al.*, 2019; TORRES-MURA & LEMUS, 2013), these areas should be identified, monitored, and protected. Such areas should be protected by avoiding human settlements that cause light pollution affecting juveniles as they become independent and head out to sea, causing them to fall into coastal areas.

#### 4. CONCLUSION

Both species were found distributed throughout the Peruvian territory. However, in 2019, it was possible to see a variation in their distribution.

The changes in distribution would be caused by the reproductive seasons of the two storm petrel species.

In spring and autumn, the Markham's storm petrel had shoreward withdrawal with the most noticeable withdrawal occurring in spring. Aggregations were observed in the south due to the reproductive season.

The Hornby's storm petrel had a noticeable southward withdrawal in summer and autumn, which would correspond to its concentration in the nesting areas in the 2019 reproductive season.

#### Acknowledgments

I thank Miguel Llapapasca for always encouraging me to continue researching the ecological processes in which seabirds are immersed and for supporting me to write a paper. I also thank Paola Araneda for helping me with some bibliographic references.

## REFERENCIAS / REFERENCES

- AYALA L, SANCHEZ-SCAGLIONI R, AMOROS S, FELIPE L. 2008. Una colonia reproductiva de la golondrina de la tempestad peruana, *Oceanodroma tethys kelsalli* (Lowe 1925), en la Isla Santa, Perú. *Revista peruana de biología*. 15(1): 117-120.
- BARROS R, MEDRANO F, SILVA R, DE GROOTE F. 2018. First breeding site record of Hornby's Storm Petrel *Oceanodroma hornbyi* in the Atacama Desert, Chile. *Ardea*. 106(2): 203-207.
- BARROS R, MEDRANO F, NORAMBUENA H, PEREDO R, SILVA R, DE GROOTE, F, SCHMITT F. 2019. Breeding phenology, distribution and conservation status of Markham's storm-petrel *Oceanodroma markhami* in the Atacama Desert. *Ardea*. 107(1): 75-84.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2019a. *Hydrobates markhami*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22698543A156377889. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22698543A156377889.en>. Descargado el 9 diciembre 2020.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2019b. *Hydrobates hornbyi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22698567A156372027. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22698567A156372027.en>. Descargado el 9 diciembre 2020.
- BLAKE E. 1977. *Manual of Neotropical birds* (Vol. 1). University of Chicago Press. 724 pp.
- CHENG L, SPEAR L, AINLEY, D. 2010. Importance of marine insects (Heteroptera: Gerridae, *Halobates* spp.) as prey of eastern tropical Pacific seabirds. *Marine Ornithology*. 38: 91-95.
- FURNESS R, MONAGHAN P. 1987. *Seabird Feeding Ecology*. In *Seabird Ecology* Springer, Boston, MA. pp. 23-34.
- GARCÍA-GODOS I, GOYA E, JAHNCKE J. 2002. The diet of Markham's storm petrel *Oceanodroma markhami* on the central coast of Peru. *Marine Ornithology*. 30: 77-83.
- GARCÍA-OLAECHEA D, CHÁVEZ-VILLAVICENCIO C, NOVOA-COVA J. 2020. A new breeding colony of the wedge-rumped storm-petrel (*Hydrobates tethys kelsalli*, Lowe 1925) on Foca Island, extreme Northwestern Peru. *Revista peruana de biología*. 27(2): 225-228.
- HARRISON P. 1983. *Seabirds of the world: a photographic guide* (No. 598.29162). Christopher Helm.
- JAHNCKE J. 1993. Primer informe del área de anidación de la golondrina de tempestad negra *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883). In *Memorias X Congreso Nacional de Biología*. 339-343pp.
- JAHNCKE J. 1994. *Biología y conservación de la golondrina de tempestad negra Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) en la península de Paracas, Perú. Lima: Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (APECO). 48 pp.
- KREBS C. 1985. *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia* (No. 574.5 K92e). México, MX: Edit. Harla. 753 pp.
- KOEPCKE M. 1964. *Las aves del departamento de Lima*. Gráfica Morsom. 128 pp.
- MINAGRI. 2014. Decreto Supremo N° 04-2014-MINAGRI. Categorización de especies amenazadas de fauna silvestre. D.S. 004-2014-MINAGRI. *El Peruano*, 8 de abril 2014.
- MORÓN A. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*. 19(1-2): 179-204.
- MURILLO Y, PIANA R, DELGADO-ALBURQUEQUE L. 2013. Rescate de golondrinas de la tempestad de collar (*Oceanodroma hornbyi*) en la ciudad de Lima, Perú. *Boletín de Ornitología Peruana-UNOP*. 8: 55-64 pp.
- MURILLO Y, CALVO-MAC C, DELGADO-ALBURQUEQUE L, CANCINO L. 2014. Hallazgos de golondrinas de la tempestad de collar (*Oceanodroma hornbyi*) en distritos de la ciudad de Lima y Callao, Perú. Congreso de ciencias del mar. Lima, Perú. Presentación poster.
- MURPHY R. 1936. *Oceanic birds of South America: a study of species of the related coasts and seas, including the American quadrant of Antarctica, based upon the Brewster-Sanford collection in the American Museum of Natural History* (Vol. 2). MacMillan Company.
- SCHREIBER E, BURGER J. (Eds.). 2001. *Biology of marine birds*. CRC press. 740 pp.
- SCHULENBERG T, STOTZ D, LANE D, O'NEILL J, PARKER T. 2010. *Aves de Perú*. Serie Biodiversidad Corbidi. 1: 1-660.
- SPEAR L, AINLEY, D. 2007. Storm-petrels of the eastern Pacific Ocean: species assembly and diversity along marine habitat gradients. *Ornithological Monographs*. 62: 77 pp.
- TASKER M, JONES P, DIXON T, BLAKE E. 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *The Auk*. 101(3): 567-577.
- TORRICO V, CID P, ZAVALA A, DE TARAPACÁ R. 2018. Diagnóstico de las poblaciones de golondrina de mar en la región de Tarapacá. Informe técnico. Ministerio de Agricultura. Chile.
- TORRES-MURA J, LEMUS M. 2013. Breeding of Markham's Storm-Petrel (*Oceanodroma markhami*, Aves: Hydrobatidae) in the desert of northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 86(4): 497-499.