

DISTRIBUCIÓN DE AVES GUANERAS DURANTE LOS CRUCEROS DE EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE PRIMAVERA, 2018 - 2019

DISTRIBUTION OF GUANO BIRDS DURING SPRING HYDROACOUSTIC ASSESSMENT CRUISES (2018 - 2019)

Cynthia Romero¹ María Andrea Meza¹ Luis Pizarro² Dany Ulloa²

[https:// doi.org/10.53554/boletín.v36i1.316](https://doi.org/10.53554/boletín.v36i1.316)

RESUMEN

ROMERO C, MEZA M, PIZARRO L, ULLOA D. 2021. *Distribución de aves guaneras durante los cruceros de evaluación hidroacústica de primavera, 2018 - 2019. Bol Inst Mar Perú. 36(1): 5-28.*- Las aves guaneras (guanay, piquero peruano y pelicano peruano) son endémicas del ecosistema norte de la Corriente de Humboldt, debido a que solo en ella encuentran su principal presa. La distribución de las especies esta mediada por diversos factores como variabilidad medioambiental, características biológicas de cada especie y disponibilidad de sus presas. Este trabajo tuvo como objetivo comparar la presencia de estas aves en el litoral peruano durante los cruceros de evaluación de recursos pelágicos llevados a cabo en primavera los años 2018 y 2019. Durante el 2018 el guanay y el piquero tuvieron mayores concentraciones en la zona correspondiente al stock norte de anchoveta (*Engraulis ringens*), mientras que el pelicano en los extremos norte y sur del Perú. En el 2019 el guanay y el piquero nuevamente se encontraron en mayor concentración en la zona del stock norte de anchoveta, pero presentaron distancias a costa significativamente mayores que en el 2018. Esto podría estar relacionado con la mayor expansión de las aguas costeras frías (ACF). La distribución de las aves guaneras está ligada a la distribución espacial de las ACF porque en ellas se encuentra su principal presa, la anchoveta. La distribución de los depredadores superiores puede reflejar lo que pasa en un ecosistema debido a su papel integrador.

PALABRAS CLAVE: aves guaneras, cruceros, ecosistema de la corriente de Humboldt

ABSTRACT

ROMERO C, MEZA M, PIZARRO L, ULLOA D. 2021. *Distribution of guano birds during spring hydroacoustic assessment cruises (2018 - 2019). Bol Inst Mar Peru. 36(1): 5-28.*- The guano birds (guanay cormorant, Peruvian booby, and Peruvian pelican) are endemic to the northern Humboldt Current ecosystem since their main prey is only there. The species distribution is determined by several parameters such as environmental variability, biological characteristics of each species, and the availability of their prey. We aimed to compare the presence of these birds along the Peruvian coast during the pelagic resource assessment cruises carried out in spring 2018 and 2019. In 2018, the guanay cormorant and the Peruvian booby had higher concentrations in the area where the northern anchoveta stock is located, while the pelican had higher concentrations in the northern and southern ends of Peru. In 2019, guanay cormorant and Peruvian booby were again found in higher concentration in the area of the northern anchoveta stock but showed significantly greater distances offshore than in 2018. This could be related to the greater expansion of cold coastal waters (CCW). The distribution of guano birds is linked to the spatial distribution of CCW because they are home to the anchoveta (*Engraulis ringens*) which is their main prey. The distribution of top predators can reflect what is happening in an ecosystem given their integrative role.

KEYWORDS: guano birds, cruises, Humboldt Current ecosystem

1. INTRODUCCIÓN

Las aves marinas se dispersan ampliamente en el mar desde sus sitios de anidación y se sabe que las zonas en las que se agregan están relacionadas a características oceanográficas que a su vez son puntos fuertes en la distribución de sus presas (BALLANCE, 2007). De esa manera, su distribución nos da una idea de cómo algunos factores condicionan su presencia en ciertos puntos geográficos.

1. INTRODUCTION

Seabirds disperse widely at sea from their nesting sites and it is known that the areas in which they aggregate are related to oceanographic features, which in turn are strong points in their prey distribution (BALLANCE, 2007). Thus, their distribution is an indication of how some factors condition their presence in certain geographic locations.

1 IMARPE, Oficina de Investigaciones en Depredadores Superiores, Gral. Gamarra y Valle S/N Chucuito, Callao, cyromero@imarpe.gob.pe

2 IMARPE, Unidad de investigación en Oceanografía Química y Geología Marina

3 IMARPE, Área Funcional de Investigaciones en Recursos Neríticos y Pelágicos

Frente a las costas de Perú, se encuentra el Ecosistema Norte de la Corriente de Humboldt (ENCH), en donde las aves que lo habitan encuentran sitio de descanso, reproducción y el alimento necesario para sobrevivir. Este ecosistema se encuentra caracterizado por afloramientos, que le permite ser uno de los más productivos del mundo (PENNINGTON *et al.*, 2006; CHAVEZ & MESSIÉ, 2009; ZUTA & GUILLÉN, 1970; MORÓN, 2000). Su variabilidad lo lleva a tener condiciones cálidas, neutras a frías; la presencia de anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842) como especie clave (ESPINOZA & BERTHAND, 2008) ampliamente distribuida en toda su zona de influencia (PAULY & TSUKAYAMA, 1988) le permite sostener la gran cantidad de peces, mamíferos y aves que habitan en él.

El guanay (*Phalacrocorax bougainvillii* (Lesson, 1837)), piquero peruano (*Sula variegata* (Tschudi, 1843)) y pelícano peruano (*Pelecanus thagus* Molina, 1782) conocidas como aves guaneras, son endémicas del ENCH. Su distribución restringida a esta zona se debe a su preferencia por la anchoveta como presa (JAHNCKE *et al.*, 1997a; JAHNCKE & GOYA, 1997a; JAHNCKE *et al.*, 1997b). Grandes grupos de aves guaneras pueden ser observadas, a veces en bandadas mixtas, alimentándose de anchoveta (MURPHY, 1936). Esta numerosa cantidad de individuos sólo puede ser sostenida por un recurso igual de numeroso como la anchoveta, presentando relación de denso-dependencia con su presa (CAIRNS, 1992; NEWTON, 1980).

Otros aspectos biológicos también influyen en la distribución de las especies como las características morfológicas, las cuales limitan naturalmente su movilidad y dispersión; la etapa del ciclo de vida, como el periodo reproductivo en el cual se hace apremiante la captura de recursos alimenticios en cantidad y en calidad para afrontar la demanda energética propia de este periodo. Todos estos aspectos junto con la disponibilidad de alimento y las condiciones ambientales, no actúan independientemente, sino que interactúan entre ellos (KREBS 1985).

Durante la primavera del 2018 y 2019, se presentaron condiciones neutras del Índice Costero el Niño (ICEN), por ello la distribución de las aves guaneras se deberían encontrar dentro de las primeras millas de costa, dado que durante esta parte del año también se lleva a cabo su reproducción. En ese periodo de las aves, sus desplazamientos se realizan en áreas circundantes a las islas reproductivas (HAMER *et al.*, 2001) generalmente, en franca relación con la distribución de la anchoveta siempre dentro de la zona de influencia de ENCH.

We found the Northern Humboldt Current Ecosystem (NHCE) off the Peruvian coast, where the birds inhabiting it find a place to rest, mate, and the food they need to survive. The upwelling processes in this ecosystem makes it one of the most productive ones in the world (PENNINGTON *et al.*, 2006; CHAVEZ & MESSIÉ, 2009; ZUTA & GUILLÉN, 1970; MORÓN, 2000). Its variability leads it to have conditions ranging from warm to neutral or cold. The presence of anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842) as a key species (ESPINOZA & BERTHAND, 2008) which is widely distributed throughout its area of influence (PAULY & TSUKAYAMA, 1988) contributes to sustaining a large number of fish, mammals, and birds inhabiting this ecosystem.

The guanay cormorant (*Phalacrocorax bougainvillii* (Lesson, 1837)), Peruvian booby (*Sula variegata* (Tschudi, 1843)), and Peruvian pelican (*Pelecanus thagus* Molina, 1782), all known as guano birds, are endemic to the NHCE. Their restricted distribution in this area is due to their preference for anchoveta as prey (JAHNCKE *et al.*, 1997a; JAHNCKE & GOYA, 1997a; JAHNCKE *et al.*, 1997b). We can observe large groups of guano birds, sometimes in mixed flocks, feeding on anchoveta (MURPHY, 1936). This large number of individuals can only be sustained by an equally large resource such as the anchoveta, which can be defined as a density-dependent relationship (CAIRNS, 1992; NEWTON, 1980).

Other biological aspects also influence the species distribution, such as morphological characteristics, which naturally limit their mobility and dispersal; the stage of the life cycle, such as the reproductive period in which the capture of food resources, in quantity and quality, to meet the energy demand of this period becomes urgent. All these aspects, together with the availability of food and environmental conditions, do not act independently but interact with each other (KREBS 1985).

There were neutral conditions of the El Niño Coastal Index (ICEN in Spanish) in spring 2018 and 2019. Therefore, we could observe the guano birds' distribution within the first miles offshore, given that reproduction also occurs in this period. During the mating season, the birds move in areas surrounding the reproductive islands (HAMER *et al.*, 2001), which is generally related to the anchoveta's distribution, always within the NHCE.

This work aimed to describe the features of the distribution of the three guano bird species during the springs of 2018 and 2019, as well as their

El objetivo del trabajo fue describir las características de la distribución de las tres especies de aves guaneras durante las primaveras del 2018 y del 2019, así como su relación con los lances positivos de anchoveta y las condiciones oceanográficas presentes al momento de la evaluación.

Se encontró que estas aves se distribuyeron principalmente en el ámbito de las aguas costeras frías (ACF), en donde también estuvo presente la anchoveta. En conclusión, las condiciones ambientales en el ENCH, la disponibilidad de la anchoveta y la etapa de vida en la que se encontraron estas aves fueron los principales modeladores de su distribución en el mar.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

Este trabajo se realizó durante los cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos organizados por el IMARPE. La zona de estudio abarcó desde Punta Sal (03°40'S) en Tumbes hasta Los Palos (18°17'S) en Tacna.

Avistamiento de aves

En el crucero de primavera 2018 (Cr1809-11) los avistamientos se realizaron a bordo del BIC Olaya; el crucero de primavera de 2019 (Cr1909-11) realizó desde Punta Sal, Tumbes (03°40'S) hasta Callao, Lima (12°S) a bordo del BIC Olaya y desde el Callao, Lima (12°05'S) hasta Los Palos, Tacna (18°35'S) a bordo del BIC Humboldt.

Los transectos en los que se realizó observación de aves fueron diseñados con el fin de evaluar la biomasa de la anchoveta, que cubren entre 5 y 100 millas náuticas (mn) perpendiculares a la costa tanto de entrada (desde el mar hacia la costa) como de salida (desde la costa hacia el mar).

El registro de aves se realizó con un avistador ubicado, generalmente, a babor del barco cuyo límite de observación fue de 300 metros, teniendo un campo de observación de 90°. Las observaciones se realizaron durante todas las horas de luz, es decir, desde 6:00 horas hasta 18:00 horas aproximadamente (TASKER *et al.*, 1984). No se registraron observaciones durante los lances de red y estaciones oceanográficas.

Se anotó la hora de avistamiento, especie, cantidad de individuos y el comportamiento de cada uno de ellos; este último aspecto se clasificó de la siguiente manera: posado, cuando el ave descansaba en el mar; volando, desplazándose de un lado a otro; forrajeando, buscando alimento; alimentándose, pescando y, pirateando cuando algunas roban el alimento de otra ave.

relationship with positive anchoveta sets and the oceanographic conditions prevailing at the time of the assessment.

We found that these birds were distributed mainly in areas surrounded by the cold coastal waters (CCW), where anchoveta was also present. Therefore, the main determinants of their distribution at sea were the environmental conditions in the NHCE, the availability of anchoveta, and the life stage at which these birds were found.

2. MATERIAL AND METHODS

Study area

This work was carried out during the IMARPE's pelagic resources hydroacoustic assessment cruises. The study area covered from Punta Sal (03°40'S) in Tumbes to Los Palos (18°17'S) in Tacna.

Birding

In the 2018 spring cruise (Cr1809-11), sightings were made aboard the R/V Olaya, while in the 2019 spring cruise (Cr1909-11), birds were observed aboard the R/V Olaya and R/V Humboldt, which covered from Punta Sal, Tumbes (03°40'S) to Callao, Lima (12°S) and from Callao, Lima (12°05'S) to Los Palos, Tacna (18°35'S), respectively.

The transects where birding was carried out were designed to assess the anchoveta biomass, covering between 5 and 100 nautical miles (nm) perpendicular to the coast, both inbound (from the sea to the coast) and outbound (from the coast to the sea).

The birds were recorded with a spotter, generally located on the port side of the vessel, with a 300-meter observation limit and a 90° field of observation. We made observations during all daylight hours, that is, from 6:00 a.m. to approximately 6:00 p.m. (TASKER *et al.*, 1984). No observations were recorded during sets and oceanographic stations.

We recorded the time of the sighting, species, number of individuals, and the behavior of each one of them. The latter was classified as follows: perching, when the bird was resting at sea; flying, when it is moving from one place to another; foraging, when it is looking for food; feeding, fishing; and pirate when some of them steal another bird's food.

Lances para la captura de peces

Para la realización de los cruceros participaron los buques de investigación científica (BIC) del IMARPE: José Olaya Balandra, Humboldt y la L/P IMARPE V, los que cuentan con ecosondas científicas Simrad multifrecuencia y equipamiento oceanográfico.

El muestreo fue sistemático en toda la costa peruana (SIMMONS & MACLEANAN, 2005); es decir, se realizaron transectos paralelos e intercalados por los buques y separados por 10 mn, con distancias menores a 100 mn de la costa.

Los análisis de identificación de cardúmenes fueron realizados con el programa EchoView a través de los análisis multifrecuencia, características de los ecotrazos y resultados de los lances de pesca.

El arte de pesca utilizada en las embarcaciones del IMARPE fueron redes de arrastre pelágico tipo Granton con aberturas verticales de 12 m para el BIC José Olaya (con sensores inalámbricos de pesca NOTUS) y 14 m para el BIC Humboldt.

La composición de especies en las capturas fue obtenida de los muestreos de cada lance, utilizando las claves de identificación al mayor detalle de los peces para el Perú (CHIRICHIGNO y VÉLEZ, 1998; CHIRICHIGNO y CORNEJO, 2001).

Obtención de datos oceanográficos

Se recolectó información para el estudio de las condiciones ambientales superficiales del mar, se registraron datos continuos de temperatura y muestras superficiales de agua de mar para determinar salinidad (equipo Portasal Guildline modelo 8410A por el método de inducción).

Con el perfilador CTDO de *Sea Bird Electronics*, se obtuvo registros de temperatura, salinidad, oxígeno, hasta 500 m de profundidad. Para identificar las masas de agua se utilizaron las clasificaciones dadas por WYRTKI (1967), ZUTA y GUILLÉN (1970) y MORÓN (2000).

Análisis estadísticos

Se realizaron los análisis descriptivos (media, moda, desviación estándar) para las distancias a costa en millas náuticas (mn), en las que se avistó cada especie en los dos cruceros de evaluación. Además, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para luego aplicar estadística no paramétrica y establecer diferencias entre las distancias registradas y los avistamientos de aves guaneras en los dos cruceros de evaluación. Estos análisis se realizaron utilizando el programa PAST.

Fishing sets

The IMARPE scientific research vessels (R/V) José Olaya Balandra, Humboldt, and the M/V IMARPE V, which are equipped with Simrad multifrequency scientific echo sounders and oceanographic equipment, participated in the cruises.

Sampling was systematic along the entire Peruvian coast (SIMMONS & MACLEANAN, 2005); transects were parallel and interspersed by vessels and separated by 10 nm, with distances of less than 100 nm offshore.

We used the EchoView software to perform the shoal identification analysis through multi-frequency analysis, echo-trace characteristics, and fishing set results.

The fishing gear used by IMARPE's vessels were Granton-type pelagic trawls with vertical openings of 12 m for R/V Jose Olaya (with NOTUS wireless fishing sensors) and 14 m for R/V Humboldt.

We obtained the species composition of the catches from the sampling of each set, using the most detailed fish identification keys for Peru (CHIRICHIGNO & VÉLEZ, 1998; CHIRICHIGNO & CORNEJO, 2001).

Oceanographic data collection

We collected data for the study of sea surface environmental conditions. Continuous temperature data and seawater surface samples were recorded to determine salinity (Portasal Guildline equipment model 8410A using the induction method).

We obtained continuous records of temperature, salinity, and oxygen up to a depth of 500 m with the Sea Bird Electronics CTDO profiler. To identify the water masses, the classifications given by WYRTKI (1967), ZUTA & GUILLÉN (1970), and MORÓN (2000) were used.

Statistical analysis

Descriptive analyses (mean, mode, standard deviation) were performed for the distances to shore in nautical miles (nm), in which each species was sighted in the two assessment cruises. In addition, we performed the Shapiro-Wilk normality test, and then applied the non-parametric statistics to establish differences between the distances recorded and the sightings of guano birds on the two cruises. These analyses were performed using the PAST software.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los cruceros de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos en primavera, se recorrieron 2442 mn con 244,2 horas de observación en el 2018 y 3321 mn con 332,1 horas en el 2019.

El 2018 se registraron 98.885 aves, de ellas 49.868 fueron aves guaneras, 22.005 guanayes (44,1%), 26.625 (53,4%) piqueros peruanos y 1.238 (2,5%) pelícanos peruanos.

En la primavera 2019 se registraron 78.659 aves, de las cuales 57.061 fueron aves guaneras, 29.648 guanayes (52%), 23.587 piqueros peruanos (41,3%) y 3.826 pelícanos peruanos (6,7%).

Las aves guaneras se distribuyeron desde Tumbes hasta Tacna durante los dos cruceros. En la primavera 2018 se encontraron concentradas entre Paita (05°05'S) y Supe (10°48'S) la mayor concentración se detectó alrededor de 9°S. En la del 2019 se encontraron concentradas en la misma zona, pero la mayor agregación estuvo en 5°S (Fig. 1).

Las distancias a costa a las que las tres especies de aves guaneras se encontraron fueron menores en el 2018, que en el 2019 (Tabla 1).

Las distancias a costa no presentaron distribución normal (Shapiro Wilk P-valor = 0,006505). Existió diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Mann Witney, entre las distancias a costa a las que fueron avistados el guanay (p-valor = 0,04929), el piquero peruano (p-valor = 2,35E-13) y pelícano peruano (p-valor = 0,006505) durante las dos evaluaciones (Fig. 2).

3. RESULTS AND DISCUSSION

During the cruises, a total of 2442 nm, with 244.2 hours of observation were covered in 2018, while 3321 nm, with 332.1 hours, were traveled in 2019.

In 2018, we recorded 98,885 birds, of which 49,868 were guano birds. There were 22,005 guanay cormorants (44.1%), 26,625 (53.4%) Peruvian boobies, and 1,238 (2.5%) Peruvian pelicans.

In spring 2019, we recorded 78,659 birds, of which 57,061 were guano birds. There were 29,648 guanay cormorants (52%), 23,587 Peruvian boobies (41.3%), and 3,826 Peruvian pelicans (6.7%).

Guano birds were distributed from Tumbes to Tacna during the two cruises. In spring 2018, we found them concentrated between Paita (05°05'S) and Supe (10°48'S). The highest concentration was detected around 9°S. In 2019, they found concentrated in the same area, the highest aggregation was at 5°S (Fig. 1).

The distances to shore at which the three guano bird species were found were shorter in 2018 than in 2019 (Table 1).

Distances to shore were not normally distributed (Shapiro Wilk P-value = 0.006505). There were significant differences, according to the Mann-Witney test, between the distances to shore at which the guanay cormorant (p-value = 0.04929), the Peruvian booby (p-value = 2.35E-13), and the Peruvian pelican (p-value = 0.006505) were sighted during the two evaluations (Fig. 2).

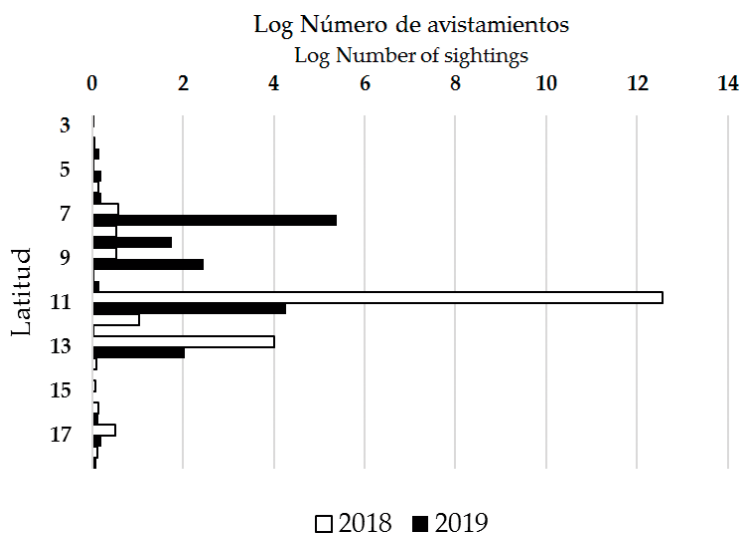


Figura 1.- Distribución latitudinal de aves guaneras. Primavera de 2018 y 2019

Figure 1. Latitudinal distribution of guano birds. Spring 2018 and 2019

Tabla 1.- Distancias a costa de los avistamientos de aves guaneras durante la primavera de 2018 y 2019

Table 1.- Distances to the shore of guano bird sightings in spring 2018 and 2019

	Guanay <i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	Piquero peruano <i>Sula variegata</i>	Pelicano peruano <i>Pelecanus thagus</i>
2018			
N	185	592	205
Min	0	0	1
Max	45	79	40
M ± DS	8,1 ± 8,6mn	9,0 ± 9,3mn	8,6 ± 7,8mn
2019			
N	176	585	204
Min	1	1	1
Max	62	75	45
M ± DS	9,5 ± 9,5mn	14,7 ± 14,2mn	10,2 ± 8,7mn

*N: número de avistamientos / number of sightings

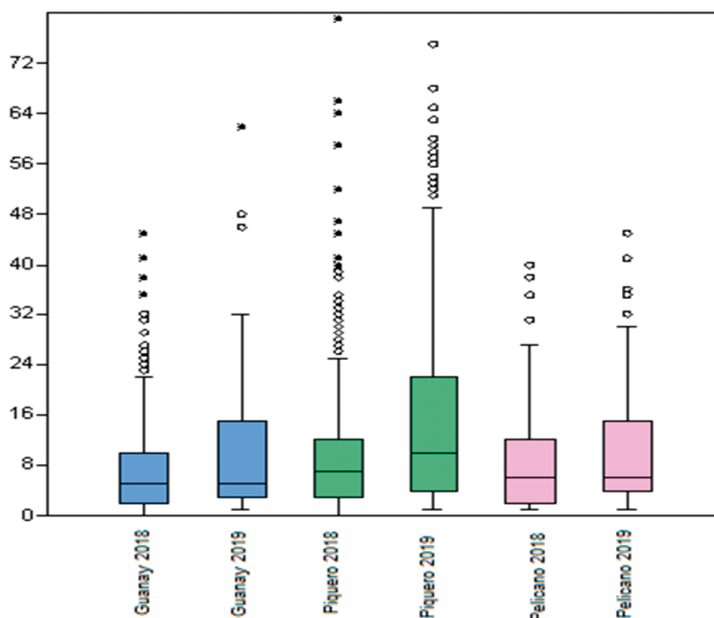


Figura 2.- Gráfico de cajas de distancias a costa (mn) a las que fueron avistadas las tres especies de aves guaneras. Primavera 2018 y 2019

Figure 2. Box plot of distances to shore (nm) at which the three guano bird species were sighted. Spring 2018 and 2019

Distribución y relación con la presa

Guanay, *Phalacrocorax bougainvillii*

Esta especie se encontró en toda la costa con mayor concentración latitudinal entre 7°S y 13°S; comparando los dos años, hubo menor abundancia en el 2019 (Fig. 3).

Los registros se encontraron dentro de la plataforma continental. En la primavera de 2018, los núcleos de mayor concentración (500-1000 individuos) estuvieron en Pacasmayo-Chicama (La Libertad); y

Distribution and relationship with the prey

Guanay cormorant, *Phalacrocorax bougainvillii*

This species was found all along the coast with the highest latitudinal concentration between 7°S and 13°S. If we compare the two years, there was a lower abundance in 2019 (Fig. 3).

The records were found within the shelf break. In spring 2018, we found the highest concentration nuclei (500-1000 individuals) in Pacasmayo-Chicama (La Libertad); and the medium concentration (100-

los de mediana concentración (100-500 individuos) frente a Punta Chao y Chicama (La Libertad), Chancay (Lima), Pisco (Ica) y Ilo (Moquegua), los demás registros fueron en núcleos de menor concentración (>100 individuos) (Fig. 4).

500 individuals) off Punta Chao and Chicama (La Libertad), Chancay (Lima), Pisco (Ica), and Ilo (Moquegua); the remaining records were in lower concentration nuclei (>100 individuals) (Fig. 4).

En la primavera de 2019 los núcleos de mayor concentración estuvieron frente a Chicama y frente a Pisco; mientras que, los de mediana concentración (100-500 individuos) se encontraron desde Talara (Piura) hasta Chimbote (Áncash) (Fig. 4)

In spring 2019, the nuclei with the highest concentration were off Chicama and off Pisco, while those with medium concentration (100-500 individuals) were found from Talara (Piura) to Chimbote (Áncash) (Fig. 4)

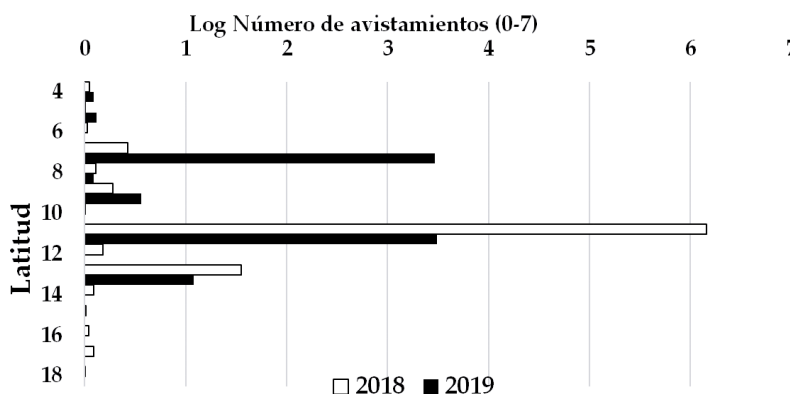


Figura 3.- Distribución del guanay durante la primavera de 2018 y 2019

Figure 3. Distribution of guanay cormorant during spring 2018 and 2019

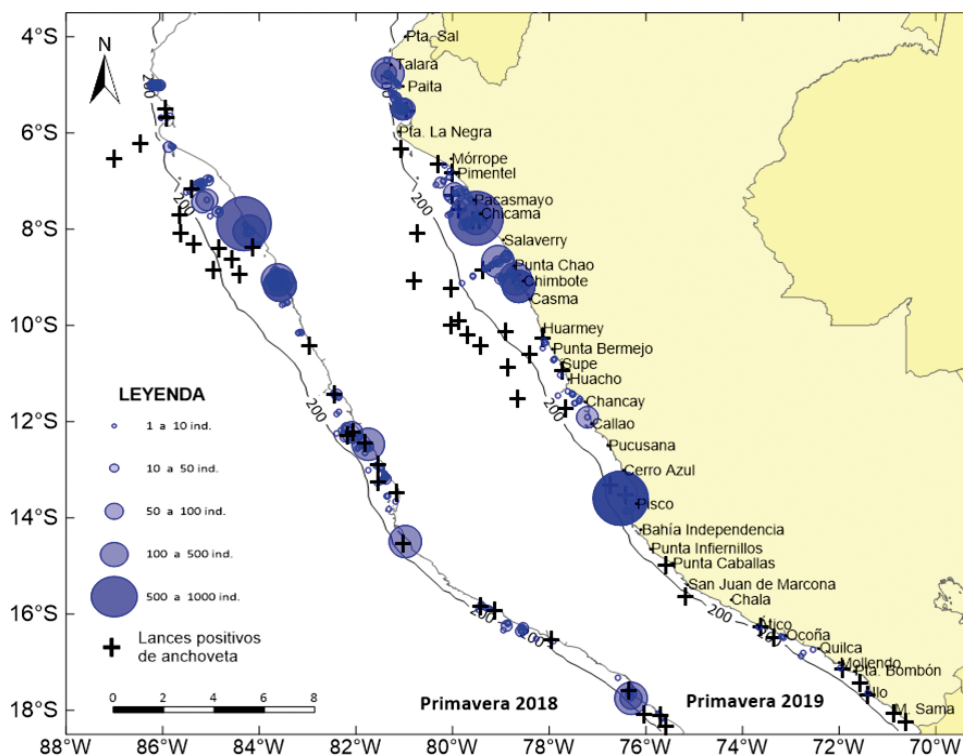


Figura 4.- Distribución del guanay y los lances positivos de anchoveta en las horas de avistamiento durante el la primavera del 2018 y 2019

Figure 4. Distribution of guanay and positive anchoveta sets at sighting times in spring 2018 and 2019

Las informaciones del Programa de Desarrollo Productivo Agrario (AGRORURAL, 2018, 2019) comparadas con los meses de la evaluación, coinciden con las grandes poblaciones de guanay que habitan las islas Macabí y Chincha; JORDÁN y FUENTES (1964) y FUENTES (1969) indicaron que las islas de la zona norte-centro son en las que el guanay ha presentado las colonias más abundantes.

Que las evaluaciones durante los cruceros reflejen la abundancia de las aves en algunos puntos, dependerá de los meses en los que se realicen. FURNESS & MONAGHAN (1987) y SCHREIBER & BURGER (2001) indicaron que *durante la reproducción, el rango de distancia a los que se realizan los viajes de alimentación, generalmente es menor a los de la etapa post-reproductiva, debido a la apremiante necesidad de regresar a sus colonias, ya que comparten roles de cuidado del nido y huevo y/o el pichón con sus parejas a las que tienen que relevar*, por lo que los registros en esa época serán más fieles a la distribución de las agregaciones poblacionales que hay en cada isla si la evaluación coincide con ella como se ve en la Figura 12.

En el caso del guanay según VOGT (1942) la etapa reproductiva empezaría desde noviembre y finalizaría en febrero, mientras que PASSUNI *et al.* (2016) a través de una compilación de datos de reportes de AGRORURAL desde el 2003 hasta el 2012 encuentran que este periodo se desarrollaría entre el invierno austral (julio) e inicios de la primavera (setiembre) hasta febrero, coincidiendo con la independencia de los volantones, aproximadamente a los 4 meses de edad. Los datos de ambas evaluaciones se efectuaron en setiembre, octubre y noviembre, coincidiendo con el inicio del periodo reproductivo, por lo que su distribución en estos meses se encontraría limitada, en teoría, a las cercanías de las islas en las que se reproduce.

El guanay como miembro de la familia Phalacrocoracidae tiene al buceo como estrategia para la captura de sus presas, de manera que su cuerpo presenta adaptaciones para la inmersión, pero también tiene alas más cortas y el cuerpo más robusto con el fin de capturar su alimento en esas inmersiones, presentando desventajas naturales para emprender desplazamientos aéreos de larga distancia, esto hace que sus vuelos sean más costosos energéticamente (FURNESS & MONAGHAN, 1987).

Si a lo anterior le sumamos el apremio de la reproducción, entendemos por qué esta especie se reproduce en zonas donde hay mayor concentración de presas (FURNESS & MONAGHAN, 1987; SPEAR & AINLEY, 1997) como las zonas de intenso afloramiento

Information from the Agricultural Productive Development Program (AGRORURAL, 2018, 2019) compared with the months of the evaluation, coincides with the large populations of guanay cormorant inhabiting the Macabí and Chincha islands. JORDÁN & FUENTES (1964) and FUENTES (1969) indicated that the guanay colonies were most abundant on the islands of the north-central zone.

Whether assessments during cruises reflect the abundance of birds at some points will depend on the months in which they are made. FURNESS & MONAGHAN (1987) and SCHREIBER & BURGER (2001) indicated that *during mating, the range of distance at which feeding trips are made is generally less than those of the post-reproductive stage given the pressing need to return to their colonies since they share roles of nest and egg and/or chick care with their partners, which they have to relieve*, so the records at that time will be more faithful to the distribution of population aggregations on each island if the assessment coincides with it as shown in Figure 12.

According to VOGT (1942), the guanay's reproductive stage would begin in November and end in February, while PASSUNI *et al.* (2016) through a compilation of data from AGRORURAL reports, from 2003 to 2012, found that this period would develop between the austral winter (July) and early spring (September) until February, coinciding with the independence of the fledglings, at approximately 4 months of age. The data from both evaluations were collected in September, October, and November, coinciding with the beginning of the reproductive period, so its distribution in these months would be limited, in theory, to the vicinity of the islands where it breeds.

The guanay cormorant, as part of the family Phalacrocoracidae, has diving as a strategy to capture its prey, so its body is adapted for immersion, but it also has shorter wings and a more robust body to catch its food in those immersions, presenting natural disadvantages to undertake long-distance air travel, which makes its flights more energetically demanding (FURNESS & MONAGHAN, 1987).

If we add to this the urgency of reproduction, we understand why this species breeds in areas where there is a greater concentration of prey (FURNESS & MONAGHAN, 1987; SPEAR & AINLEY,

que se encuentran en el ecosistema de la Corriente de Humboldt (ECH) (BAKUN & WEEKS, 2008). En el ECNH los puntos de mayor afloramiento tienen áreas de influencia que llegan hasta 30 millas de costa (ZUTA y GUILLEN, 1970) permitiendo la concentración del recurso; los periodos de invierno son cuando se presentan los más intensos afloramientos (CALIENES *et al.*, 1985) coincidiendo con el inicio de la reproducción.

La anchoveta registrada en el momento del avistamiento se encontró dentro de la plataforma continental desde Huarmey hasta Morro Sama durante la primavera 2018 y desde Cerro Azul hasta Morro Sama durante la primavera 2019. Al norte de esas áreas la anchoveta estuvo distribuida hasta por fuera de la plataforma continental (Fig. 4). Diferenciando los registros de anchoveta por categoría etaria entre adultos y juveniles se observa que el 2018 en la zona norte centro predominaron los adultos respecto a la zona sur en donde fueron juveniles. Mientras que, en el 2019 la cantidad de juveniles en la zona sur fue mayor (Fig. 4). El guanay estuvo distribuido en las líneas isoparalitorales en las que se encontraron adultos y juveniles de anchoveta, pero mayormente en las que se presentaron juveniles porque se distribuyeron en las primeras millas de costa sobre todo al sur, a diferencia de la anchoveta adulta que se encontró, inclusive, más allá de las primeras millas (Fig. 5).

1997) such as the areas of intense upwelling found in the Humboldt Current ecosystem (HCE) (BAKUN & WEEKS, 2008). In the NHCE, the points of greatest upwelling have areas of influence that reach up to 30 miles offshore (ZUTA & GUILLEN, 1970) allowing the concentration of the resource. The most intense upwelling occurs during the winter (CALIENES *et al.*, 1985), which coincides with the beginning of the reproductive period.

We found the anchoveta recorded at the time of the sighting within the shelf break from Huarmey to Morro Sama, in spring 2018, and from Cerro Azul to Morro Sama, in spring 2019. North of those areas, anchoveta was distributed up to outside the shelf break (Fig. 4). When differentiating the anchoveta records by age category between adults and juveniles, we can observe that in 2018, adults predominated in the north-central area as compared to juveniles in the southern zone. Meanwhile, in 2019, the number of juveniles in the southern zone was higher (Fig. 4). The guanay cormorant was distributed in the isoparalittoral lines where anchoveta (adults and juveniles) was found, but mostly in those where juveniles were present because they were distributed in the first miles of the coast, especially to the south, unlike the adult anchoveta that was found even beyond the first miles of the coast (Fig. 5).

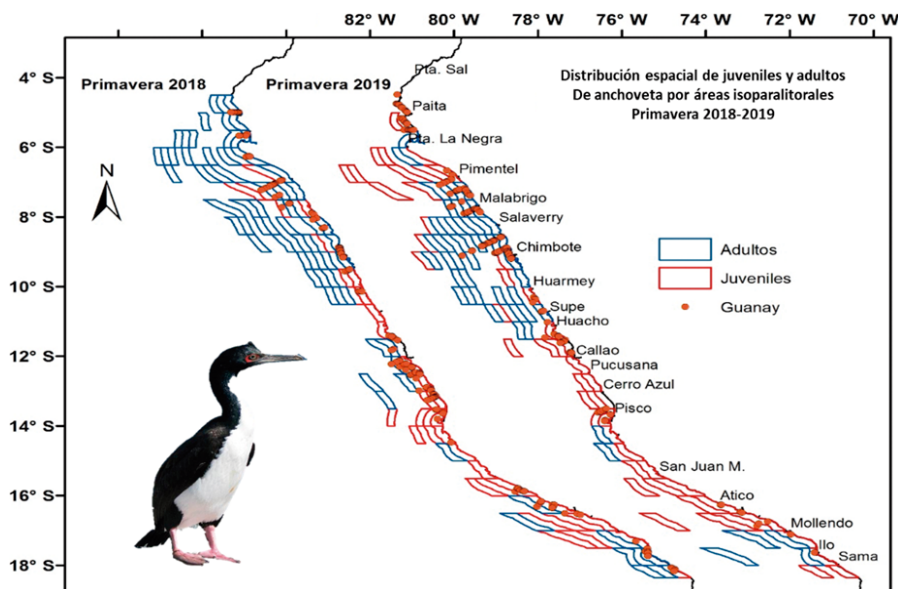


Figura 5.- Distribución del guanay respecto a la presencia de adultos y juveniles de anchoveta. Primavera 2018 y 2019

Figure 5. Distribution of guanay regarding the presence of adult and juvenile anchoveta. Spring 2018 and 2019

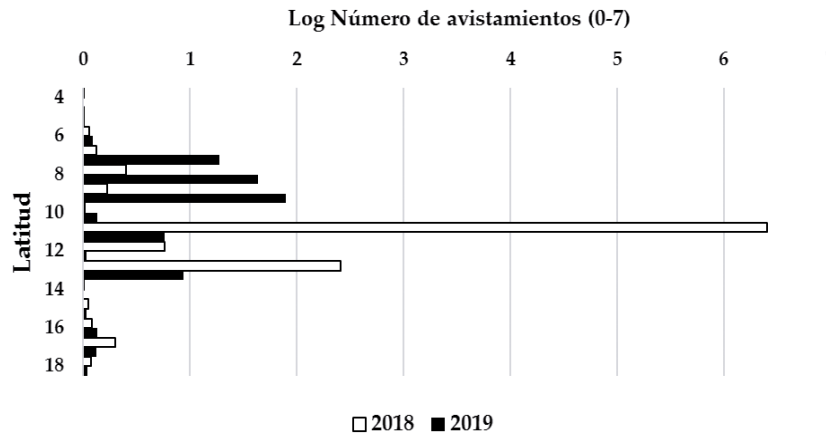


Figura 6.- Distribución del piquero peruano durante la primavera de 2018 y 2019

Figure 6. Distribution of the Peruvian booby in spring 2018 and 2019

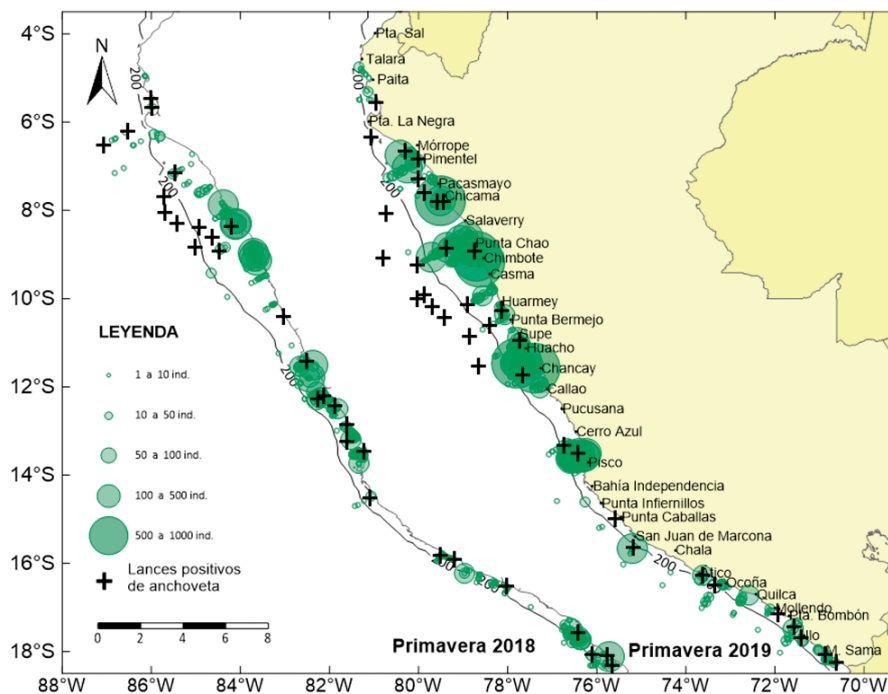


Figura 7- Distribución del piquero peruano y lances positivos de anchoveta en las horas de avistamiento. Primavera 2018 y 2019

Figure 7. Distribution of Peruvian booby and positive anchoveta sets at sighting times. Spring 2018 and 2019

Piquero peruano, *Sula variegata*

El piquero peruano estuvo distribuido en toda la costa peruana; en la figura 6 se observan las principales agregaciones entre 2018 y 2019. En el 2018 la mayor concentración se encontró en Supe y en el 2019 estuvo entre Pacasmayo y Chincha.

Se le observó desde la zona costera hasta por fuera de la plataforma continental al igual que a la anchoveta (Fig. 7).

Peruvian booby, *Sula variegata*

The Peruvian booby was distributed throughout the Peruvian coast. Figure 6 shows the main aggregations between 2018 and 2019. In 2018, the highest concentration was found in Supe, and in 2019, it was between Pacasmayo and Chincha.

It was observed from the coastal zone to outside the shelf break as well as the anchoveta (Fig. 7).

En el 2018 se encontró más allá de la plataforma continental, en el norte desde punta La Negra hasta Chimbote; en el centro frente a bahía Independencia y, en el sur frente a Ilo y Morro Sama.

En el 2019 se registró desde Chicama hasta Chancay, es decir, más al sur que el año anterior y, adicionalmente, se presentó una nueva área, desde Cerro Azul hasta Ilo.

Respecto a núcleos de concentración, durante el 2018 solo se presentaron núcleos medianos desde Chicama (07° 42'S) hasta Pucusana (12°29'S) y frente a Ilo (17°40'S). Mientras que en el 2019 los núcleos de mayor concentración estuvieron de Pacasmayo a Chancay, núcleos de mediana concentración desde Mórrope hasta Pisco y frente a San Juan de Marcona.

La relación entre esta especie y la anchoveta es muy estrecha (JAHNCKE y GOYA, 2000; MURPHY, 1936); en los estudios sobre dieta, en los vómitos, se puede observar que la anchoveta es casi la única presa. Según los estudios efectuados por Jahncke esta especie cuenta con pocas presas alternativas (JAHNCKE *et al.*, 1997a; JAHNCKE y GOYA, 1997, 1998; JAHNCKE *et al.*, 1997b), permitiendo que sea la zona norte-centro donde se encuentran las islas reproductivas más importantes como Macabí, Guañape y Chincha (VOGT 1942). Al mismo tiempo, las áreas de mayor concentración de la especie coinciden con los puntos en donde se presentan los afloramientos más intensos, como los de Paita y Punta Falsa; Pimentel y Chicama; Huacho y Callao (MORÓN, 2000). El área de mayor concentración (11°S) coincidió con el afloramiento presentado frente a Huacho en el 2018 y en 9°S en el 2019.

Los registros de distancia a costa son mayores en comparación a las otras dos especies (Tabla 1, Fig. 2). Esto puede estar ligado a que la presa no se encontró exclusivamente en la zona costera, sino que también se registró en puntos más distantes por la extensión de su hábitat, por presencia de aguas de mezcla.

El piquero, a diferencia del guanay, cuenta con adaptaciones que favorecen el vuelo (cuerpo menos robusto y alas largas) aprovechando de su morfología para desplazarse a mayores distancias desde las islas en las que se reproduce. Esto se puede observar en la figura 7 donde se registran individuos más allá de la plataforma continental en la primavera del 2018, lo cual coincide con los registros de lances positivos de anchoveta al norte de 10°S y en la primavera de 2019 al sur de 15°S. La mayor dispersión puede ser la razón por la que los registros de abundancia latitudinal no coinciden con las abundancias poblacionales registradas en

In 2018, we found it beyond the shelf break, in the north, from Punta La Negra to Chimbote; off Independencia Bay, in the center; and off Ilo and Morro Sama in the south.

In 2019, we recorded it from Chicama to Chancay, further south than in the previous year, and, additionally, a new area was recorded, from Cerro Azul to Ilo.

Regarding concentration nuclei, there were only medium concentration nuclei from Chicama (07° 42'S) to Pucusana (12°29'S) and off Ilo (17°40'S) in 2018. While in 2019, the highest concentration nuclei were from Pacasmayo to Chancay, medium concentration nuclei from Mórrope to Pisco and off San Juan de Marcona.

The relationship between this species and the anchoveta is very close (JAHNCKE & GOYA, 2000; MURPHY, 1936). Studies on diet indicated that anchoveta is almost the only prey in the vomitory. According to studies carried out by Jahncke, this species has few alternatives preys (JAHNCKE *et al.*, 1997a; JAHNCKE & GOYA, 1997, 1998; JAHNCKE *et al.*, 1997b), being the north-central zone where the most important reproductive islands such as Macabí, Guañape, and Chincha are found (VOGT 1942). Also, the areas of the greatest concentration of the species coincide with the points where the most intense upwelling occurs, such as Paita and Punta Falsa; Pimentel and Chicama; Huacho and Callao (MORÓN, 2000). The area of highest concentration (11°S) coincided with the upwelling off Huacho in 2018 and at 9°S in 2019.

The records of distance to the shore are greater when compared to the other two species (Table 1, Fig. 2). This may be associated with the fact that the prey was not found exclusively in the coastal zone, but also, due to the presences of mixes waters, it was recorded in more distant due to the extension of its habitat.

The Peruvian booby, unlike the guanay cormorant, has adaptations that favor flight (less robust body and long wings), thus taking advantage of its morphology to travel long distances from the islands where it breeds. Figure 7 shows where individuals are recorded beyond the shelf break in spring 2018, which coincides with the records of positive anchoveta sets north of 10°S and in spring 2019, to the south of 15°S. The greater dispersion may be the reason why the latitudinal abundance records do not coincide with the population

las islas (Fig. 13). A pesar de ello, no descartamos que puedan ser individuos inmaduros que al no encontrarse en reproducción tengan la libertad de hacer viajes más largos.

La posibilidad de tener un mayor desplazamiento longitudinal le permitiría reducir la competencia con el guanay y el pelícano en la zona costera, teniendo mayor acceso al alimento dentro de la columna de agua inherente a la estrategia de pesca, al lanzarse en picada hacia su presa, por lo que accede a los recursos encontrados dentro de los primeros metros de la superficie (FURNES & MONAGHAN, 1987; SCHREIBER & BURGER, 2001). Individuos a los que se pusieron geolocalizadores durante el periodo reproductivo, emprendieron viajes de alimentación cuya media de distancia fue 25 km (máximo 68 km) y se alimentaron en una media de 2,5 m de profundidad (máximo= 8,8 m) (ZAVALAGA *et al.*, 2010).

En el caso del piquero peruano se presentaron mayores localizaciones de esta especie en la zona norte. En el 2018 los avistamientos más lejanos de costa coinciden con áreas en las que se encontró anchoveta adulta; también existen registros cerca a costa donde se detectó anchoveta juvenil (Fig. 8).

abundances recorded on the islands (Fig. 13). However, we do not rule out the possibility that they may be immature individuals that, not being in reproduction, are free to make longer trips to the islands.

Their greater longitudinal displacement would allow them to reduce competition with guanay and pelican in the coastal zone, thus having greater access to food within the water column inherent to the fishing strategy, as they swoop towards their prey, so they access the resources found within the first few meters of the surface (FURNES & MONAGHAN, 1987; SCHREIBER & BURGER, 2001). Individuals fitted with geolocators during the reproductive period undertook feeding trips averaging 25 km (maximum 68 km) and fed at an average depth of 2.5 m (maximum = 8.8 m) (ZAVALAGA *et al.*, 2010).

Regarding the Peruvian booby, there were more sightings of this species in the northern area. In 2018, the sightings farthest from the coast coincided with areas where adult anchoveta was found. There are also records near shore where juvenile anchoveta was detected (Fig. 8).

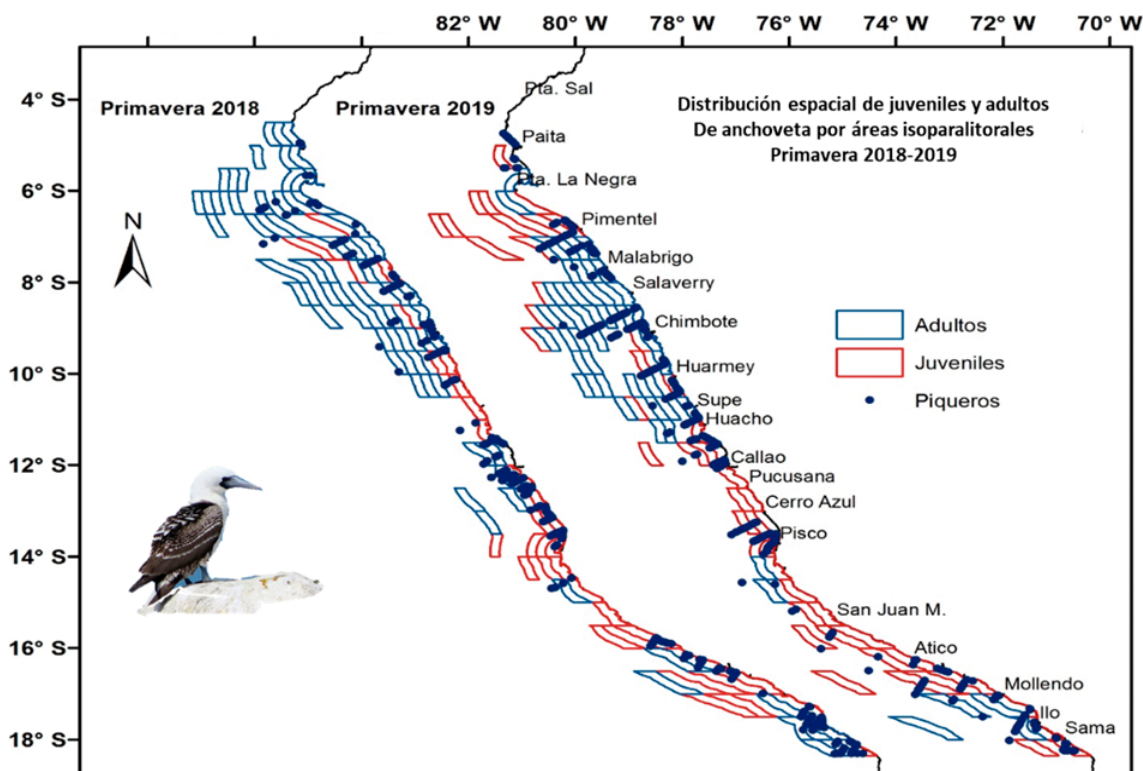


Figura 8- Distribución del piquero peruano respecto a la presencia de adultos y juveniles de anchoveta primavera del 2018 y 2019

Figure 8. Distribution of the Peruvian booby with respect to the presence of adult and juvenile anchoveta, spring 2018 and 2019

Pelicano peruano, *Pelecanus thagus*

Esta especie también se observó en toda la costa peruana, presentando agregaciones en el norte (3°S y 8°S) centro (9°S y 13°S) y sur (16°S y 18°S).

En la primavera de 2018 se encontraron concentrados en tres zonas: Punta Sal - Punta Chao con mayor agregación en Punta La Negra, Casma - Pisco con mayor agregación en Callao y entre Punta Infiernillos - Morro Sama con mayor agregación en Atico. En la primavera de 2019 se encontraron las concentraciones en las mismas áreas teniendo como puntos de agregación Pacasmayo, Cerro Azul, and Quilca (Fig. 9).

En el 2018 la mayor concentración al norte pudo deberse a las colonias que se encuentran en las islas Lobos de Tierra y Lobos de Afuera, las que históricamente han sido referidas como las de mayor concentración de estas aves (VOGT, 1942; ZAVALAGA *et al.*, 2011). La concentración al centro podría estar relacionada con las islas Chincha que ha albergado grandes colonias de esta especie (VOGT, 1942).

En el 2019 la mayor concentración de individuos estuvo alrededor de 7°S, donde se encuentra la isla Macabí; sin embargo, esta isla no es muy grande para albergar colonias numerosas de pelícanos (Agrorural, com. pers.), pero es posible que la agregación corresponda a las islas Guañape norte y sur en las que sí se presentan de manera regular colonias reproductivas de esta especie. Al sur la concentración de individuos podría ser reflejo de las colonias que habitan en Punta Coles, en la que también se lleva a cabo su reproducción de manera regular (SERNANP, 2016) (Fig. 10).

Peruvian pelican, *Pelecanus thagus*

This species was also observed along the Peruvian coast, with aggregations in the north (3°S and 8°S), center (9°S and 13°S), and south (16°S and 18°S).

In spring 2018, they were found concentrated in three areas: Punta Sal - Punta Chao with higher aggregation in Punta La Negra, Casma - Pisco with higher aggregation in Callao, and between Punta Infiernillos - Morro Sama with higher aggregation in Atico. In spring 2019, we found concentrations in the same areas with aggregation points in Pacasmayo, Cerro Azul, and Quilca (Fig. 9).

In 2018, the higher concentration to the north could be due to the colonies found on Lobos de Tierra and Lobos de Afuera islands, which historically have been referred to as those with the highest concentration of these birds (VOGT, 1942; ZAVALAGA *et al.*, 2011). The concentration in the center could be related to the Chincha islands, which have harbored large colonies of this species (VOGT, 1942).

In 2019, the highest concentration of individuals was around 7°S, where Macabí Island is located; however, this island is not very large to host large colonies of pelicans (Agrorural, pers. comm.), but the aggregation may correspond to the northern and southern Guañape Islands where reproductive colonies of this species do occur regularly. To the south, the concentration of individuals could be a reflection of the colonies inhabiting Punta Coles, where mating also takes place regularly (SERNANP, 2016) (Fig. 10).

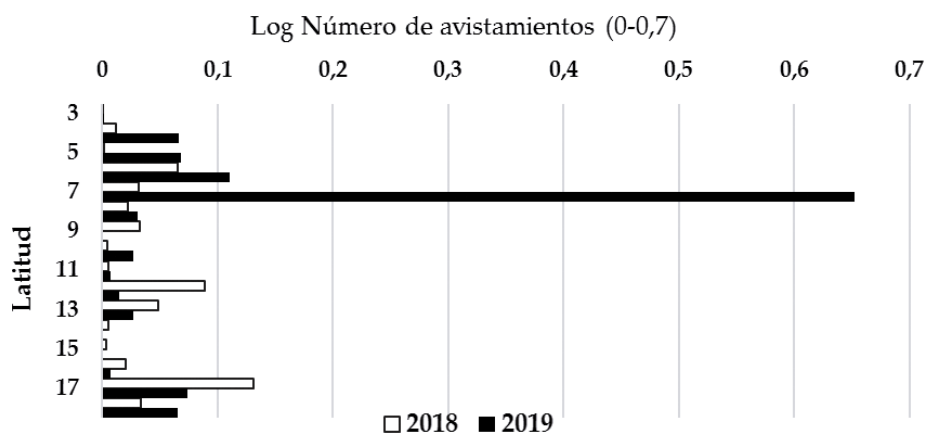


Figura 9.-Distribución del pelicano peruano durante la primavera de 2018 y 2019

Figure 9. Distribution of the Peruvian pelican in spring 2018 and 2019

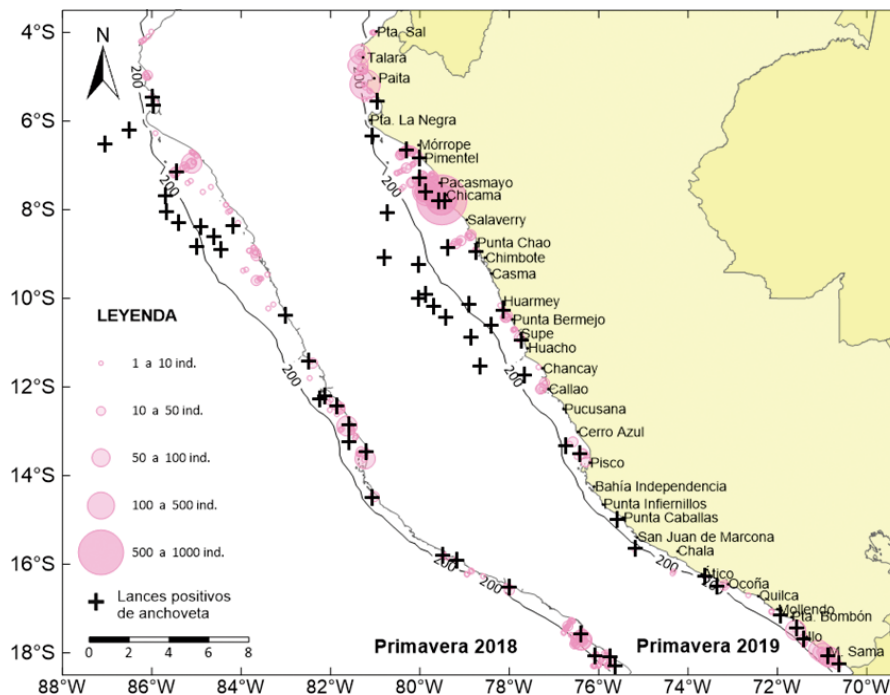


Figura 10.- Distribución del pelicano peruano y los lances positivos de anchoveta en las horas de avistamiento. Primavera 2018 y 2019

Figure 10. Distribution of Peruvian pelican and positive anchoveta sets at sighting times. Spring 2018 and 2019

Casi la totalidad de los registros de pelícanos se dieron dentro de la plataforma continental. El 2018 solo a la altura de Morro Sama se tuvieron registros fuera de la plataforma, mientras que en el 2019 fue frente a Atico. Los núcleos de gran concentración (500-1000 individuos) se presentaron frente a Chicama solo en el 2019, y de mediana concentración frente a Paita y Chicama y el resto de registros fueron de núcleos de menor concentración (>100 individuos) en el 2019 y en la totalidad del 2018 (Fig. 10). Su distribución dentro de la plataforma y de las primeras millas de costa tiene que ver, entre otras cosas, con su poca dispersión durante el periodo reproductivo que se lleva a cabo durante la primavera de cada año.

Si bien, el periodo de reproducción no está claramente determinado para esta especie, existen evidencias sobre su reproducción en isla Lobos de Tierra, en donde se observaron pichones de 0 a 4 semanas de edad en febrero y marzo del año 2011 (FIGUEROA y STUCCHI, 2012); en las islas Lobos de Afuera se observó que esta especie se encontraba en cortejo, cópula e incubación de nidos en noviembre (FIGUEROA y STUCCHI, 2008) y en isla Foca en la que se encontraron nidos con huevos en febrero de 2011 (FIGUEROA y STUCCHI, 2012) que nos lleva a deducir que su periodo reproductivo se llevaría a cabo entre septiembre y febrero, meses dentro de los cuales se encontró.

Almost all of the pelican records were inside the shelf break. In 2018, the only records outside the shelf break were off Morro Sama, while in 2019, they were off Atico. High concentration nuclei (500-1000 individuals) occurred off Chicama only in 2019, those of medium concentration were off Paita and Chicama, and the remaining records were of lower concentration nuclei (>100 individuals) in 2019 and the whole of 2018 (Fig. 10). Its distribution within the shelf break and the first miles of the coast is due, among other things, to its low dispersion during the reproductive period, which takes place during the spring of each year.

Although the reproductive period is not determined for this species, there is evidence of mating on Lobos de Tierra Island, where chicks from 0 to 4 weeks of age were observed in February and March 2011 (FIGUEROA & STUCCHI, 2012). In Lobos de Afuera islands, it was observed that this species was in courtship, copulation, and incubation of nests in November (FIGUEROA & STUCCHI, 2008) and in Foca island, where nests with eggs were found in February 2011 (FIGUEROA & STUCCHI, 2012) which leads us to deduce that its reproductive period would take place between September and February, months in which the nests were found.

ZAVALAGA *et al.* (2011) estudiaron con geolocalizadores a 12 individuos, reportando ejemplares en busca de alimento que no superaron las 44 mn (81,4 km) desde la isla Lobos de Tierra (a 19 km de la costa) con una media $23,9 \pm 9,8$ mn. En nuestro caso la media de los individuos que fueron avistados estuvo a $8,6 \pm 7,8$ mn para el 2018 y $10,2 \pm 8,7$ mn para el 2019.

Al igual que en las otras dos especies evaluadas la estructura morfológica y la estrategia de alimentación del pelícano también influye en su distribución. La familia Pelecanidae contiene a algunas de las aves voladoras más pesadas (4-13 kg) que existen (SCHREIBER & BURGER, 2001), restringiendo su movilidad, de manera que por su poca dispersión natural y por motivo de la reproducción, el avistamiento durante los cruceros podría reflejar mejor los picos de intensidad poblacional que se registran en las islas (Fig. 14).

A su estructura natural hay que sumarle su gran tamaño y la presencia de un epitelio globoso en su cuerpo que le impide sumergirse a grandes profundidades para capturar sus presas. Esto hace que solo pueda alimentarse de presas pelágicas muy someras como la anchoveta y otras. Si bien no existen estudios detallados de la dieta de esta ave, la anchoveta sería una de sus presas; algunos investigadores han registrado ocasionalmente regurgitos compuestos totalmente por anchoveta en isla Lobos de Tierra (FIGUEROA y STUCCHI, 2012) y en Punta Coles (Delia Vega com. pers.) durante su etapa reproductiva.

Además, los avistamientos entre Punta Sal y Pisco durante las dos primaveras que se evaluaron se corresponden con la zona de mayor cantidad de lances positivos para anchoveta como sucedió con el guanay y piquero. Los registros costeros de anchoveta desde Huarmey hasta Morro Sama en la primavera de 2018 y desde Cerro Azul hasta Morro Sama el 2019 coinciden con los avistamientos de pelícanos en la zona cercana a costa (Fig. 7); los más lejanos fueron registrados en la zona norte el 2019, llegando en algunos casos hasta el borde de la plataforma continental a la altura de Pacasmayo, en esa zona la anchoveta fue detectada lejos de costa (Fig. 5). Una de las razones por la que en el ENCH la especie se distribuiría en la zona costera es porque se encuentran mayores agregaciones de anchoveta. Su permanencia en determinado punto depende del recurso alimenticio cerca de sus colonias reproductivas, por lo que la escasez de determinada presa podría afectar la permanencia de la población en un punto geográfico (NELSON, 2005).

Se encontró pelícanos en puntos que se correspondieron con registros de anchoveta adulta y juvenil en las dos evaluaciones. Los puntos más alejados de costa fueron áreas con mayor registro de anchoveta adulta (Fig. 11).

ZAVALAGA *et al.* (2011) studied 12 individuals with geolocators, reporting foraging individuals that did not exceed 44 nm (81.4 km) from Lobos de Tierra Island (19 km offshore) with a mean of 23.9 ± 9.8 nm. In our case, the mean number of individuals sighted was 8.6 ± 7.8 nm for 2018 and 10.2 ± 8.7 nm for 2019.

As with the other two species evaluated, the pelican's morphological structure and feeding strategy also influence its distribution. The family Pelecanidae contains some of the heaviest (4-13 kg) flying birds in existence (SCHREIBER & BURGER, 2001), which restricts their mobility, so that because of their low natural dispersal and reproductive motives, sightings during cruises may better reflect the peaks in population intensity that occur on the islands (Fig. 14).

In addition to its natural structure, its large size and the presence of a globular epithelium in its body prevent it from diving to great depths to capture its prey. This means that it can only feed on very shallow pelagic prey such as anchoveta and others. Although there are no detailed studies on this bird's diet, anchoveta would be one of its prey. Some researchers have occasionally recorded regurgitates composed entirely of anchoveta on Isla Lobos de Tierra (FIGUEROA & STUCCHI, 2012) and at Punta Coles (Delia Vega pers. comm.) during its reproductive stage.

Furthermore, the sightings between Punta Sal and Pisco during the cruises correspond to the area with the highest number of positive sets for anchoveta as was the case for guanay cormorant and Peruvian booby. The coastal records of anchoveta, from Huarmey to Morro Sama in spring 2018 and from Cerro Azul to Morro Sama in 2019, coincide with pelican sightings in the nearshore area (Fig. 7). The most distant were recorded in the northern area in 2019, in some cases reaching the edge of the shelf break at Pacasmayo, where anchoveta was detected far from the coast (Fig. 5). One of the reasons why in the NHCE the species would be distributed in the coastal zone is because larger aggregations of anchoveta are found. Their permanence at a certain point depends on the food resource near their reproductive colonies, so the scarcity of certain prey could affect the permanence of the population in a geographical point (NELSON, 2005).

We found pelicans at points that corresponded with adult and juvenile anchoveta records in the two assessments. The points farther from the coast

El estado de conservación del pelicano en la evaluación global de la lista roja de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN) (BIRDLIFE, 2018) es de Casi Amenazado (NT); sin embargo, en Perú la situación poblacional de esta especie viene siendo de preocupación. Las colonias reproductivas se han reducido notoriamente en número como las colonias de la isla Lobos de Tierra (FIGUEROA y STUCCHI, 2012) uno de sus sitios de reproducción más importantes.

Su dependencia a consumir presas someras la pone en una situación que debe ser considerada, debido a la constante variabilidad ambiental oceanográfica que en algunas oportunidades hace que se profundice la zona mínima de oxígeno generando la profundización de su alimento, haciéndolas poco accesibles (CURSACH *et al.*, 2019), a esto hay que sumarle la presión de la actividad pesquera compitiendo por la anchoveta (BARBRAUD *et al.*, 2018).

Esta vulnerabilidad también se presenta en sus sitios de reproducción, VOGT (1942) relata la alta sensibilidad a la perturbación que tienen en sus colonias, *haciendo para él mismo difícil la investigación de esta especie, ya que se mostraban huidizos frente a la imagen de personas o ruidos huyendo despavoridos botando huevos, pisando pichones*, este factor debe ser considerado también debido a que algunos de sus islas de reproducción han sido abiertas al turismo, o están próximos a ser abiertos sin la debida planificación.

were areas with higher adult anchoveta records (Fig. 11).

The conservation status of the pelican in the global assessment of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List (BIRDLIFE, 2018) is Near Threatened (NT). However, in Peru, the population status of this species has been of concern. Reproductive colonies have been notoriously reduced in number, such as the colonies on Lobos de Tierra Island (FIGUEROA & STUCCHI, 2012), one of its most important mating sites.

Its dependence on consuming shallow prey puts it in a situation that must be considered, given the constant oceanographic environmental variability that on some occasions causes the minimum oxygen zone to deepen, thus generating the deepening of its food, making them inaccessible (CURSACH *et al.*, 2019). Also, there is the pressure of fishing activity competing for anchoveta (BARBRAUD *et al.*, 2018).

This vulnerability is also present in their mating sites. VOGT (1942) reports the high sensitivity to a disturbance that they have in their colonies, *making it difficult for him to investigate this species, as they were flighty in front of the image of people or noises, fleeing in panic, dropping eggs, stepping on chicks*. We should also consider this because some of their mating islands have been opened to tourism, or are about to be opened without proper planning.

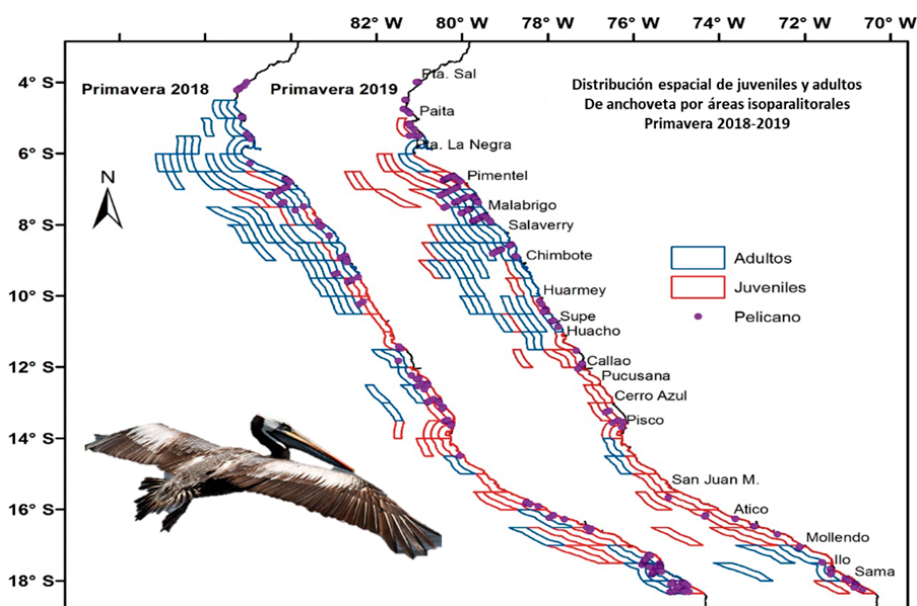


Figura 11.- Distribución del pelicano peruano respecto a la presencia de adultos y juveniles de anchoveta. Primavera 2018 y 2019

Figure 11. Distribution of the Peruvian pelican with respect to the presence of adult and juvenile anchoveta. Spring 2018 and 2019

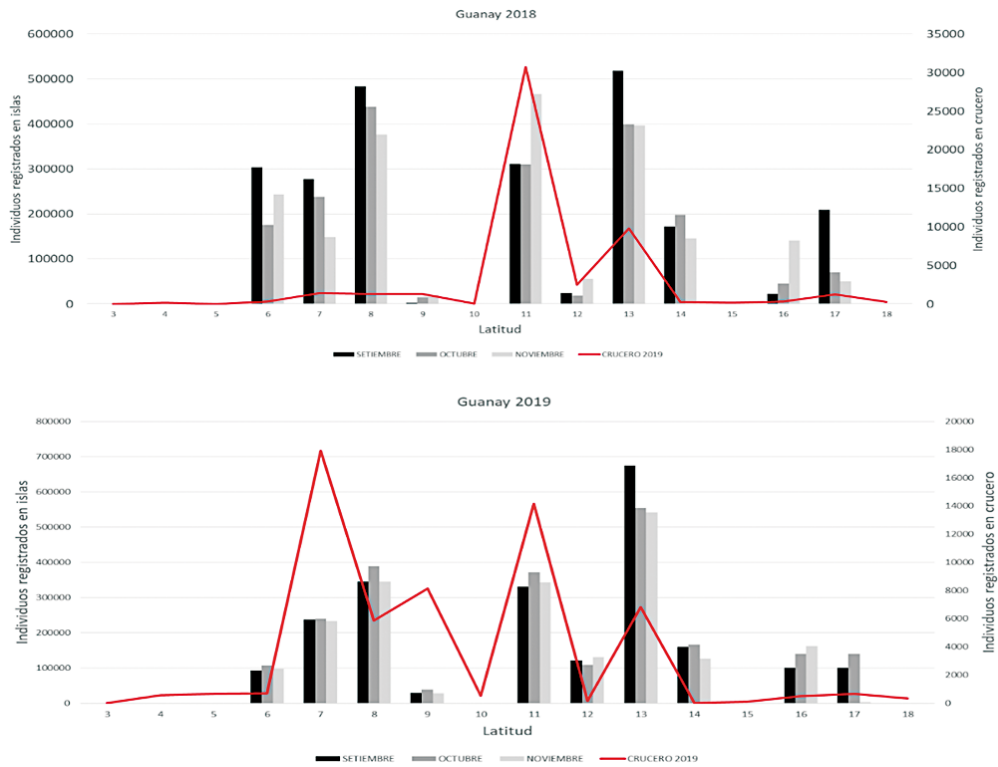


Figura 12.- Censos poblacionales de guanay en islas reproductivas agrupados por latitud realizados por AGRORURAL. Datos de cruceros (barras) y abundancias de guanay registradas durante la primavera de 2018 y 2019 (línea roja)

Figure 12. Guanay population censuses on reproductive islands clustered by latitude conducted by AGRORURAL. Cruise data (bars) and guanay abundances recorded during spring 2018 and 2019 (red line)

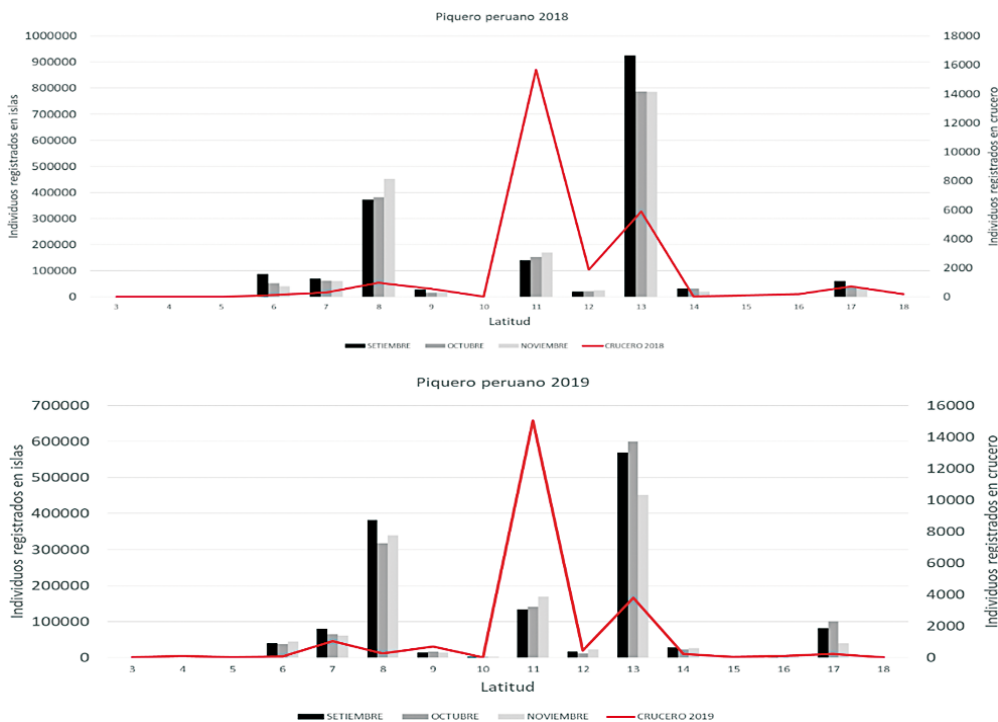


Figura 13.- Censos poblacionales de piquero peruano en las islas reproductivas agrupados por latitud realizados por AGRORURAL. Datos de cruceros (barras) y abundancias de piquero peruano registradas durante la primavera de 2018 y 2019 (línea roja)

Figure 13. Peruvian booby population censuses on reproductive islands clustered by latitude conducted by AGRORURAL. Cruise data (bars) and Peruvian booby abundances recorded during spring 2018 and 2019 (red line)

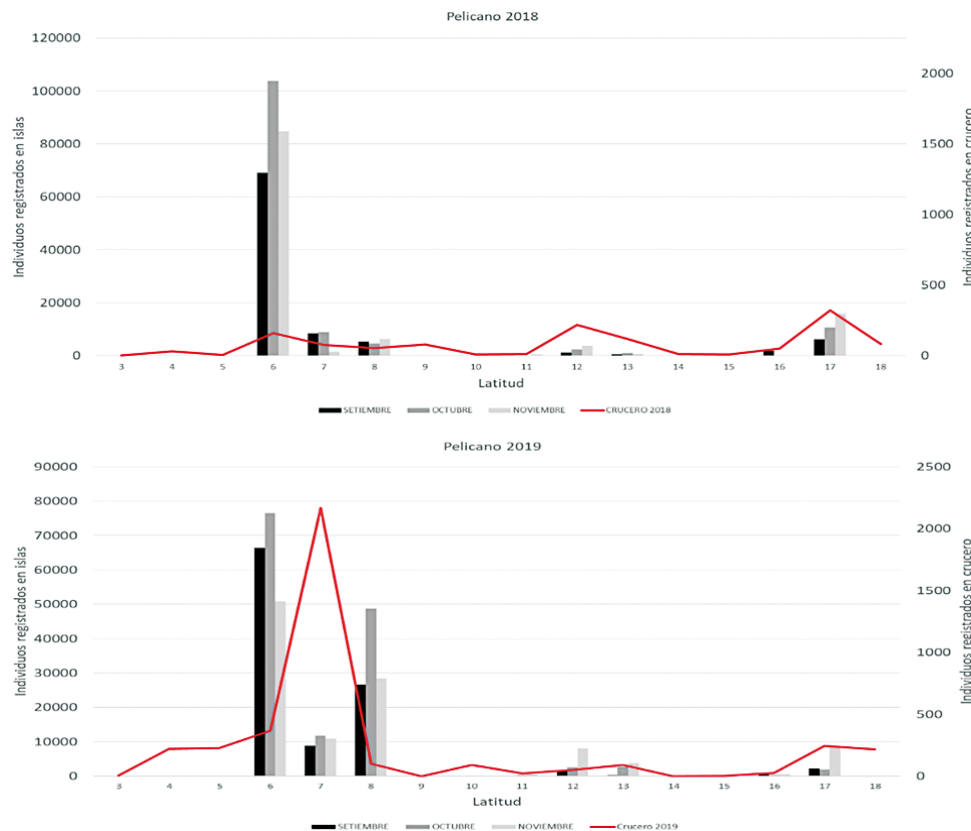


Figura 14.- Censos poblacionales de pelicano peruano en las islas reproductivas agrupados por latitud realizados por AGRORURAL. Datos de cruceros (barras) y abundancias de pelicano peruano registradas durante la primavera de 2018 y 2019 (línea roja)

Figure 14. Peruvian pelican population censuses on reproductive islands clustered by latitude conducted by AGRORURAL. Cruise data (bars) and Peruvian pelican abundances recorded during spring 2018 and 2019 (red line)

Vemos que en el área en la que el guanay y el piquero presentaron sus mayores concentraciones coincidió con el área en donde se presenta el llamado stock norte-centro de la anchoveta, el cual se distribuye desde 4°30'S hasta 16°00'S (CHIRICHIGNO y VÉLEZ 1998), que es donde este recurso presenta su mayor concentración (ÑIQUEN *et al.*, 2000). La mayor oferta trófica permitiría sostener las poblaciones en las islas que albergan las colonias más abundantes de cada una de ellas, siendo las más representativas Macabí, Guañape y Chincha para el guanay; islas Guañape y Chincha para el piquero peruano, y las islas Lobos de Tierra y Lobos de Afuera para el pelicano peruano (AGRORURAL 2018, 2019).

Esta mayor oferta trófica en la zona norte, también se ve reflejada en la mayor cantidad de lances positivos de anchoveta (25 lances en el 2018 y 30 en el 2019) que se tuvieron al norte de 16°S durante las horas de avistamiento en comparación con los presentados al sur (4 lances tanto en el 2018 como en el 2019). Teniendo un estimado de biomasa en la zona norte de 8,34 millones en el 2019 lo cual nos indica mayor

We see that the area where guanay cormorant and Peruvian booby had their highest concentrations coincided with the area where the so-called north-central stock of anchoveta occurs, which is distributed from 4°30'S to 16°00'S (CHIRICHIGNO & VÉLEZ 1998), where this resource has its highest concentration (ÑIQUEN *et al.*, 2000). The greater trophic supply would allow sustaining the populations on the islands that host the most abundant colonies of each of them, the most representative being Macabí, Guañape, and Chincha for the guanay cormorant; Guañape and Chincha islands for the Peruvian booby, and Lobos de Tierra and Lobos de Afuera islands for the Peruvian pelican (AGRORURAL 2018, 2019).

This greater trophic supply in the northern zone is also reflected in the greater number of positive anchoveta sets (25 sets in 2018 and 30 in 2019) that were made north of 16°S during the hours of the sighting as compared to those presented to the south (4 sets in both 2018 and 2019). In 2019, the estimated biomass was 8.34 million in the northern

concentración del recurso, esto estaría favorecido por la presencia de condiciones frías. Desde muchos años atrás, esta zona ha sido en la que se ha encontrado la mayor biomasa de este recurso en el país (PAULY & TSUKAYAMA, 1997).

El importante soporte alimenticio que da la anchoveta es evidenciado en los resultados de los análisis de dieta de estas especies. En los análisis de bolos alimenticios de guanay la anchoveta se observa como la principal presa, presentándose en mayor proporción que el resto (40%) y, de la misma manera, en los vómitos de piquero peruano esta misma especie representa más del 70% de su dieta (JAHNCKE *et al.*, 1997; JAHNCKE y GOYA, 1998)

Distribución y su relación con las condiciones oceanográficas

En el 2018 setiembre, octubre y noviembre fueron meses neutros respecto al índice costero El Niño (ICEN) (septiembre= -0,485218, octubre= -0,146258, noviembre = -0,0780976). Durante ese año se observó que las aguas costeras frías (ACF) estuvieron replegadas a la costa, desde 5°S hasta 7°S se presentan algunas extensiones de estas masas de agua hacia la zona oceánica a manera de filamentos. Las aguas superficiales ecuatoriales se encontraron de 4°S hacia el norte.

En el 2019, setiembre fue considerado Niña débil (ICEN= -1 25391), octubre Niña moderada (ICEN= -1,43292) y noviembre como neutro (ICEN= -0,740086). Se observó que desde 8°S hasta 13°S las ACF estuvieron replegadas a costa y, en el sur se pudo observar una expansión de éstas hasta por fuera de la plataforma continental, situación que también sucedió entre 4°S y 7°S. Se observó, sobre todo, en la zona norte extensiones de las ACF hacia la zona oceánica (Fig. 15).

Guanay

Se observó que su distribución estuvo restringida a zonas costeras donde se presentaron ACF y aguas de mezcla entre las ACF y las ASS. La anchoveta tiene como hábitat el ámbito de distribución las ACF y las aguas de mezcla entre las ACF y ASS (SWARTZMAN *et al.*, 2008) por ello estaría relacionada a la presencia de estas dos masas de agua. Durante el 2018, en los meses en que se realizó la evaluación, se presentaron valores del ICEN correspondientes a condiciones frías (setiembre -0,11; octubre 0,23 y noviembre 0,58) relacionadas con el hábitat de la anchoveta. Se observó que las ACF se encontraron replegadas a la costa, pero al mismo tiempo presentaron extensiones más allá de la plataforma continental hacia la zona oceánica, esto representaría

zone, which indicates a higher concentration of the resource, this would be favored by the presence of cold conditions. Since many years ago, this area has been the one where the highest biomass of this resource has been found in the country (PAULY & TSUKAYAMA, 1997).

The important food support provided by anchoveta is evidenced in the results of the diet analysis of these species. For guanay cormorant, the anchoveta is observed in the food bolus analysis as the main prey, being present in greater proportion than the rest (40%) and, in the same way, in the Peruvian booby vomit, this same species represents more than 70% of its diet (JAHNCKE *et al.*, 1997; JAHNCKE & GOYA, 1998)

Distribution and its relation to oceanographic conditions

In 2018, September, October, and November were neutral months with respect to the El Niño coastal index (ICEN) (September = -0.485218, October = -0.146258, November = -0.0780976). This year, we observed that the cold coastal waters (CCW) retreated to the coast. From 5°S to 7°S, there were some extensions of these water masses towards the oceanic zone in the form of filaments. Surface equatorial waters were found from 4°S to the north.

In 2019, September was considered as weak La Niña (ICEN= -1 25391), October as moderate La Niña (ICEN= -1.43292), and November as neutral (ICEN= -0.740086). We observed that from 8°S to 13°S, the CCW were retreating to the coast and, in the south, an expansion of these could be observed until outside the shelf break, a situation that also occurred between 4°S and 7°S. In the northern zone, the CCW were observed extending towards the oceanic zone (Fig. 15).

Guanay cormorant

We observed that its distribution was restricted to coastal areas where CCW and mixing waters (CCW + SSW) were present. These areas are the anchoveta's habitat (SWARTZMAN *et al.*, 2008) therefore its distribution would be related to the presence of these two water masses. In 2018, during the assessment period, ICEN values corresponding to cold conditions (September -0.11; October 0.23 and November 0.58), related to anchoveta's habitat, were present. It was observed that the CCW were found to have retreated to the coast, but at the same time, they presented extensions beyond the shelf break towards the oceanic zone. This would

una extensión del hábitat de la anchoveta. Es muy probable que esta sea la razón por la que a 9°S se encontraron guanayes más lejos de costa respecto al resto de avistamientos. Estas extensiones han sido reconocidas por otros autores quienes las llaman filamentos (MONTECINO & LANGE, 2009). En ellas las aves podrían tener la posibilidad de encontrar recurso alimenticio aún lejos de la costa.

represent an extension of the anchoveta's habitat. It is very likely that this is the reason why at 9°S guanay cormorant was found farther from the coast than in other sightings. These extensions have been recognized by other authors who call them filaments (MONTECINO & LANGE, 2009). In them, the birds could have the possibility of finding food resources even far from the coast.

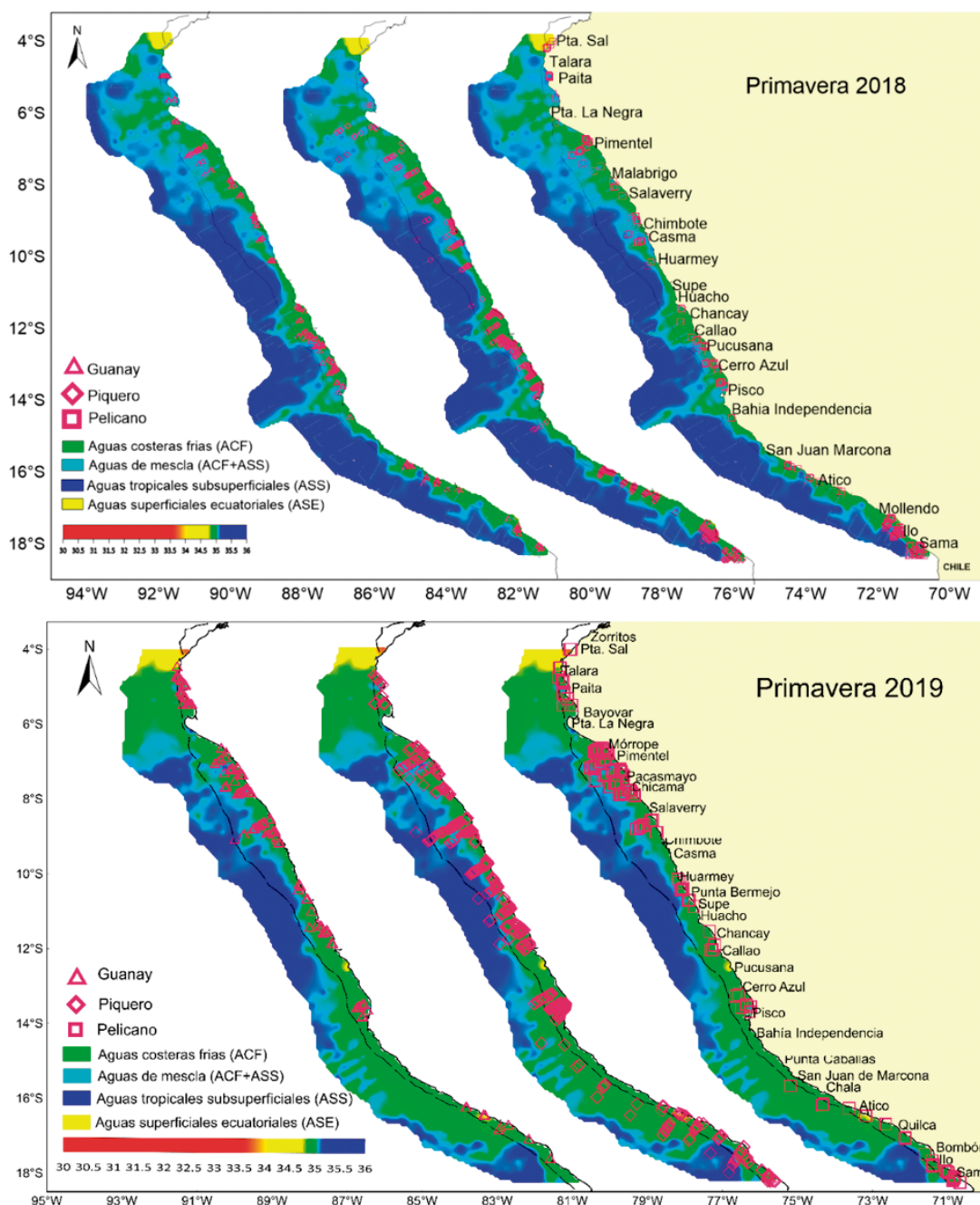


Figura 15.- Distribución del guanay, piquero peruano y pelícano peruano respecto a las masas de agua presentadas durante la primavera de 2018 (a) y 2019 (b)

Figure 15. Distribution of guanay cormorant, Peruvian booby, and Peruvian pelican with respect to water masses in spring 2018 (a) and 2019 (b)

Durante la primavera del 2019 la amplitud (9°S) de las ACF y las aguas de mezcla entre ACF y ASS permitieron que las aves guaneras tuvieran más áreas disponibles para buscar alimento que lo encontrado en la primavera del 2018. Sin embargo, la ausencia de guanayes más allá de las primeras millas a pesar de la extensión de las ACF (desde 12°30'S hasta 17°30'S), recuerda que su distribución no sólo depende de esto, sino que está sujeta a otros factores como zonas en donde se presenta con mayor disponibilidad el alimento y por ende facilidad para capturar anchoveta, lo que le permite un menor gasto de energía.

Así mismo, cabe la posibilidad que los registros más lejanos sean individuos inmaduros, que debido a que no presentan necesidad de regresar a sus colonias se alejan grandes distancias, teniendo un rango de búsqueda de alimento más amplio (HAMER *et al.*, 2001).

Piquero peruano

Los registros de esta especie se encontraron dentro del área de las ACF y aguas de mezcla entre ACF y ASS, que son hábitat de la anchoveta. Observamos que la distribución del piquero peruano parece corresponderse mejor con el área que ocupan estas masas de agua, debido a la relación que la especie tiene con la anchoveta que habita en esas masas de agua.

Esto se vio el 2018, cuando esas masas de agua se encontraron replegadas en la zona cercana a costa, y presentaron filamentos hacia la parte oceánica a la altura de Pimentel (6,3°S) y Punta La Negra (6°S), los que también permitieron la extensión de los registros de piquero peruano (Fig. 6a) en los que se tuvieron lances positivos de anchoveta (Fig. 4) y en el 2019 en la zona sur, en el que las ACF y aguas de mezcla entre ACF y ASS estuvieron extendidas, más allá de la plataforma continental (13°S hasta 17°S), pudiendo observar que se aventura a explorar zonas oceánicas en donde se han tenido algunos avistamientos.

Pelícano peruano

En la distribución de esta especie respecto a las masas de agua, encontramos que el pelícano está restringido a la zona en la que se encuentran las ACF y dentro de la plataforma continental. Durante el 2019 se observó la expansión de esas masas de agua hacia la zona oceánica, a pesar de ello los registros se mantuvieron cercanos a costa (Fig. 6). Mientras en la zona norte, durante el 2018 y 2019, sí se observa que algunos individuos extienden sus viajes de alimentación más allá de la zona costera, haciéndolo inclusive en las extensiones de las ACF.

In spring 2019, the extent (9°S) of the CCW and the mixing waters (CCW + SSW) allowed guano birds to have more areas available for foraging than what was found in spring 2018. However, the absence of guano birds beyond the first few miles despite the extent of the CCW (from 12°30'S to 17°30'S), recalls that their distribution not only depends on this but is subject to other factors such as areas where food is more available and therefore easier to catch anchoveta, which allows lower energy.

It is also possible that the most distant records are immature individuals that since they do not need to return to their colonies, move great distances away, having a wider foraging range (HAMER *et al.*, 2001).

Peruvian booby

We found records of this species within the area of the CCW and mixing waters (CCW + SSW), which are the anchoveta's habitat. We note that the distribution of the Peruvian booby seems to correspond better to the area occupied by these water masses, given the relationship that the species has with the anchoveta inhabiting these water masses.

This was seen in 2018, when these water masses were found to be withdrawn in the nearshore zone, and showed filaments towards the oceanic part off Pimentel (6.3°S) and Punta La Negra (6°S), which also allowed the extension of Peruvian booby records (Fig. 6a) in which there were positive anchoveta sets (Fig. 4) and in 2019 in the southern area, in which the CCW and the mixing waters (CCW + SSW) were extended, beyond the shelf break (13°S to 17°S), and we can observe that they venture to explore oceanic areas where there have been some sightings of anchoveta.

Peruvian pelican

We found that the pelican is restricted to the area where the CCW are located and within the shelf break. In 2019, we observed the expansion of these water masses towards the oceanic zone, despite this, the records remained nearshore (Fig. 6). While in the northern zone, during 2018 and 2019, we observed that some individuals extend their foraging trips beyond the coastal zone, doing so even in the extensions of the CCW.

4. CONCLUSIONES

Las tres especies de aves guaneras durante la primavera de 2018 y 2019, se distribuyeron en toda la costa de Perú y su presencia en ese periodo del año dependió de la existencia de anchoveta.

El guanay por sus características biológicas de movilidad puede ser indicador de cardúmenes cercanos a costa; mientras que el piquero, con la posibilidad de emprender grandes viajes, puede mostrar una idea de la extensión longitudinal en la que puede estar la anchoveta y de manera indirecta la extensión de las ACF y ACF y ASS. El pelícano también puede indicar poblaciones costeras de anchoveta, pero con menor precisión que el guanay.

La distribución de las tres especies está fuertemente influenciada por el área que ocupan las ACF y las aguas de mezcla de las ACF y ASS debido a que son hábitat de la anchoveta.

El conocimiento de la dinámica de distribución de los depredadores superiores, indica lo que sucede en el medio debido a la capacidad integradora de los cambios que ocurren en los ecosistemas, en este caso por la distribución de anchoveta y las condiciones oceanográficas del medio.

Agradecimientos

Se agradece a Elisa Goya que dio la oportunidad de conocer a las aves guaneras a través de los trabajos de dieta que realiza el Instituto, los que han sido la primera ventana al gran universo de las aves marinas que tanto anhelé conocer. A todos los guardaislas de AGRORURAL en especial a Melchor Llica, Mario Cano, Ever Flores, Miguel Murrieta, Jesús Montañez, Moisés Tomairo, Antonio Álvarez, Anselmo Melo, Tomas Campos y al Sr. Ibarra que durante las salidas de campo a islas y puntas siempre fueron mis maestros y a los que también debo lo que hasta el momento sé acerca de este grupo. Debo decir que sin el cuidadoso y esmerado trabajo que hacen de las poblaciones de estas aves en sus sitios de descanso y reproducción tal vez estas podrían haberse visto más afectadas por las actividades antrópicas a las que se enfrentan. También, al Sr. Pedro Carraza de Malabrigo y al Sr. Luis de Ancón que me condujeron con seguridad a las islas y que han partido a realizar un viaje eterno durante esta pandemia, gracias por cuidarnos en cada viaje.

4. CONCLUSIONS

In spring 2018 and 2019, the three species of guano birds were distributed along the entire Peruvian coast, and their presence during that season depended on the existence of anchoveta.

The guanay cormorant, due to its biological characteristics of mobility, can be an indicator of shoals nearshore; while the Peruvian booby, with the possibility of undertaking long trips, can give an idea of the longitudinal extent of the anchoveta and, indirectly, the extent of the CCW and mixing waters (CCW + SSW). The pelican can also indicate coastal populations of anchoveta, but with less precision than the guanay cormorant.

The distribution of the three species is strongly influenced by the area occupied by the CCW and the mixing waters (CCW + SSW) because they are anchoveta's habitat.

The knowledge of the distribution dynamics of top predators indicates what happens in the environment due to the integrative capacity of the changes that occur in the ecosystems, in this case by the anchoveta's distribution and the oceanographic conditions of the environment.

Acknowledgments

We would like to thank Elisa Goya for allowing us to get to know guano birds through the diet work done by the Institute, they have been the first window to the great universe of seabirds that I have longed to know so much. To all of the AGRORURAL's bird keepers, especially Melchor Llica, Mario Cano, Ever Flores, Miguel Murrieta, Jesús Montañez, Moisés Tomairo, Antonio Álvarez, Anselmo Melo, Tomas Campos, and Mr. Ibarra, who during field trips to islands and points were always my teachers and to whom I also owe what I know so far about this group. I must say that without the careful and painstaking work they do on the populations of these birds in their resting and mating sites, perhaps they could have been more affected by the anthropogenic activities they face. Also, to Mr. Pedro Carraza of Malabrigo and Mr. Luis of Ancon who drove me safely to the islands and who have left for an eternal journey during this pandemic, thank you for taking care of us on every trip.

REFERENCIAS / REFERENCES

- AGRORURAL. 2018. Reporte Mensual de Conservación en Islas y Puntas Guaneras [online]. Año 1, N° 4, noviembre de 2018. <https://www.agrorural.gob.pe/consulta-de-compra-de-guano-de-la-isla/>
- AGRORURAL. 2019. Reporte Mensual de Conservación en Islas y Puntas Guaneras [online]. Año 1, N° 4 noviembre de 2019. <https://www.agrorural.gob.pe/consulta-de-compra-de-guano-de-la-isla/>
- BALLANCE L T. 2007. Understanding seabirds at sea: why and how? *Marine Ornithology*. 35: 127-135.
- BAKUN A, WEEKS S J. 2008. The marine ecosystem off Peru: what are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold?. *Progress in Oceanography*. 79(2-4): 290-299.
- BARBRAUD C, BERTRAND A, BOUCHÓN M, CHAIGNEAU A, DELORD K, DEMARCO H, PASSUNI G. 2018. Density dependence, prey accessibility and prey depletion by fisheries drive Peruvian seabird population dynamics. *Ecography*. 41(7): 1092-1102.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2018. *Pelecanus thagus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22697619A132596827. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22697619A132596827.en>. Descargado: 2 December 2020.
- CALIENES R, GUILLÉN O, LOSTAUNAU N. 1985. Variabilidad espacio-temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Peru*. 10(1): 1-44.
- CHAVEZ F P, MESSIÉ M. 2009. A comparison of eastern boundary upwelling ecosystems. *Progress in Oceanography*. 83(1-4): 80-96.
- CHIRICHIGNO N, VÉLEZ J. 1998. Clave para identificar los peces los peces marinos del Perú (2da edición, revisada y actualizada). Publicación Especial Inst Mar Perú. 496 pp.
- CHIRICHIGNO N, CORNEJO R. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Publicación Especial Inf Inst Mar Perú. 314 pp.
- CAIRNS D K. 1992. Population regulation of seabird colonies. In *Current ornithology*. Springer, Boston, MA. pp. 37-61.
- CHAVEZ F P, MESSIÉ M. 2009. A comparison of eastern boundary upwelling ecosystems. *Progress in Oceanography*. 83(1-4): 80-96.
- CURSACH J A, ARRIAGADA A, RAU J R, OJEDA J, BIZAMA G, BECERRA A. 2019. Predicting the potential distribution of the endemic seabird *Pelecanus thagus* in the Humboldt Current Large Marine Ecosystem under different climate change scenarios. *PeerJ*. 7. e7642.
- ESPIÑOZA P, BERTRAND A. 2008. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. *Progress in Oceanography*. 79(2-4): 215-227.
- FIGUEROA J, STUCCHI M. 2008. Las aves de las islas Lobos de Afuera (Perú) en la primavera de 2004. *Ornitología Neotropical*. 19: 377-390.
- FIGUEROA J, STUCCHI M. 2012. Isla Foca (Perú): registros de reproducción más septentrionales del pelicano (*Pelecanus thagus*) y del pilpilén negro (*Haematopus ater*). *Boletín chileno de Ornitología*. 18(1-2): 35-43.
- FUENTES H. 1969. Las poblaciones de aves guaneras después de 1965. *Inf Esp Inst Mar Perú*. N° 54: 15.
- FURNESS R W, MONAGAN. 1987. *Seabird ecology*. Springer Science & Business Media. Tertiary Level Biology, book series (TLB). Blackie. Chapman & Hall, New York. USA. 164 pp.
- HAMER K C, SCHREIBER E A, BURGER J. 2001. Breeding biology, life histories, and life history-environment interactions in seabirds. *Biology of marine birds*. 217-261 pp.
- JAHNCKE J, GOYA E. 1997. Variación latitudinal y estacional en la dieta del Guanay (*Leucocarbo bougainvillii*) y el Piquero peruano (*Sula variegata*) en la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*. 16(1): 23-41.
- JAHNCKE J, GOYA E. 1998. Las dietas del Guanay y del Piquero peruano como indicadores de la abundancia y distribución de anchoveta. *Bol Inst Mar Perú*. 17(1-2): 15-33.
- JAHNCKE J, PAZ-SOLDÁN, L. 1998. La biología reproductiva de las aves guaneras y sus relaciones con la disponibilidad de anchoveta. *Bol Inst Mar Perú*. 17(1-2): 55-66.
- JAHNCKE J, GOYA E. 2000. Responses of three booby species to El Niño 1997-1998. *Waterbirds*. 102-108 pp.
- JAHNCKE J, GARCÍA-GODOS A, GOYA E. 1997 a. Dieta del guanay *Leucocarbo bougainvillii*, del piquero peruano *Sula variegata* y otras aves de la costa peruana, abril y mayo de 1997. *Inf Inst Mar Perú*. 126: 75-86.
- JAHNCKE J, GARCÍA-GODOS A, GOYA E. 1997 b. La dieta del guanay *Leucocarbo bougainvillii* y el piquero peruano *Sula variegata* en la costa peruana durante agosto de 1997. *Inf Prog Inst Mar Perú*. 72: 25-37.
- JORDÁN R, FUENTES H. 1964. Resultados de los censos gráficos de aves guaneras efectuados durante el ciclo reproductivo 1962-1963. *Inf Invest. Rec. Mar*. 22: 15.
- KREBS C J. 1985. *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia* (No. 574.5 K92e). México, MX: Edit. Harla. 754 pp.
- MONTECINO V, LANGE C B. 2009. The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Progress in Oceanography*. 83(1-4): 65-79.
- MORÓN O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*. 19: 179-204.
- MURPHY R C. 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. 2: 641-1245.
- NELSON B. 2005. *Pelicans, cormorants, and their relatives*. Oxford University Press.
- NEWTON I. 1980. The role of food in limiting bird numbers. *Ardea*. 55(1-2): 11-30.
- ÑIQUEN M, ESPINO M, BOUCHON M. 2000. Análisis de la población de anchoveta peruana durante el período 1961 – 1999. *Bol Inst Mar Perú*. 19(1-2): 103 – 107.
- PASSUNI G, BARBRAUD C, CHAIGNEAU A, DEMARCO H, LEDESMA J, BERTRAND A, TORRES-MAITA J. 2016. Seasonality in marine ecosystems: Peruvian seabirds, anchovy, and oceanographic conditions. *Ecology*. 97(1): 182-193.
- PAULY D, TSUKAYAMA I (Eds.). 1987. *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*. ICLARM Studies and Reviews 15, Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn,

- Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 351 pp.
- PENNINGTON J T, MAHONEY K L, KUWAHARA V S, KOLBER D D, CALIENES R, CHAVEZ F P. 2006. Primary production in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in oceanography*. 69(2-4): 285-317.
- SCHREIBER E A, BURGER J. (Eds.). 2001. *Biology of marine birds*. Marine Biology Series. CRC press. 740 pp.
- SERNANP. 2016. Línea Base Biológica Terrestre y Marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta Coles (Moquegua). Edition: Primera. Publisher: Profonampe, Sernanp. pp. 13-113.
- SIMMONDS J, MACLEANNAN D. 2005. *Fisheries Acoustics. Theory and Practice*. Second edition published by Blackwell Science 2005. 436 pp.
- SPEAR L B, AINLEY D G. 1997. Flight behaviour of seabirds in relation to wind direction and wing morphology. *Ibis*. 139: 221-233.
- SWARTZMAN G, BERTRAND A, GUTIÉRREZ M, BERTRAND S, VASQUEZ L. 2008. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Progress in Oceanography*. 79(2-4): 228-237.
- TASKER M L, JONES P H, DIXON T I M, BLAKE B F. 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.
- VOGT W. 1942. Informe sobre las aves guaneras por el ornitólogo americano Senor William Vogt. *Boletín de la Compañía Administradora del Guano*. 18: 3-3.
- WYRTKI K. 1967. Equatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. & Limnol.* 1(2): 117-147.
- ZAVALAGA C B, HALLS J N, MORI G P, TAYLOR S A, DELL'OMO G. 2010. At-sea movement patterns and diving behavior of Peruvian boobies *Sula variegata* in northern Peru. *Marine Ecology Progress Series*. 404: 259-274.
- ZAVALAGA C B, DELL'OMO G, BECCIU P, YODA K. 2011. Patterns of GPS tracks suggest nocturnal foraging by incubating Peruvian pelicans (*Pelecanus thagus*). *PloS one*, 6(5), e19966.
- ZUTA S, GUILLÉN O. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 2(5): 157-324.