

DEPREDADORES TOPE EN LA PESQUERÍA INDUSTRIAL DE ANCHOVETA ENTRE LOS AÑOS 2015 Y 2019

TOP PREDATORS IN THE INDUSTRIAL ANCHOVETA FISHERIES (2015 – 2019)

Sofía Rivadeneira-Villafuerte¹

Gersson Román-Amancio

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i1.360>

RESUMEN

RIVADENEIRA-VILLAFUERTE, S., ROMÁN-AMANCIO, G. (2022). *Depredadores tope en la pesquería industrial de anchoveta entre los años 2015 y 2019*. *Bol Inst Mar Perú*. 37(1): 91-112.- Las interacciones entre los depredadores tope y las pesquerías suponen una problemática global que tiene impacto sobre diversas poblaciones de especies de interés ecológico. El Programa Bitácoras de Pesca del Instituto del Mar del Perú aporta información sobre estas interacciones mediante la observación directa de los lances de pesca de las embarcaciones industriales de anchoveta. Entre los años 2015 y 2019 se realizaron 12.778 lances de pesca de anchoveta con presencia de depredadores tope, observándose mayor existencia de aves marinas que de mamíferos marinos, y se destaca el zarcillo *Larosterna inca* (26,69% del total de los lances), pelicano *Pelecanus thagus* (24,44%), piquero peruano *Sula variegata* (22,95%) y lobo chusco *Otaria flavescens* (36,69%). La distribución de aves y mamíferos marinos a lo largo de la costa peruana estuvo asociada a la plataforma continental y a la presencia de mayores colonias en la costa norte – centro. Es importante destacar que entre los años 2015 y 2016 se registró la menor cantidad de avistamientos de depredadores tope, lo que estaría relacionado con el evento El Niño ocurrido en esos años.

PALABRAS CLAVE: interacciones, aves marinas, mamíferos marinos, El Niño

ABSTRACT

RIVADENEIRA-VILLAFUERTE, S., ROMÁN-AMANCIO, G. (2022). *Top predators in the industrial anchoveta fisheries (2015 – 2019)*. *Bol Inst Mar Perú*. 37(1): 91-112.- Interactions between top predators and fisheries pose a global problem that has an impact on different populations of ecologically important species. The IMARPE's Fishing Logbooks Program provides important information on these interactions through direct observation of the fishing lances of industrial anchovy vessels. A total of 12,778 anchoveta fishing hauls were made between 2015 and 2019 with the presence of top predators. Seabirds were the most important group in terms of number of sightings, and the presence of species such as zarcillo *Larosterna inca* (26.69% of the total hauls), pelican *Pelecanus thagus* (24.44%), Peruvian booby *Sula variegata* (22.95%) and south American sea lion *Otaria flavescens* (36.69%). The distribution of seabirds and marine mammals along the Peruvian coast was associated with the continental shelf and the presence of important colonies on the north-central coast. It is important to highlight that between the years 2015 and 2016 the fewest top predator sightings were recorded, which would be related to the El Niño event that occurred in those years.

KEYWORDS: interactions, seabirds, marine mammals, ENSO

1. INTRODUCCIÓN

El ecosistema de la Corriente de Humboldt posee el sistema de afloramiento más productivo del mundo (MONTECINO & LANGE, 2009) que se caracteriza por tener alta variabilidad y productividad biológica, gracias a condiciones físicas muy especiales, en particular, la presencia, intensidad y persistencia de los procesos de afloramiento costero y la dinámica oceánica (ZUTA y GUILLÉN, 1970; CHÁVEZ, 1989; GRACO *et al.*, 2007; BAKUN & WEEKS, 2008; ÑIQUEN *et al.*, 2000) que a su vez, está dominada por la dinámica de la anchoveta (ALHEIT & ÑIQUEN, 2004).

1. INTRODUCTION

The Humboldt Current Ecosystem (HCE) is the most productive upwelling system in the world (MONTECINO & LANGE, 2009). It is characterized by high biological variability and productivity, due to very special physical conditions, particularly the presence, intensity, and persistence of coastal upwelling processes and ocean dynamics (ZUTA & GUILLÉN, 1970; CHÁVEZ, 1989; GRACO *et al.*, 2007; BAKUN & WEEKS, 2008; ÑIQUEN *et al.*, 2000) which, in turn, is dominated by the dynamics of anchoveta (ALHEIT & ÑIQUEN, 2004).

¹ Instituto del Mar del Perú. srivadeneira@imarpe.com.pe

Además, este ecosistema es bien conocido por mantener grandes poblaciones de aves, mamíferos marinos y peces (COKER, 1920; MURPHY, 1936; BERTRAND *et al.*, 2008). Tal es así, que FIGUEROA y SUAZO (2020) indican que “*se conoce que en la costa peruana habitan más de 130 especies de aves (marinas y costeras) que dependen del mar para alimentarse y reproducirse, y cuyas poblaciones sobrepasan los cientos de miles e incluso millones de individuos (DUFFY, 1983; SCHULENBERG et al., 2010). La distribución de las aves marinas está fuertemente influenciada por la disponibilidad de alimento y las diferentes variables ambientales y en particular por las condiciones climáticas y las características fisicoquímicas de las corrientes marinas (SPEAR et al., 2003, 2005; SPEAR & AINLEY, 2008)*”. Respecto al tamaño de las poblaciones de mamíferos marinos en territorio peruano se han registrado 39 especies (ARIAS SCHREIBER, 1996). Los mamíferos marinos son organismos adaptados a vivir en el mar, mostrando grandes adaptaciones anatómicas y fisiológicas para desenvolverse en un ambiente cambiante y agreste. Para soportar las bajas temperaturas del agua, por ejemplo, logran el efecto de aislamiento con gruesas capas de grasa, cubiertos de pelos impermeables, y mecanismos fisiológicos que les permiten termoregularse (REEVES *et al.*, 2005).

A nivel mundial, los depredadores superiores tienen problemas de interacción con las pesquerías, indicando la existencia de efectos negativos de diversas actividades pesqueras sobre sus poblaciones y los ambientes de los que éstas dependen. Esto se debe a que la mayoría de las especies de depredadores superiores son vulnerables por su longevidad, reproducción tardía y bajo número de crías (BALLANCE *et al.*, 2006). La industrialización y expansión de la pesca han tenido impactos globales en la sostenibilidad de los recursos marinos, transformando la estructura y función de las tramas tróficas (PAULY *et al.*, 1998; PAULY *et al.*, 2002). Estos cambios han impactado a los grandes vertebrados, como tortugas, mamíferos y aves marinas (LEWISON *et al.*, 2004), quizás debido a que la distribución de la megafauna provoca una superposición con las pesquerías, como ocurre con las aves marinas, que viajan miles de kilómetros en pocos días (WEIMERSKIRCH & WILSON, 2000) y la distribución costera de muchas especies de mamíferos marinos que comparten áreas de productividad con varias pesquerías (DEMASTER *et al.*, 2001). Asimismo, este impacto no solo está

This ecosystem is also well known for supporting large populations of birds, marine mammals, and fish (COKER, 1920; MURPHY, 1936; BERTRAND *et al.*, 2008). It is known that the Peruvian coast is home to more than 130 bird species (marine and coastal) that depend on the sea for food and reproduction, and whose populations exceed hundreds of thousands and even millions of individuals (DUFFY, 1983; SCHULENBERG *et al.*, 2010). The seabird distribution is largely influenced by the availability of food and different environmental variables, particularly climatic conditions, and the physicochemical characteristics of marine currents (SPEAR *et al.*, 2003, 2005; SPEAR & AINLEY, 2008). In Peru, a total of 39 marine mammal species have been recorded (ARIAS SCHREIBER, 1996). Marine mammals are adapted to living in the sea, showing great anatomical and physiological adaptations to cope in a changing and rough environment. For example, they can withstand low water temperatures by insulating themselves with thick layers of fat, waterproof hairs, and physiological mechanisms that allow them to thermoregulate (REEVES *et al.*, 2005).

Globally, top predators are known to have interaction problems with fisheries, which indicates that there are negative effects of various fishing activities on several of their populations and on the environments on which they depend. This occurs because most of the top predator species are very vulnerable due to their longevity, late reproduction, and the low number of offspring (BALLANCE *et al.*, 2006). Also, industrialization and expansion of fisheries have had global impacts on the sustainability of marine resources, transforming the structure and function of food webs (PAULY *et al.*, 1998; PAULY *et al.*, 2002). These changes have also affected large vertebrates, such as turtles, mammals, and seabirds (LEWISON *et al.*, 2004), perhaps because the megafauna distribution causes an overlap with fisheries, as occurs with seabirds, which travel thousands of kilometers in a few days (WEIMERSKIRCH & WILSON, 2000) and the coastal distribution of many marine mammal species that share areas of productivity with several fisheries (DEMASTER

relacionado con interacciones operacionales entre la megafauna y las pesquerías, sino que también puede reducir la disponibilidad de alimento producto de la explotación de stocks de pequeños peces pelágicos que integran su dieta (CAIRNS, 1987; HAMER *et al.*, 1991; FURNESS & CAMPHUYSEN, 1997; FURNESS, 2003).

Uno de los principales problemas para establecer el estado de conservación de los depredadores superiores es, sin duda, la escasez de información acerca del pasado e incluso, del presente de las poblaciones que habitan las costas peruanas. Por este motivo la implementación del Proyecto Bitácoras de Pesca desde el 1997, desarrollado por el Instituto del Mar del Perú, permite establecer tendencias en las poblaciones de estas especies, así como, tener información continua y en tiempo real sobre las variaciones espacio – temporales y los factores que afectan a los depredadores superiores.

Este trabajo presenta el análisis de la interacción entre aves y mamíferos marinos con las embarcaciones de la flota industrial de anchoveta evaluada por los observadores a bordo del Programa Bitácoras de Pesca, entre los años 2015 y 2019.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Observaciones a bordo

Se tomaron datos de observaciones realizadas durante todos los lances de pesca en las embarcaciones industriales de anchoveta muestreados dentro del Programa Bitácoras de Pesca entre los años 2015 y 2019. Los observadores cumplieron los procedimientos especificados en el Manual de operaciones del proyecto Bitácoras de Pesca (BOUCHON *et al.*, 1998), empleando fichas en las que se consideraron datos de la embarcación como capacidad de bodega, tipo de red, eslora, manga y especie objetivo, e información pesquera, oceanográfica y biológica. Además, en cada lance se caracterizaron las interacciones, especificando especies, cantidad y ubicación de aves y mamíferos marinos observados dentro o fuera de las redes.

et al., 2001). Furthermore, this impact not only involves operational interactions between megafauna and fisheries but may also reduce food availability due to the exploitation of small pelagic fish stocks that are part of their diet (CAIRNS, 1987; HAMER *et al.*, 1991; FURNESS & CAMPHUYSEN, 1997; FURNESS, 2003).

The lack of information about the past and even the current status of the populations inhabiting the Peruvian coasts is undoubtedly one of the main problems in establishing the conservation status of top predators. Therefore, the implementation of the Fishing Logbooks Project in 1997, developed by the *Instituto del Mar del Perú* (IMARPE), has allowed us to establish population patterns of these species, as well as to have continuous and real-time information on spatio-temporal variations and the factors impacting top predators.

Our work presents the analysis of the interaction between birds and marine mammals with vessels of the large-scale anchoveta fleet evaluated by observers on board, as part of the Fishing Logbook Program, between 2015 and 2019.

2. MATERIAL AND METHODS

Onboard observations

Our work methodology involved the collection of data from observations made during all fishing hauls of anchoveta industrial vessels sampled within the Fishing Logbook Program between 2015 and 2019. Onboard observers followed the procedures specified in the Operations Manual of the Fishing Logbooks project (BOUCHON *et al.*, 1998), by using data sheets that considered vessel data, such as hold capacity, net type, length, beam, and target species, as well as fisheries, oceanographic, and biological information. In addition, during each set, the characteristics of the interactions were noted, specifying the species, quantity, and location of the seabirds and marine mammals observed feeding and/or foraging in the nets.

Análisis de datos de interacciones

El estudio comprendió el análisis de todas las observaciones realizadas durante los lances de pesca en los que se registró interacciones con aves y mamíferos marinos. Los datos obtenidos fueron separados por año y se consideraron las aves marinas que tienen mayor relación con la anchoveta y/o que se consideran de importancia por su categoría de protección (DS N° 004-2014 MINAGRI), y se dividieron en tres grupos: a) aves guaneras, que incluyeron al guanay, pelícano y piquero; b) procelariiformes, que agruparon al albatros de Galápagos, albatros no identificados y pardelas; c) aves indicadoras, que solo incluyó al ave fragata. En relación a los mamíferos marinos, se consideraron solo las especies de cetáceos menores y al lobo chusco. Estos datos también se utilizaron para estimar los índices de diversidad anual de cada grupo.

En todos los casos se consideraron: posiciones geográficas a fin de estimar la interacción por grado latitudinal y distancia a la costa, y determinar si la distribución de las interacciones coincide con información existente sobre esas especies, además, se realizó el análisis durante años cálidos y fríos.

Análisis estadísticos

Los análisis de las variables cuantitativas (distancia a costa y Latitud) se realizaron mediante el cálculo de estadísticos descriptivos básicos. Las variables cualitativas (especies y años) fueron descritas con las frecuencias absolutas y porcentajes de cada uno de los grupos o categorías.

Para la comparación entre los grupos de especies con las variables distancia a costa y latitud, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, en la que se examina la hipótesis de que estas muestras provengan de la misma población o de poblaciones de idéntico comportamiento. Seguido por la prueba de suma de rangos de Wilcoxon, que son comparaciones por pares para identificar qué grupo o categorías son diferentes entre sí y cuáles no. Se consideró un valor $p < 0,05$ como significativo. Se empleó el programa R studio para los análisis.

Interaction data analysis

The study included the analysis of all observations made during fishing hauls in which interactions with seabirds and marine mammals were recorded. The data obtained were separated by year and considered the seabirds that are most closely related to the anchoveta and/or are considered important because of their category of protection (DS N° 004-2014 MINAGRI). Then, they were divided into three groups: a) guanobirds, which included the guanay cormorant, Peruvian pelican, and Peruvian booby; b) Procellariiformes, which included the Galapagos albatross, unidentified albatross, and shearwaters; c) indicator birds, which only included the magnificent frigatebird. Regarding marine mammals, only small cetacean species and sea lions were considered. These data were also used to estimate the annual diversity indexes for each group.

In all cases, geographic positions were considered to estimate the interaction by latitudinal degree and distance to the coast, and thus determine if the distribution of the interactions found coincides with the existing information on these species. Also, we analyzed the distribution of interactions during warm and cold years.

Statistical analysis

The analyses of the quantitative variables (distance to coast and latitude) were carried out by calculating basic descriptive statistics. Qualitative variables (species and years) were described with absolute frequencies and percentages for each of the groups or categories.

The Kruskal-Wallis non-parametric test was used for comparing the groups of species with the distance to shore and latitude variables, where the hypothesis that these samples come from the same population or populations with identical behavior is examined. This was followed by the Wilcoxon rank-sum test, which are pairwise comparisons to identify which groups or categories are different from each other and which are not. A p -value < 0.05 was considered significant. R studio software was used for the analyses.

3. RESULTADOS

Caracterización de la flota pesquera muestreada

Se muestrearon 186 embarcaciones durante los viajes realizados por los observadores a bordo entre el 2015 y 2019. En el 2015, el número de embarcaciones fue más alto ($n = 121$), disminuyendo casi a la mitad en los años posteriores y aumentando a partir del 2018 ($n = 88$). El promedio de la capacidad de bodega de todas las embarcaciones fue de 483 m^3 , el 2019 se caracterizó por presentar mayor promedio de tonelaje de capacidad de bodega ($n = 506,8 \text{ m}^3$) (Tabla 1).

Se analizaron 5.036 viajes de pesca de anchoveta y se observó que el número de viajes por año varió. En el 2015 se reportaron 1.322 viajes, disminuyendo en 58,32% ($n = 551$) al año siguiente, volviendo a aumentar en 42,41% el 2018 ($n = 1.405$) (Tabla 2). Así también se pudo observar que se muestrearon 15.102 lances de pesca, de los que el 84,21% correspondió a lances con interacción con aves y mamíferos marinos.

El porcentaje de lances con interacción fue superior en todos los años de estudio, representando más del 60% en todos los casos. Además, se pudo observar que hubo años en los que la interacción fue mayor, a pesar de registrarse menor número de lances, como ocurrió en el 2017, mientras que en otros disminuyó a pesar de haber muchos más lances (Fig. 1). En relación a los lances que no presentaron interacción, solo representaron el 13,22% de los lances en promedio ($DS = 10,78$).

Interacción con aves y mamíferos marinos

Se analizaron los datos provenientes de 15.102 lances de pesca, en los que se registraron 31.082 interacciones de ambos grupos de depredadores superiores. Las aves marinas se observaron con mayor frecuencia durante los lances de pesca (63%, $n = 19.516$ avistamientos) (Fig. 2) y el rango de avistamientos osciló entre 5 y 5.210. Por otro lado, los mamíferos marinos solo representaron el 37% de los registros ($n = 11.566$), no obstante, el promedio de avistamientos fue de 2313,2 mayor al de las aves marinas (Tabla 3).

3. RESULTS

Characterization of the sampled fishing fleet

A total of 186 vessels were sampled during trips made by onboard observers between 2015 and 2019. In 2015, the number of vessels was highest ($n = 121$), decreasing by almost half in later years and increasing from 2018 onwards ($n = 88$). The mean hold capacity of all vessels was 483 m^3 . The year 2019 was characterized by a higher average tonnage of hold capacity ($n = 506.8 \text{ m}^3$) (Table 1).

Tabla 1.- Número de embarcaciones muestreadas en el Programa Bitácoras de Pesca. 2015 – 2019

Table 1. Number of vessels sampled in the Fishing Logbook Program (2015-2019)

Año/ Year	Nº Emb./ Nº vessels	Capacidad Bodega / Hold capacity (m^3)		
		Min.	Max.	Promedio/ Mean
2015	121	34,5	867,1	474,6
2016	63	34,5	1080,0	477,3
2017	66	89,3	868,3	469,4
2018	88	89,3	1080,0	486,0
2019	82	33,9	1080,0	506,8
Total	186	33,9	1080,0	483,6

Tabla 2.- Número de viajes y lances de anchoveta muestreados en el Programa Bitácoras de Pesca. 2015 – 2019

Table 2. Number of trips and anchoveta hauls sampled in the Fishing Logbook Program (2015-2019)

Año/ Year	Total viajes muestreados / Total trips sampled	Total lances muestreados / Total hauls sampled
2015	1322	3903
2016	551	1723
2017	809	2345
2018	1405	4157
2019	949	2974

Tabla 3.- Número de avistamientos, promedio y rango de los registros de interacciones entre con depredadores superiores durante los lances de pesca observados, 2015 – 2019

Table 3. Number of sightings, average, and range of records of interactions with top predators during observed fishing hauls (2015-2019)

Grupo/ Group	Número de avistamientos Nº of sightings	Promedio/ Average	Rango/ Range
Aves marinas/ Seabirds	19516	1501,23	5 - 5210
Mamíferos marinos/ Marine mammals	11566	2313,2	15 - 11405

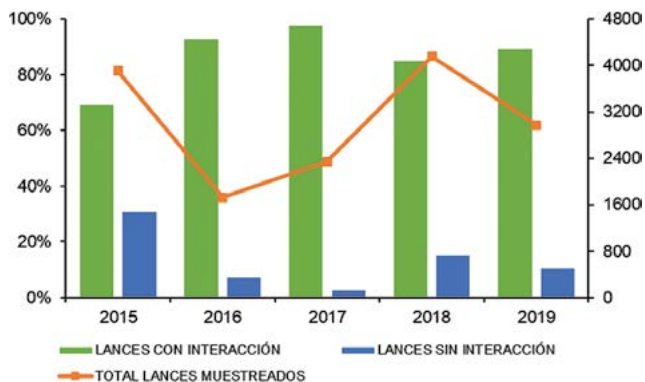


Figura 1.- Variación anual de los lances de anchoveta muestreados por los observadores a bordo del Programa Bitácoras de Pesca, 2015 – 2019

Figure 1. Annual variation in anchoveta hauls sampled by onboard observers of the Fishing Logbook Program (2015-2019)

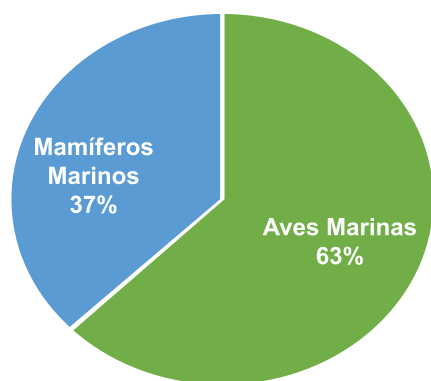


Figura 2.- Proporción de interacciones de aves y mamíferos marinos observados en los lances del Programa Bitácoras de Pesca, 2015 – 2019

Figure 2. Proportion of interactions of birds and marine mammals observed in the hauls of the Fishing Logs Program, 2016-2019

Aves marinas

Se identificaron 13 especies dentro de nueve familias de aves marinas (Tabla 4). Las familias más representativas, en relación al porcentaje de avistamientos, fueron Sternidae (16,76%) cuya única especie el zarcillo *Larosterna inca* fue la especie más avistada durante todo el estudio. Otra familia importante fue Sulidae (16,58%), que incluye a las dos especies de piqueros: peruano *Sula variegata* y de patas azules *S. nebouxii*; y Pelecanidae (15,35%), familia del pelícano *Pelecanus thagus* (Fig. 3). Otras familias de interés fueron Procellariidae (5,87%), que abarca a las pardelas y Diomedidae, que agrupa a los albatros representando el 5,05%.

We analyzed 5,036 anchoveta fishing trips and observed that the number of trips per year varied. In 2015, 1,322 trips were reported, decreasing by 58.32% (n = 551) the following year and increasing again by 42.41% in 2018 (n = 1,405) (Table 2). It was also observed that 15,102 fishing hauls were sampled, of which 84.21% corresponded to hauls with interaction with seabirds and marine mammals.

The percentage of hauls with interaction was higher in all study years, representing more than 60% in all cases. In addition, we observed that there were years in which the interaction was higher, despite a lower number of hauls, as was the case in 2017, while in others it decreased even though there were many more hauls (Fig. 1). Regarding the hauls that did not show interaction, they only represented 13.22% of the hauls on average (DS = 10.78).

Interaction with birds and marine mammals

We analyzed data from 15,102 fishing hauls, in which 31,082 interactions of both groups of top predators were recorded. Seabirds were most frequently observed during fishing hauls (63%, n = 19,516 sightings) (Fig. 2), and the range of sightings varied between 5 and 5,210. On the other hand, marine mammals accounted for only 37% of the records (n = 11,566). However, the average number of sightings was 2313.2 higher than that of seabirds (Table 3).

Seabirds

We identified 13 species corresponding to nine families of seabirds during the fishing hauls sampled (Table 4). The most representative families, in terms of percentage of sightings, were Sternidae (16.76%) whose single species Inca tern *Larosterna inca* was the most sighted species during the entire study. Another important family was Sulidae (16.58%), which includes the Peruvian booby *Sula variegata* and the blue-footed booby *S. nebouxii*; and Pelecanidae (15.35%), family of the Peruvian pelican *Pelecanus thagus* (Fig. 3). Other important families were Procellariidae (5.87%), which includes shearwaters, and Diomedidae, albatrosses, which represents 5.05%.

Table 4.- Seabird species observed during trips reported in the Fisheries Logbook Program (2015-2019)

Tabla 4. Especies de aves marinas observadas durante los viajes reportados en el Programa Bitácoras de Pesca, 2015 – 2019

Familia	Especie	Nombre común	Estado de Conservación	
			UICN	DS. 004-2014
DIOMEDEIDAE	<i>Thalassarche</i> sp.	Albatros No Identificado		
	<i>Phoebastria irrorata</i>	Albatros de Galápagos	CR	CR
PROCELLARIIDAE	<i>Ardenna creatopus</i>	Pardela de patas rosadas	VU	VU
	<i>Ardenna grisea</i>	Pardela gris	VU	
FREGATIDAE	<i>Fregata magnificens</i>	Aves fragata	LC	
STERNIDAE	<i>Larosterna inca</i>	Zarcillo	NT	VU
PELECANOIDIDAE	<i>Pelecanoides garnotii</i>	Potoyunco	NT	VU
PELECANIDAE	<i>Pelecanus thagus</i>	Pelícano	NT	EN
SPHENISCIDAE	<i>Spheniscus humboldti</i>	Pingüino de Humboldt	VU	EN
SULIDAE	<i>Sula nebouxii</i>	Piquero patas azules	LC	
	<i>Sula variegata</i>	Piquero peruano	LC	EN
PHALACROCORACIDAE	<i>Leucocarbo bougainvillii</i>	Guanay	NT	NT
	<i>Phalacrocorax gaimardi</i>	Chuita	NT	EN

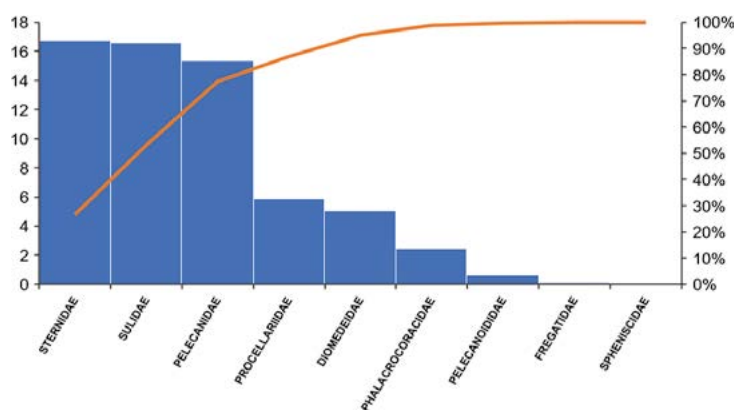


Figura 3.- Frecuencia de avistamientos de las familias de aves marinas registradas en las interacciones durante los lances de pesca muestreados

Figure 3. Frequency of sightings of seabird families recorded in the interactions during the sampled fishing sets

Mamíferos marinos

Los resultados muestran que solo se registraron cuatro especies de cetáceos y una de pinnípedos (Tabla 4). Todos los cetáceos reportados pertenecen a la familia Delphinidae, y la especie más importante de esta familia fue el delfín oscuro *Lagenorhynchus obscurus*, que se registró en 48,45% de los lances con interacciones (Fig. 5). Otra especie importante fue el delfín nariz de botella *Tursiops truncatus* (25,47%). Los otáridos también fueron registrados durante los lances de pesca, y fueron el grupo de depredadores superiores con más reportes de ambos grupos, observándose en el 36,96% de los lances de pesca, con un total de 11.405 registros entre 2015 y 2019.

Marine mammals

Our results show that only four cetacean species and one pinniped were recorded (Table 4). All cetaceans reported belonged to the family Delphinidae, and the most important species of this family was the dusky dolphin *Lagenorhynchus obscurus*, which was recorded in 48.45% of the hauls with interactions (Fig. 5). Another important species was the common bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (25,47%). Otariids were also recorded during fishing hauls and were the top predator group with the most reports from both groups, being observed in 36.96% of fishing hauls, with a total of 11,405 records between 2015 and 2019.

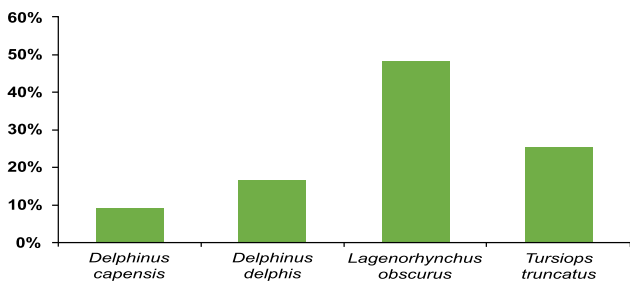


Figura 4.- Frecuencia de avistamientos de especies de cetáceos registrados en las interacciones durante los lances de pesca muestreados

Figure 4. Frequency of sightings of cetacean species recorded in the interactions during the sampled fishing hauls

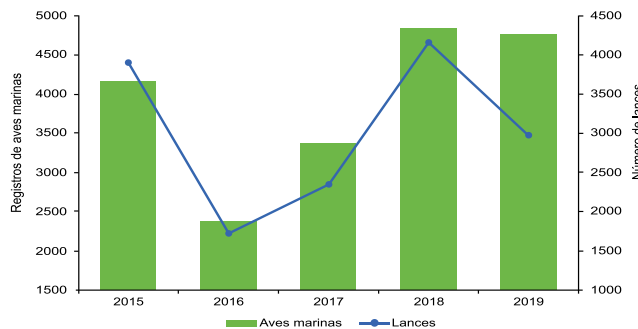


Figura 5.- Número de registros de aves marinas y esfuerzo de muestreo entre 2015 y 2019

Figure 5. Number of seabird records and sampling effort (2015-2019)

Tabla 5.- Especies de mamíferos marinos observados durante los viajes reportados en el Programa Bitácoras de Pesca, 2015 – 2019

Table 5. Marine mammal species observed during trips reported in the Fishing Logbook Program (2015-2019)

Familia / Family	Especie / Species	Nombre común / Common name	UICN
Delphinidae	<i>Delphinus capensis</i>	Delfín común de hocico largo	DD
	<i>Delphinus delphis</i>	Delfín común de hocico corto	LC
	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	Delfín oscuro	VU
	<i>Tursiops truncatus</i>	Delfín nariz de botella	LC
Otariidae	<i>Otaria flavescens</i>	Lobo marino chusco	LC

FRECUENCIA DE ESPECIES

Frecuencia anual de aves marinas

El análisis anual demostró que en el 2018 se presentó la mayor cantidad de registros de aves marinas durante los lances de pesca, y a su vez, también fue el año con mayor intensidad de muestreo (Fig. 5), sin embargo, el número de embarcaciones muestreadas fue menor que otros años (n = 88). En los años previos, 2016 y 2017, tanto el número de avistamientos como lances fue menor, registrándose 30,14% y 50,71% menos por año, respectivamente. Previamente, en el 2015, se registró la mayor cantidad de embarcaciones muestreadas (n = 121) pero el número de registros de aves marinas fue menor que en otros años. En el 2019, se volvió a observar la disminución de avistamientos y lances.

En relación al registro anual de avistamientos, se observa que las especies *L. inca*, *P. thagus* y *S. variegata* (Tabla 6) fueron las más representativas de todo el estudio, variando su frecuencia en algunos años, pero se consideraron las especies principales en las interacciones. Otra especie de interés por su relación con la anchoveta es *L.*

FREQUENCY OF SPECIES

Annual frequency of seabirds

The annual analysis showed that 2018 recorded the highest number of seabird sightings during fishing hauls, and in turn, it was also the year with the highest sampling intensity (Fig. 5), even though the number of vessels sampled was lower than in other years (n = 88). In 2016 and 2017, both the number of sightings and hauls was lower, recording 30.14% and 50.71% less per year, respectively. Previously, in 2015, we recorded the highest number of vessels sampled (n = 121) but the number of seabird records was lower than in other years. In 2019, the decrease in sightings and hauls was again observed.

Regarding the annual record of sightings, it is observed that the species *L. inca*, *P. thagus*, and *S. variegata* (Tabla 6) were the most representative of the entire study, with their frequency varying in some years, but they were considered the main species in the interactions. Another species of interest due to its relationship with the anchoveta is *L. bougainvilli*, whose average records per year were 148.6 ± 67.5 .

Tabla 6.- Número de registros de aves marinas observadas durante los viajes reportados en el Programa Bitácoras de Pesca, 2015 – 2019

Table 6. Number of seabird record observed during trips reported in the Fishing Logbook Program (2015-2019)

Especie	2015		2016		2017		2018		2019	
	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)
<i>A. creatopus</i>	20	0,48	7	0,29	76	2,26	19	0,39	63	1,32
<i>A. grisea</i>	333	7,99	208	8,74	247	7,33	352	7,29	499	10,47
<i>F. magnificens</i>	3	0,07	8	0,34	1	0,03	10	0,21	11	0,23
<i>L. inca</i>	1095	26,27	711	29,86	1067	31,68	1220	25,25	1117	23,43
<i>P. garnotii</i>	72	1,73	15	0,63	70	2,08	26	0,54	14	0,29
<i>P. thagus</i>	958	22,98	607	25,49	624	18,53	1366	28,28	1215	25,49
<i>L. bougainvillii</i>	202	4,85	49	2,06	131	3,89	220	4,55	141	2,96
<i>P. gaimardi</i>	7	0,17	2	0,08	0	0	1	0,02	1	0,02
<i>P. irrorata</i>	155	3,72	136	5,71	68	2,02	281	5,82	217	4,55
<i>S. humboldti</i>	3	0,07	0	0	2	0,06	0	0	0	0
<i>S. neboxii</i>	116	2,78	91	3,82	129	3,83	110	2,28	229	4,80
<i>S. variegata</i>	994	23,84	488	20,50	895	26,57	982	20,33	1119	23,47
<i>Thalassarche</i> sp.	211	5,06	59	2,48	58	1,72	244	5,05	141	2,96
Total	4169	100	2381	100	3368	100	4831	100	4767	100

bougainvillii, cuyo promedio de registros por año fue de $148,6 \pm 67,5$.

Avistamiento de albatros y pardelas por año

Se incluyeron a las pardelas *A. grisea* y *A. creatopus*; el albatros *P. irrorata* y un género de albatros sin identificar *Thalassarche* sp. La especie avistada con mayor frecuencia fue *A. grisea* con promedio de $327,8 \pm 112,7$ registros por año, seguida de *P. irrorata* ($171,4 \pm 81,1$) y *Thalassarche* sp. ($142,6 \pm 85,3$). La especie con menor promedio de avistamiento anual fue *A. creatopus* ($37 \pm 30,45$), no obstante, el 2017 fue avistada con mayor frecuencia que los albatros (Fig. 6).

Sightings of albatrosses and shearwaters per year

This group of seabirds included the shearwaters *A. grisea* and *A. creatopus*; an albatross species *P. irrorata* and an unidentified albatross genus *Thalassarche* sp. The analysis showed that *A. grisea* was the most frequently sighted species, with an average of 327.8 ± 112.7 records per year, followed by *P. irrorata* (171.4 ± 81.1) and *Thalassarche* sp. (142.6 ± 85.3). The species with the lowest average number of annual sightings was *A. creatopus* (37 ± 30.45), but in 2017, it was sighted more frequently than the albatross species. The results showed uniformity in the annual distribution of the sightings, with similar frequencies of sightings (Fig. 6).

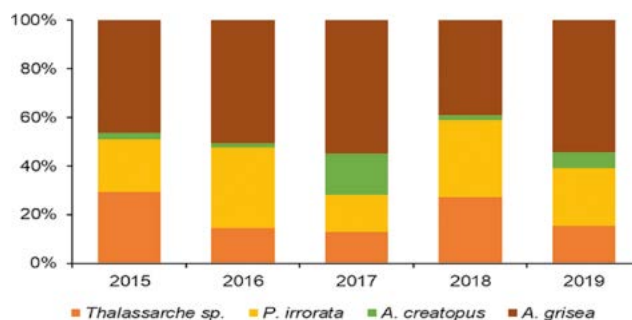


Figura 6.- Porcentaje de registros de albatros y pardelas durante los lances de pesca, 2015 – 2019

Figure 6. Percentage of albatross and shearwater records during fishing sets (2015-2019)

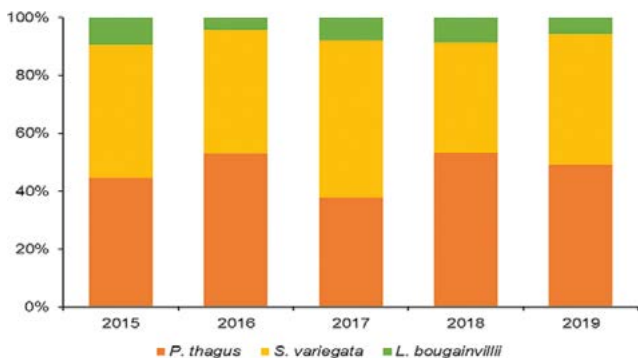


Figura 7.- Porcentaje de registros de aves guaneras durante los lances de pesca, 2015 – 2019

Figure 7. Percentage of guano bird records during fishing sets (2015-2019)

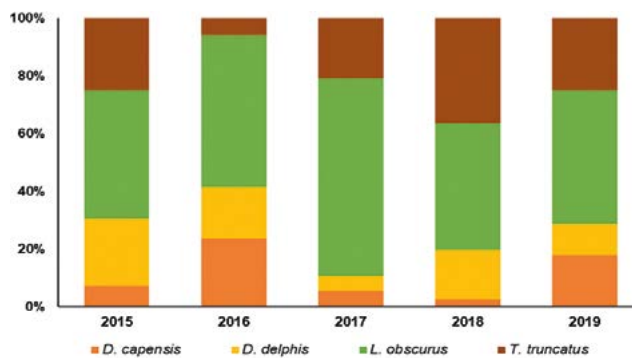


Figura 8.- Frecuencia de registros de cetáceos durante los lances de pesca, 2015 – 2019

Figure 8. Frequency of cetacean records during fishing sets (2015-2019)

Tabla 7.- Número de avistamientos de mamíferos marinos observadas por año durante los viajes reportados en el Programa Bitácoras de Pesca, 2015 – 2019

Table 7. Number of marine mammal sightings observed per year during trips reported in the Fishing Logbook Program (2015-2019)

Especie	2015		2016		2017		2018		2019	
	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)	N° de avist.	(%)
<i>D. capensis</i>	4	7,14	4	23,53	1	5,26	1	2,44	5	17,86
<i>D. delphis</i>	13	23,21	3	17,65	1	5,26	7	17,07	3	10,71
<i>L. obscurus</i>	25	44,64	9	52,94	13	68,42	18	43,90	13	46,43
<i>T. truncatus</i>	14	25,00	1	5,88	4	21,05	15	36,59	7	25,00
Total	2307	100	1478	100	2231	100	3228	100	2333	100

Avistamiento de aves guaneras por año

Este grupo conformado por pelicano, piquero y guanay, fue mucho más abundante que los albatros y pardelas. En todos los años de estudio se observó que *L. bougainvillii* fue la especie menos observada, con promedio de $148,6 \pm 67,5$ avistamientos/año. Por el contrario, las especies *P. thagus* y *S. variegata*, fueron mucho más frecuentes durante los lances de pesca, registrándose más de 35% de registros de cada especie por año (Fig. 7). Otro resultado importante es que la distribución de la frecuencia de avistamientos fue similar en todos los años de estudio.

Avistamientos de mamíferos marinos por año

En el período de estudio se observó que las especies de cetáceos más avistadas durante los lances de pesca fueron *L. obscurus*, con promedio de $15,6 \pm 6,2$ registros por año, seguida por *T. truncatus* ($8,2 \pm 6,14$) (Tabla 7). Ambas especies mantuvieron su dominancia entre el 2017 y 2019, registrándose en más del 40% de los avistamientos de cetáceos. En el 2016, *D. capensis* se registró

Sightings of guano birds per year

This group, made up of the pelicans, boobies, and guanay, was much more abundant than albatrosses and shearwaters. In all study years, *L. bougainvillii* was the least observed species, with an average of 148.6 ± 67.5 sightings/year. In contrast, the species *P. thagus* and *S. variegata*, were much more frequent during fishing hauls, with more than 35% of records of each species per year (Fig. 7). Another important result is that the distribution of the frequency of sightings was similar in all the study years.

Sightings of marine mammals per year

During the study period, the most sighted cetacean species during fishing hauls were *L. obscurus*, with an average of 15.6 ± 6.2 records per year, followed by *T. truncatus* (8.2 ± 6.14) (Table 7). Both species maintained their dominance between 2017 and 2019, being recorded in more than 40% of cetacean sightings. In 2016, *D. capensis* was recorded with a frequency of 23.53%, higher than in the other years. The

con una frecuencia del 23,53%, mayor que en los otros años de estudio. La distribución de los avistamientos de cetáceos fue variable durante los cinco años, como ocurrió con *T. truncatus*, que presentó bajo porcentaje de registros entre el 2016 y 2017, y aumentó hacia el 2018 (Fig. 8).

En relación a los pinnípedos, el lobo chusco *O. flavescens* fue la especie observada con mayor frecuencia durante los lances de pesca. En el 2017 se registró en el 94,32% de los lances de pesca, y 84,79% en los lances registrados el 2018. Por otro lado, en el 2015, solo se reportaron en el 57,67% de los lances muestreados. El 2019, se registraron lobos chuscos en 77,51% de los lances de pesca (Fig. 9). Además, esta especie fue también la más abundante en términos de promedio de individuos registrados dentro de las redes de pesca. El año con mayor promedio de individuos por lance fue el 2017 (62,12 ± 114,32) y el año con menor cantidad promedio fue el 2016, reportándose 30,58 ± 65,10 individuos (Tabla 8).

distribution of cetacean sightings was variable during the five years, as was the case with *T. truncatus*, which had a low percentage of records between 2016 and 2017, and increased in 2018 (Fig. 8).

Regarding the pinnipeds, the South American sea lion *O. flavescens* was the most frequently observed species during fishing hauls. In 2017, it was recorded in 94.32% of fishing hauls, and 84.79% of hauls recorded in 2018. On the other hand, in 2015, they were only reported in 57.67% of the sampled hauls. In 2019, *O. flavescens* was recorded in 77.51% of the fishing hauls (Fig. 9). Moreover, this species was also the most abundant in terms of the average number of individuals recorded within the fishing nets. 2017 was the year with the highest average number of individuals per set (62.12 ± 114.32) and the year with the lowest average number was 2016, with 30.58 ± 65.10 individuals (Tabla 8).

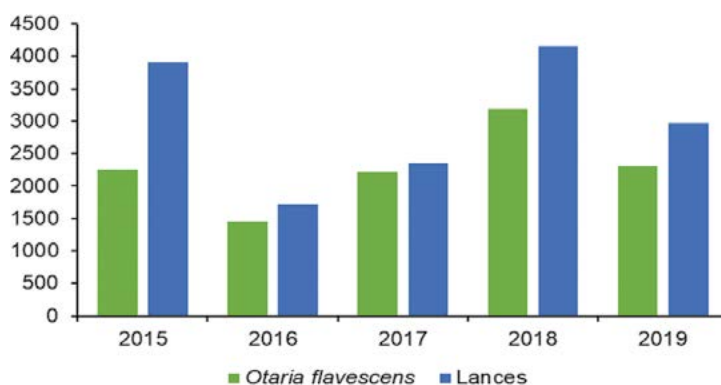


Figura 9.- Frecuencia de registros de cetáceos durante los lances de pesca, 2015 – 2019

Figure 9. Frequency of cetacean records during fishing sets (2015-2019)

Tabla 8.- Promedio de individuos de la especie *O. flavescens* registrados por lance de pesca, 2015 – 2019

Table 8. Average number of *O. flavescens* individuals recorded per fishing haul (2015-2019)

Año	Promedio	DS	Rango
2015	47,70	137,91	1 - 3000
2016	30,58	65,10	1 - 2000
2017	62,12	114,32	1 - 1300
2018	30,98	49,79	1 - 1000
2019	31,88	53,91	1 - 1250

Tabla 9. Índices de dominancia y de diversidad de los mamíferos marinos registrados en los lances de pesca

Table 9. Dominance and diversity indexes of marine mammals recorded in fishing hauls

	2015	2016	2017	2018	2019
Dominancia	0,9443	0,9974	0,9993	0,9960	0,9881
Índice de diversidad	0,0557	0,0026	0,0007	0,0040	0,0119

Los índices de diversidad y dominancia mostraron que en todos los años de estudio la dominancia de la especie *O. flavescens* fue casi total ($D = >0,90$), y la diversidad de especies muy baja (Tabla 9), esto asociado a la presencia de lobos marinos, que fue la especie de mamíferos marinos más abundante. En el 2017 se registró la menor cantidad de individuos de cetáceos, dando lugar a una total dominancia de los pinnípedos.

Zonas de concentración de los depredadores superiores

Los resultados mostraron que en el 2015 la mayor cantidad de registros se ubicó entre Pucusana ($12^{\circ}30'S$) y bahía Independencia ($14^{\circ}S$), a diferencia del 2016, cuando la mayoría de avistamientos ocurrió entre Huacho y Chicama ($7^{\circ}S$). No obstante, en ambos años se registraron depredadores superiores hasta Paita ($5^{\circ}S$) como límite norte (Fig. 10). En el 2017 el avistamiento se registró desde el sur de Piura, y se observó ausencia de individuos entre Pimentel y Pacasmayo. La concentración de individuos durante los lances de pesca ocurrió frente a Salaverry y Pisco.

En el 2018, la distribución de los avistamientos de depredadores superiores empezó en Paita, al igual que en el 2019. En ambos años se observó que los individuos se concentraron entre Pacasmayo ($7^{\circ}S$) y Cerro Azul ($13^{\circ}S$) aunque en el 2018 se registraron muchos más avistamientos que en el 2019, y ausencia de interacciones entre Punta Caballas ($15^{\circ}S$) y Punta Atico ($16^{\circ}S$). Así también, se puede apreciar que solo en el 2019 no hubo registros frente a Atico, a diferencia de los otros años de estudio. La mayoría de interacciones con depredadores superiores ocurrió cerca de la costa entre el 2015 y 2019.

Zonas de concentración de aves guaneras

Con relación a las aves guaneras, se observó que las especies encontradas con mayor frecuencia en los lances de pesca, fueron *P. thagus* (48%) y *S. variegata* (45%). La distribución de este grupo ocurrió a lo largo de toda la costa, no obstante, se evidenciaron algunas variaciones, por ejemplo, *S. variegata* fue observada en lances lejanos a costa (Fig. 11), mientras que *P. thagus* fue avistado cerca de costa. Las tres especies de aves guaneras se concentraron en mayor medida frente a Chicama, Huacho y Pisco.

Diversity and dominance indexes showed that the dominance of *O. flavescens* was almost total ($D = >0.90$) in all study years, and species diversity was very low (Table 9), this was associated with the presence of sea lions, which were the most abundant marine mammal species. In 2017, the lowest number of cetacean individuals was recorded, resulting in the total dominance of pinnipeds.

Concentration areas for top predators

In 2015, our results showed that the greatest number of records were located between Pucusana ($12^{\circ}30'S$) and Independencia Bay ($14^{\circ}S$), while in 2016, most sightings occurred between Huacho and Chicama ($7^{\circ}S$). Nevertheless, in both years, top predators were recorded as far north as Paita ($5^{\circ}S$) as a northern boundary (Fig. 10). In 2017, sightings were recorded from southern Piura, and an absence of individuals was observed between Pimentel and Pacasmayo. The concentration of individuals during fishing hauls occurred off Salaverry and Pisco.

In 2018, we observed that the distribution of sightings of top predators began in Paita; the same happened in 2019. In both years, it was observed that individuals were concentrated between Pacasmayo ($7^{\circ}S$) and Cerro Azul ($13^{\circ}S$) although in 2018 there were many more sightings than in 2019, with no interactions between Punta Caballas ($15^{\circ}S$) and Punta Atico ($16^{\circ}S$). Thus, only in 2019, there were no records off Atico, unlike in the previous years. Most interactions with top predators occurred nearshore between 2015 and 2019.

Concentration areas of guano birds

Regarding guano birds, *P. thagus* (48%) and *S. variegata* (45%) were the species most frequently found in fishing hauls. The distribution of this group occurred along the entire coast, although some variations were evident, *i. e.*, *S. variegata* was observed in hauls far from the coast (Fig. 11), while *P. thagus* was sighted close to the coast. The three guano bird species were mainly concentrated off Chicama, Huacho, and Pisco. Unlike other top predator species, these seabirds

A diferencia de otras especies de depredadores superiores, estas aves marinas también fueron avistadas en la zona sur, frente a Atico (16°S) e Ilo (17°S).

were also sighted in the southern zone, off Atico (16°S) and Ilo (17°S).

Zonas de concentración de mamíferos marinos

Concentration areas of marine mammals

Los datos analizados demostraron que la mayor concentración de cetáceos ocurrió en 10°S y entre 13°S y 14°S, disminuyendo hacia el norte, con el menor número de registros en la zona de Piura (5°S) y al sur, a partir de 16°S (Fig. 12). Con relación a las especies registradas, *L. obscurus* se observó entre Chicama y bahía Independencia, mientras que *T. truncatus* estuvo mayormente restringido a la zona centro, entre Salaverry y Pucusana (Fig. 12). Ambas especies de delfines comunes (*D. capensis* y *D. delphis*) fueron observados hasta Huarmey.

The data analyzed showed that the highest concentration of cetaceans occurred at 10°S and between 13°S and 14°S, decreasing towards the north, with the lowest number of records in Piura (5°S) and to the south, starting at 16°S (Fig. 12). Regarding the species recorded, *L. obscurus* was observed between Chicama and Independencia Bay, while *T. truncatus* was mostly restricted to the central zone, between Salaverry and Pucusana (Fig. 12). Both species of common dolphins (*D. capensis* and *D. delphis*) were observed as far as Huarmey.

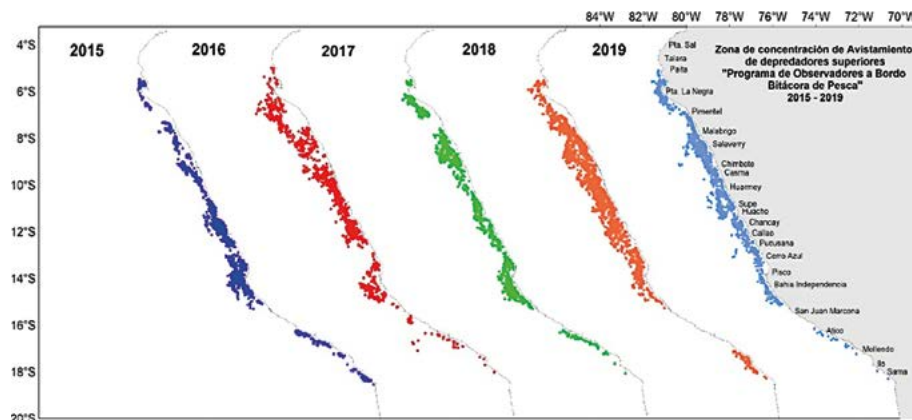


Figura 10.- Zonas de concentración de avistamientos de depredadores superiores, 2015 – 2019

Figure 10. Concentration areas of top predator sightings (2015-2019)

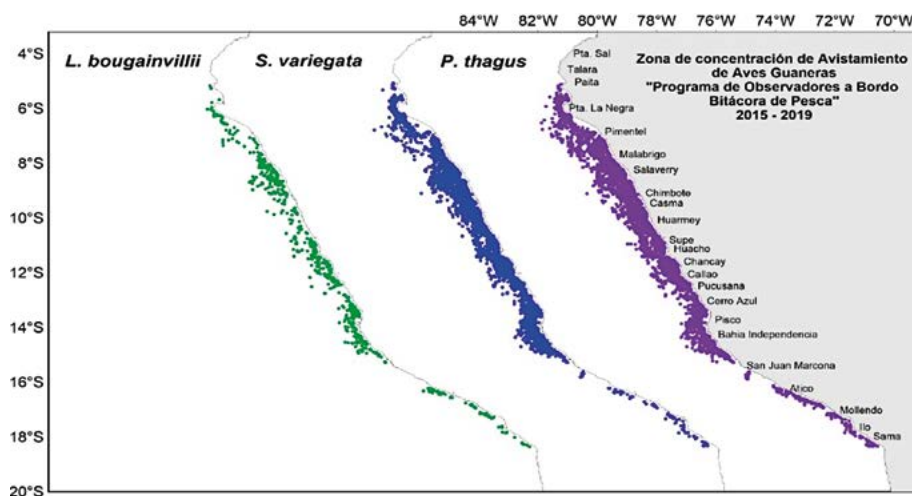


Figura 11.- Avistamiento de especies de aves guaneras en la costa peruana, 2015 – 2019

Figure 11. Sightings of guano birds on the Peruvian coast (2015-2019)

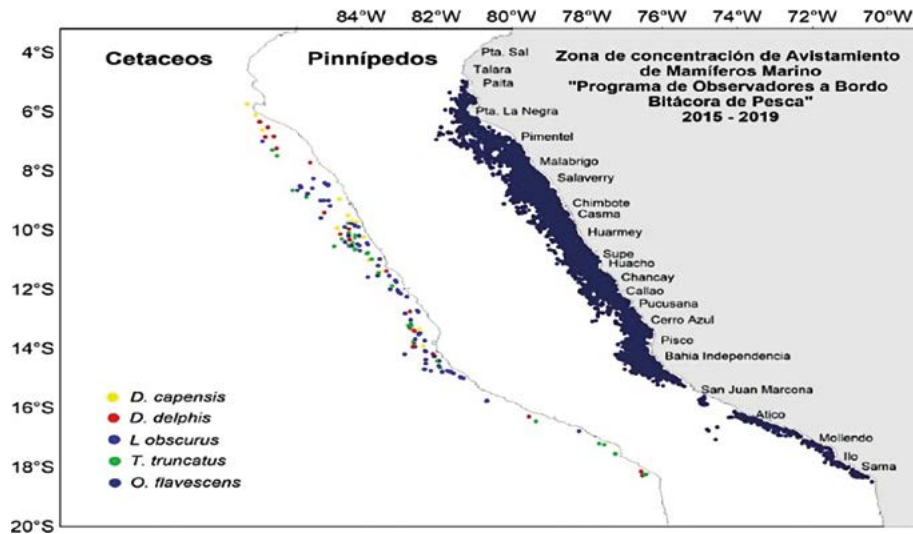


Figura 12.- Avistamiento de especies de mamíferos marinos en la costa peruana, 2015 – 2019

Figure 12. Sightings of marine mammal species on the Peruvian coast (2015-2019)

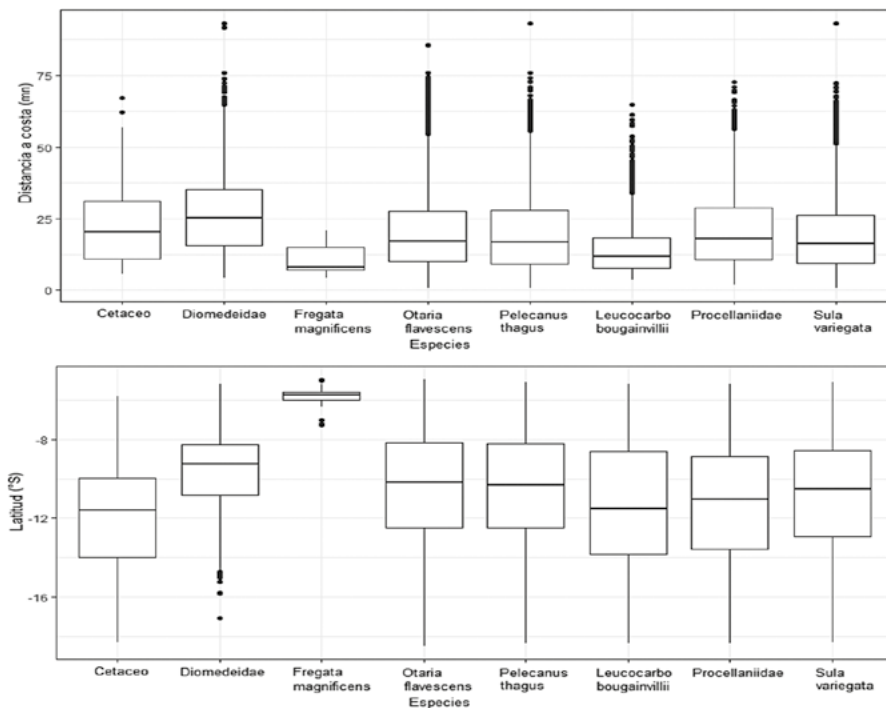


Figura 13.- Diagrama de cajas de los lances con interacción según especies a) Distancia a costa, b) Grados latitudinal

Figure 13. Box plots of the sets with interaction according to species a) Distance to coast, b) Latitudinal gradient

La especie más común en los lances de pesca en el periodo de estudio fue *O. flavescens*, que se registró en toda la costa peruana, con mayor incidencia entre Paita y Pisco. Además, esta especie fue observada también en los lances lejanos a costa, a diferencia de otras especies de mamíferos marinos. Es importante mencionar que solo se identificó al lobo chusco y no a otras especies de pinnípedos.

O. flavescens was the most common species in fishing hauls during the study period and was recorded along the entire Peruvian coast, with the highest incidence between Paita and Pisco. This species was also observed in offshore hauls, unlike other marine mammal species. It is noteworthy that only the South American sea lion was identified and no other species of pinnipeds.

Distancia a la costa y distribución latitudinal

Respecto a la distancia a costa (mn), se encontró que existe una diferencia significativa entre las especies que interactúan con la flota de cerco ($p=2,2e-16$, Kruskal Wallis). Ello no significa que estas se den entre todas las especies. Al realizar las comparaciones por pares de los ocho grupos de especies utilizando la prueba de suma de rangos de Wilcoxon se encontró que entre las medianas del grupo de los Cetáceos y de los Procellariidae ($p=0,14$, prueba de Wilcoxon) el nivel de significancia era mayor a 0,05, al igual que entre las especies *Sula variegata* y *Pelecanus thagus* ($p=0,23$, prueba de Wilcoxon) por lo que se puede decir que no existen diferencias significativas entre estos dos sub grupos con respecto a la distancia a costa (Fig. 13). En el caso de la distribución latitudinal, se obtuvo un p-valor igual a $2,2e-16$ en la evaluación de Kruskal Wallis. Este valor es significativamente menor al $\alpha = 0,05$, por lo tanto, se concluye que sí existen diferencias significativas entre las especies que interactúan con la flota de cerco (Fig. 13). Adicionalmente la prueba de Wilcoxon nos permitió identificar qué grupos son diferentes entre sí y cuáles no. Encontrando un nivel de significancia mayor a 0,05 entre las especies *Otaria flavescens* y *Pelecanus thagus* ($p=0,17$, prueba de Wilcoxon), entre los Cetáceos y la especie *Leucocarbo bougainvillii* ($p=0,11$, prueba de Wilcoxon), y entre los Procellariidae y la especie *L. bougainvillii* ($p=0,56$, prueba de Wilcoxon) por lo cual se aceptaría la hipótesis nula, donde no hay diferencias en la distribución latitudinal entre estos sub grupos.

4. DISCUSIÓN

La interacción entre aves, mamíferos marinos y las embarcaciones pesqueras en el Perú es una problemática que se mantiene vigente desde el boom de la pesquería de anchoveta, pues esta especie de engráulido es la presa principal de una amplia variedad de depredadores (JORDÁN y FUENTES, 1966; PAULIK, 1971). A su vez, estos conflictos van aunados a una realidad global y que tienen diversos impactos sobre las poblaciones de aves y mamíferos marinos (GOOD *et al.*, 2020; ABRAHAM *et al.*, 2010). Los resultados encontrados en el presente estudio evidenciaron que las aves marinas interactuaron en mayor

Distance to the coast and latitudinal distribution

Regarding the distance to shore (nm), we found a significant difference between the species interacting with the purse seine fleet ($p=2.2e-16$, Kruskal Wallis). This does not mean that these occur among all species. Pairwise comparisons of the eight species groups using the Wilcoxon rank-sum test found that the medians of the Cetaceans and Procellariidae groups ($p=0.14$, Wilcoxon test) showed a significance level greater than 0.05, as well as between the species *Sula variegata* and *Pelecanus thagus* ($p=0.23$, Wilcoxon test) so we can say that there are no significant differences between these two subgroups in terms of distance to shore (Fig. 13).

For the latitudinal distribution, a p-value equal to $2.2e-16$ was obtained in the Kruskal Wallis evaluation. This value is significantly lower than $\alpha = 0.05$, so we conclude that there are significant differences between the species interacting with the purse seine fleet (Fig. 13). Additionally, the Wilcoxon test allowed us to identify which groups are different from each other and which are not. We found a significance level greater than 0.05 between the species *Otaria flavescens* and *Pelecanus thagus* ($p=0.17$, Wilcoxon test), between the Cetaceans and the species *Leucocarbo bougainvillii* ($p=0.11$, Wilcoxon test), and between the Procellariidae and the species *L. bougainvillii* ($p=0.56$, Wilcoxon test) so the null hypothesis would be accepted, in which there are no differences in the latitudinal distribution between these subgroups.

4. DISCUSSION

In Peru, the interaction between birds, marine mammals, and fishing vessels is a problem that has been ongoing since the boom in the anchoveta fisheries, as this species is the main prey of many predators (JORDÁN & FUENTES, 1966; PAULIK, 1971). In turn, these conflicts are linked to a global reality and have diverse impacts on bird and marine mammal populations (GOOD *et al.*, 2020; ABRAHAM *et al.*, 2010). Our results showed that seabirds interacted to a greater

medida que los mamíferos marinos, en relación a la presencia por lance de pesca, esto coincide con el estudio de BURGESS *et al.* (2018) quienes encontraron mayor incidencia de aves marinas en los reportes de interacciones.

Dentro de las especies registradas interactuando se puede observar presencia de aves que están en riesgo según categorización de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), como el albatros de Galápagos que está en Peligro Crítico (CR), ambas especies de pardelas y el pingüino de Humboldt que están en estado Vulnerable (VU) y el guanay categorizado como Casi Amenazado (NT). En la legislación nacional, las especies antes mencionadas también se encuentran en categorías de peligro. En cuanto a los mamíferos marinos, se destaca la presencia del delfín oscuro, categorizados como Vulnerable por la UICN. Este hallazgo resulta de gran importancia pues los datos sobre las interacciones entre pesquerías y especies amenazadas son vitales para las evaluaciones de riesgo, modelos poblacionales basados en especies y como insumos para modelos de ecosistemas para evaluar los efectos ecosistémicos a gran escala de pesquerías (GRAY & KENNELLY, 2018).

La frecuencia de avistamientos indica que hay una diferencia marcada entre diversas especies de aves marinas y su interacción con la actividad pesquera, y las posibles causas serían: a) abundancia poblacional, b) preferencia de algunas presas y c) distancia a las áreas de aposentamiento y reproducción. En este sentido, HOFFMAN *et al.* (1981) demostraron que *la presencia de algunas especies podría afectar el forrajeo de otras, mostrando que las agregaciones de aves tienen funciones relacionadas a la colaboración interespecífica durante la alimentación*. En el presente estudio se observó que el grupo de aves guaneras fue el más abundante en relación a la frecuencia de avistamientos, registrándose casi siempre juntos durante las interacciones.

En el estudio realizado en el puerto de Huacho entre 1976 y 1977, DUFFY *et al.* (1983) encontraron que *S. variegata* estuvo en el 95% de las observaciones, seguido por *L. bougainvillii* 77%, *P. thagus* 29%, *L. inca* 25% y *A. grisea* 12%. En contraste, en esta investigación se detectó que las

extent than marine mammals, in terms of the presence per fishing set, coinciding with the study of BURGESS *et al.* (2018) who found a greater incidence of seabirds in the reports of interactions.

Among the species recorded interacting, some birds are at risk according to the International Union for Conservation of Nature (IUCN), such as the Critically Endangered (CR) Galapagos albatross, both species of shearwaters and the Humboldt penguin, which are Vulnerable (VU), and the guanay cormorant, which is categorized as Near Threatened (NT). In national legislation, the aforementioned species are also in endangered categories. Regarding marine mammals, the presence of the dusky dolphin, categorized as Vulnerable by the IUCN, stands out. This finding is of great importance because data on the interactions between fisheries and endangered species are essential for risk assessments, species-based population models, and as inputs for ecosystem models to assess the large-scale ecosystem effects of fisheries (GRAY & KENNELLY, 2018).

The frequency of sightings indicates that there is a noticeable difference between the various species of seabirds and their interaction with fishing activity, and the possible causes would be: a) population abundance, b) preference for some prey, and c) distance to colonies and breeding areas. In this regard, HOFFMAN *et al.* (1981) demonstrated that the presence of some species could affect the foraging of others, showing that bird aggregations have functions related to interspecific collaboration during feeding. We observed in our study that the guano group was the most abundant in terms of the frequency of sightings, being recorded together most of the time during the interactions.

DUFFY *et al.* (1983) found, in their study conducted in the port of Huacho between 1976 and 1977, *S. variegata* in 95% of the observations, followed by *L. bougainvillii* 77%, *P. thagus* 29%, *L. inca* 25%, and *A. grisea* 12%. However, our research found that the

especies avistadas con mayor frecuencia fueron *L. inca* (26,69%), *P. thagus* (24,44%), *S. variegata* (22,95%), *A. grisea* (8,40%) y *L. bougainvillii* (3,80%). Ambos resultados muestran similitudes en la composición de especies encontradas; sin embargo, durante el estudio de DUFFY, se observa dominancia de *S. variegata*, lo que no ocurre en nuestro caso, pues la especie más frecuente fue *L. inca*. Asimismo, se registró alta incidencia de *L. bougainvillii*, mientras que, en el nuestro, fue de las especies menos frecuente. Estas diferencias podrían estar relacionadas a la naturaleza de aglomeración de las presas y la distancia a costa de las embarcaciones, lo que significaría que *S. variegata* y *L. bougainvillii* está más relacionado a cardúmenes cercanos a costa que sustentan la pesquería artesanal, mientras que la flota industrial, por la aglomeración de presas que ocasiona, es más atractiva para especies como *L. inca* y *P. thagus*.

En relación a este punto, ZAVALAGA y PAREDES (1999) reportaron que *L. bougainvillii* fue registrado forrajeando cerca a costa (1 – 3 km de distancia), además de encontrar que fueron capaces de alimentarse no solo en la superficie de la columna de agua, sino a mayores profundidades, lo que también concuerda con la presencia de peces mesopelágicos y bentónicos en su dieta encontrados por JAHNCKE y GOYA (1997). Nuestro estudio sugiere que esta especie no tiene preferencia por alimentarse en las redes de la flota industrial, quizás porque no tiene la facilidad para bucear a mayores profundidades y es una actividad que se realiza lejos de costa.

En el presente estudio también se registraron especies de albatros y pardelas, cuyas poblaciones mundiales se encuentran decreciendo, en algunos casos. Según la UICN *P. irrorata* se encuentra categorizado como "En Peligro" (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2013), por lo que sus registros podrían aportar información valiosa para implementar planes de manejo regionales. Esta especie anida en dos lugares: Isla Española, en su mayoría e Isla de la Plata (ANDERSON y CRUZ, 1998), ambas frente a Ecuador. JOUVENTIN & WEIMERSKIRCH (1990) mencionan que los albatros realizan viajes largos de cientos de kilómetros durante la temporada de reproducción. En el caso de *P. irrorata*, AWKERMANN *et al.* (2014) encontraron

most frequently sighted species were *L. inca* (26.69%), *P. thagus* (24.44%), *S. variegata* (22.95%), *A. grisea* (8.40%), and *L. bougainvillii* (3.80%). Both results show similarities in the composition of species found; although, during Duffy's study, *S. variegata* dominates, which is not the case in our study, since the most frequent species was *L. inca*. Likewise, a high incidence of *L. bougainvillii* was recorded, while in our study it was one of the least frequent species. These differences could be related to the agglomeration nature of the prey and the distance of the vessels from the coast, which would mean that *S. variegata* and *L. bougainvillii* are more related to shoals close to the coast that support the artisanal fisheries, while the industrial fleet, due to the agglomeration of prey, is more attractive to species such as *L. inca* and *P. thagus*.

In this respect, ZAVALAGA & PAREDES (1999) reported that *L. bougainvillii* was recorded foraging close to shore (1 – 3 km away), and found that they were able to feed not only at the surface of the water column but also at greater depths, which is also consistent with the presence of mesopelagic and benthic fishes in their diet found by JAHNCKE & GOYA (1997). Our study suggests that this species does not have a preference for feeding in the nets of the industrial fleet, perhaps because it does not have the facility to dive to greater depths and it is an activity that is carried out far from the coast.

We also recorded albatross and shearwater species in this study, some of whose global populations are declining. According to the IUCN, *P. irrorata* is categorized as "Endangered" (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2013). This species nests in two places: Isla Española and Isla de la Plata (ANDERSON y CRUZ, 1998), both off Ecuador. JOUVENTIN & WEIMERSKIRCH (1990) mention that albatrosses make long journeys of hundreds of kilometers during the breeding season. For *P. irrorata*, AWKERMANN *et al.* (2014) found that the travel destination of these seabirds during the breeding season, which occurs between April and June, was the Peruvian upwelling area,

que el destino de los viajes de estas aves marinas durante la época reproductiva, que ocurre entre abril y junio, era la zona de afloramiento de Perú, lo que coincide con la primera temporada de pesca de anchoveta. En este sentido, nuestro estudio registró una frecuencia de avistamiento de 4,39% durante los cinco años de estudio, con un promedio de $54 \pm 31,14$ registros entre mayo y julio, aumentando durante noviembre y diciembre, con promedio de $120,75 \pm 19,60$ individuos. Estos resultados podrían indicar que los viajes largos realizados por esta especie no son tan comunes durante la temporada reproductiva, sino que se intensifican una vez terminada la misma.

Otros autores consideran que *P. irrorata* aprovecha las zonas de frentes oceánicos, preferentemente los de quiebre de plataforma continental, debido a que la confluencia de masas de agua de distintas densidades activa la productividad, concentrando alimento para esta especie (ACHA *et al.*, 2015). Otros frentes, como el ecuatorial, donde existen gradientes intensos en temperatura y salinidad (RINCÓN-MARTÍNEZ *et al.*, 2011; ZUTA y GUILLÉN, 1970) además de la convergencia entre las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) (ASTO CÓRDOVA, 2018) representan lugares esenciales para varias especies de albatros que utilizan estas zonas para buscar sus presas (XAVIER *et al.*, 2004). Precisamente, en la presente investigación notamos una fuerte agregación de albatros de Galápagos y albatros del género *Thalassarche* en estas zonas, lo que sería una respuesta de la especie a la ocurrencia de la disponibilidad de presas. Además, la pesquería industrial representa una oferta de presas importante, pues aglomeran un gran número de peces por lance de pesca. Según NEVITT (2000), los albatros tienen capacidad olfativa para hallar alimento, planteando la hipótesis de que las señales de olor mejoran las tasas de encuentro con las presas, la misma que aumenta con el tamaño del parche de presas. Estos hallazgos ayudarían a explicar la presencia de albatros durante los lances de pesca y como los peces encerrados en las redes de pesca facilitan el forrajeo al emitir señales olfativas.

REYES (2009) reporta la existencia de dos formas de la especie *T. truncatus* frente a Perú: el bufeo costero, que ingiere peces como anchoveta,

which coincides with the first anchoveta fishing season. In this sense, our study recorded a sighting frequency of 4.39% during the five years of study, with an average of 54 ± 31.14 records between May and July, increasing during November and December, with a mean of 120.75 ± 19.60 individuals. These results could indicate that the long trips made by this species are not so common during the reproductive season, but intensify after the end of the season.

Other authors consider that *P. irrorata* benefits from ocean fronts, preferably those of continental shelf break, because the confluence of water masses of different densities activates productivity, thus concentrating food for this species (ACHA *et al.*, 2015). Other fronts, such as the equatorial, where there are intense gradients in temperature and salinity (RINCÓN-MARTÍNEZ *et al.*, 2011; ZUTA y GUILLÉN, 1970) as well as the convergence between Surface Equatorial Waters (SEW) and Surface Tropical Waters (STW) (ASTO - CÓRDOVA, 2018) are essential locations for several species of albatrosses that use these areas to forage (XAVIER *et al.*, 2004). We noted a strong aggregation of Galapagos albatrosses and albatrosses of the genus *Thalassarche* in these areas during our research, which would be a response of the species to the occurrence of prey availability. In addition, the industrial fisheries represent an important supply of prey, as they aggregate a large number of fish per fishing set. According to NEVITT (2000), albatrosses have an olfactory ability to find food, hypothesizing that odor cues improve prey encounter rates, which increases with prey patch size. These findings would help explain the presence of albatrosses during fishing hauls and how fish enclosed in fishing nets facilitate foraging by emitting olfactory signals.

Off Peru, REYES (2009) reported the existence of two forms of the species *T. truncatus*: the coastal, which eats fish such as anchoveta, flathead mullet, and lorna drum; and the oceanic, which has a preference for mesopelagic species, jack mackerel, and oceanic squid. It also indicates that the distribution of the

lisa, lorna; y el oceánico, que tiene preferencia por especies mesopelágicas, jurel y calamares oceánicos. Además, indica que la distribución de la forma costera se encuentra a una distancia no mayor a 2 km de la orilla, mientras que la oceánica se puede observar entre las 20 y 50 millas de costa. Ambos bufeos habitan entre Tumbes y Tacna. En el presente estudio se reporta la presencia de la especie *T. truncatus* con frecuencia en los lances de anchoveta entre el 2015 y 2019, lo que coincide con la descripción del autor, por lo que, el grupo que interactúa con la flota industrial, sería la forma costera. Del mismo modo, los registros de esta especie se concentran entre Chicama y Callao, concordando con RIDGWAY *et al.* (1998), que indican que el delfín nariz de botella es encontrado, frecuentemente a lo largo de la plataforma continental.

En relación al delfín oscuro *L. obscurus*, VAN WAEREBEEK (1994) refiere que se distribuye en la plataforma continental, especialmente en aguas frías. Otros autores encontraron que este delfín ingiere principalmente anchoveta, peces linterna, jurel, merluza, camotillo, entre otros (REYES, 2009; MCKINNON, 1993). Esta información coincide con la encontrada en nuestra investigación, pues esta especie fue la más avistada durante el periodo estudiado y se encontró con mayor frecuencia entre Pimentel y Pisco. Otro hallazgo importante es la presencia de *D. capensis* y *D. delphis*, ambos delfines que son avistados comúnmente en la costa peruana, no obstante, REYES (2009) diferencia a ambas especies por su distribución, pues infiere que *D. delphis* tiene una distribución más extensa que su contraparte *D. capensis*, en aguas templado-frías, templadas y tropicales de los océanos Atlántico y Pacífico, a gran distancia de la costa. No obstante, es importante mencionar que la identificación exacta de esta especie es bastante difícil desde el mar, por lo que en muchos casos puede haber confusiones en los avistamientos. Lamentablemente, en la presente investigación no tuvimos registros de marsopa espinosa *P. spinipinnis*, lo que podría estar asociado a que esta especie se encuentra restringida a las aguas costeras sobre la plataforma continental de Sudamérica y su comportamiento es más asustadizo y menos curioso que otros delfines (BERTA & SUMICH, 1999).

coastal form is found at a distance of no more than 2 km offshore, while the oceanic form can be observed between 20 and 50 miles offshore. Both forms are found between Tumbes and Tacna. Our study reports the presence of *T. truncatus* frequently in anchoveta hauls between 2015 and 2019, which coincides with the author's description; therefore, the group interacting with the industrial fleet would be the coastal form. Similarly, the records of this species are concentrated between Chicama and Callao, which is consistent with RIDGWAY *et al.* (1998), who indicate that the common bottlenose dolphin is frequently found along the continental shelf.

Regarding the dusky dolphin *L. obscurus*, VAN WAEREBEEK (1994) reports that it is distributed on the continental shelf, especially in cold waters. Other authors found that this dolphin feeds mainly on anchoveta, lanternfish, jack mackerel, Peruvian hake, mote sculpin, among others (REYES, 2009; MCKINNON, 1993). This information coincides with what we found in our research, as this species was the most sighted during the study period and was found most frequently between Pimentel and Pisco. The presence of *D. capensis* and *D. delphis* is another important finding since both dolphins are commonly sighted on the Peruvian coast, however, REYES (2009) differentiates both species by their distribution, as the author infers that *D. delphis* has a more extensive distribution than *D. capensis*, in temperate-cold, temperate, and tropical waters of the Atlantic and Pacific oceans, at a great distance from the coast. Nonetheless, it is noteworthy that the exact identification at sea of this species is quite difficult, so in many cases, there may be confusion in sightings. Unfortunately, we had no records of spiny porpoise *P. spinipinnis* during the study period, probably because this species is restricted to coastal waters over the South American continental shelf and its behavior is more skittish and less curious than other dolphins (BERTA & SUMICH, 1999).

El año 2016 se consideró un Evento El Niño (IMARPE, 2016) dado que, en el verano (enero – abril), las condiciones térmicas presentaron anomalías positivas $>+2,0^{\circ}\text{C}$, además de registrarse presencia de aguas ecuatoriales superficiales (AES) y aguas subtropicales superficiales (ASS), siendo dominantes las ASS. El siguiente año, se caracterizó, durante los meses de verano, por el desarrollo de un Niño costero que se calificó con intensidad moderada y por sus impactos se consideró el tercer “Fenómeno El Niño” más intenso de, al menos, los últimos cien años en el Perú (IMARPE, 2017). En relación a estas condiciones, MAJLUF (1989) manifiesta que durante los eventos El Niño, la anchoveta se profundiza o se dispersa, por lo que depredadores como los lobos marinos deben gastar más energía durante el forrajeo. A su vez, BALLANCE *et al.* (2006), WANG & FIEDLER (2006), mencionan que tanto las aves como los mamíferos marinos están relacionados con los factores ambientales y las masas de agua, por lo que las variaciones oceanográficas a escalas estacionales e interanuales, incluyendo a El Niño Oscilación Sur; se espera que se reflejen en los cambios en la distribución o éxito reproductivo. Estos hallazgos explicarían el motivo por el que en 2016 y 2017 se reportó la menor cantidad de registros de aves y mamíferos marinos de los cinco años de estudio.

El Niño event was reported for 2016 (IMARPE, 2016) given that in the summer (January - April), the thermal conditions showed positive anomalies $>+2.0^{\circ}\text{C}$, plus the presence of surface equatorial waters (SEW) and surface subtropical waters (SSTW), with the latter being dominant. The year 2017 was characterized, during the summer months, by the development of the coastal El Niño that was classified with moderate intensity and due to its impacts, it was considered the third most intense “El Niño Phenomenon” of at least the last hundred years in Peru (IMARPE, 2017). About these conditions, MAJLUF (1989) states that during EN events, anchoveta deepens or disperse, so predators such as sea lions must expend more energy during foraging. In turn, BALLANCE *et al.* (2006), WANG & FIEDLER (2006), mention that environmental factors and water masses are related to both birds and marine mammals, so oceanographic variations at seasonal and interannual scales, including the El Niño Southern Oscillation, are expected to be reflected in changes in distribution or reproductive success. These findings would explain why 2016 and 2017 reported the lowest number of seabird and marine mammal records during the study period.

5. REFERENCIAS

- ABRAHAM, E., BERKENBUSCH, K., RICHARD, Y. (2010). The capture of seabirds and marine mammals in New Zealand non-commercial fisheries. Ministry of Fisheries.
- ACHA, E., PIOLA, A., IRIBARNE, O., MIANZAN, H. (2015). Ecological Processes at Marine Fronts: Oases in the Ocean. Springer Cham, Heidelberg; New York; Dordrecht; London. 66 pp.
- ALHEIT, J., ÑIQUEÑ, M. (2004). Regime shifts in the Humboldt Current ecosystem. *Progress in Oceanography*, 60(2-4), 201-222.
- ANDERSON, D., CRUZ, F. (1998). Biology and management of the Waved Albatross at the Galápagos Islands. In: Robertson, G. & Gales, R. (Eds). *Albatross biology and conservation*. Chipping Norton: Surrey Beatty & Sons, pp. 105-109.
- ARIAS SCHREIBER, M. (1996). Informe sobre el estado de conocimiento y conservación de los mamíferos marinos en el Perú. Informe Progresivo IMARPE, 38, 3-30.
- ASTO-CÓRDOVA, C. (2018). Variabilidad espacio-temporal del frente ecuatorial en el Océano Pacífico Oriental. oai:repositorio.upch.edu.pe:upch/1425
- AWKERMAN, J. A., CRUZ, S., PROANO, C., HUYVAERT, K. P., UZCÁTEGUI, G. J., BAQUERO, A., *et al.* (2014). Small range and distinct distribution in a satellite breeding colony of the critically endangered Waved Albatross. *J Ornithol*, 155, 367-378.
- BAKUN, A., WEEKS, S. (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), 290-299.
- BALANCE, L., PITMAN, R., FIEDLER, P. (2006). Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 360-390.
- BERTA, A; SUMICH, J. (1999). *Marine mammals, evolutionary biology*. Academic Press, San Diego.
- BERTRAND, A., GERLOTTO, F., BERTRAND, S., GUTIÉRREZ, M., ALZA, L., CHIPOLINI, A., ... & PERALTILLA, S. (2008). Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: An analysis across multiple spatial scales. *Progress in Oceanography*, 79(2-4), 264-277.
- BERTRAND, S., DÍAZ, E., LENGAINNE, M. (2008). Patterns in the spatial distribution of Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) revealed by spatially explicit fishing data.

- Progress in Oceanography, 79 (2–4), 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.009>
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. (2013). *Phoebastria irrorata*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species.
- BOUCHON, M., ÑIQUEÑ, M., ARIAS-SCHREIBER, M., BELLO, R. (1998). Manual de operaciones del proyecto Bitácoras de Pesca. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, 74, 34.
- BURGESS, M., McDERMOTT, G., OWASHI, B., PEAVEY REEVES, L., CLAVELLE, T., OVANDO, D., COSTELLO, C. (2018). Protecting marine mammals, turtles, and birds by rebuilding global fisheries. *Science*, 359(6381), 1255–1258.
- CAIRNS, D. (1987). Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biol. Oceanogr.*, 5, 261–271.
- CHAVEZ, F., BARBER, R., SANDERSON, M. (1989). The potential primary production of the Peruvian upwelling ecosystem, 1953–1984. In: Pauly D, Muck P, Mendo J, Tsukayama I (eds) *The Peruvian upwelling ecosystem: 1953–1984*. ICLARM Conf. Proc., 18, 50–63.
- COKER, R. (1920). Peru's wealth-producing birds. *Nat. Geogr. Mag.*, 39, 537–566.
- DEMASTER, D., FOWLER, C., PERRY, S., RICHLIN, M. (2001). Predation and Competition: the impact of fisheries on marine-mammal populations over the next one hundred years. *Journal of Mammalogy*, 82(3), 641–651.
- DUFFY, D. (1983). The foraging ecology of Peruvian seabirds. *The Auk*, 100, 800–810.
- FIGUEROA, J., SUAZO, E. (2020). Distribución de las aves marinas frente a la costa norte-centro del Perú en el invierno de 2010 y su interacción potencial con la pesquería. *The Biologist (Lima)*, 10(1). <https://doi.org/10.24039/rtb2012101461>
- FURNESS, R. (2003). Impacts of fisheries on seabird communities. *Scientia Marina*, 67, 33–45.
- FURNESS, R., CAMPHUYSEN, K. (1997). Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES Journal of Marine Science*, 54(4), 726–737.
- GOOD, S., BAKER, G., GUMMERY, M., VOTIER, S., PHILLIPS, R. (2020). National Plans of Action (NPOAs) for reducing seabird bycatch: Developing best practice for assessing and managing fisheries impacts. *Biological Conservation*, 247, 108592.
- GRACO, M., LEDESMA, J., FLORES, G., GIRÓN, M. (2007). Nutrientes, Oxígeno y Procesos Biogeoquímicos en el Sistema de Surgencias de la Corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista peruana de Biología*, 14(1), 117–128.
- GRAY, C., KENNELLY, S. (2018). Bycatches of endangered, threatened and protected species in marine fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 28(3), 521–541.
- HAMER, K., FURNESS, R., CALDOW, R. (1991). The effects of changes in food availability on the breeding ecology of great skuas *Catharacta skua* in Shetland. *J. Zool., Lond.*, 223, 175–188.
- HOFFMAN, W., HEINEMANN, D., WIENS, J. (1981). The ecology of seabird feeding flocks in Alaska. *The Auk*, 98(3), 437–456.
- IMARPE. 2016. Anuario Científico Tecnológico IMARPE 2016. Inst del Mar del Perú. 276 pp.
- IMARPE. 2017. Anuario Científico Tecnológico IMARPE 2016. Inst. del Mar del Perú. 150 pp.
- JORDÁN, R., FUENTES, H. (1966). Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual: Informe. *Bol Inst Mar Perú*, 10, 31 p.
- 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, 23–41.
- JOUVENTIN, P., WEIMERSKIRCH, H. (1990). Satellite tracking of wandering albatrosses. *Nature*, 343, 746–748.
- LEWISON, R., CROWDER, L., READ, A., FREEMAN, S. (2004). Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(11), 598–604. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.004>
- MAJLUF, P., REYES, J. C. (1989). The Marine Mammals of Peru: A Review. Pp. 344–363.
- McKINNON, J. (1993). Feeding habits of the dusky dolphin, *Lagenorhynchus obscurus*, in the coastal waters of central Peru. *Fishery Bulletin*, 92, 569–579.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2014). Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. DS N° 004-2014-MINAGRI. El Peruano.
- MONTECINO, V., LANGE, C. (2009). The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Progress in Oceanography*, 83(1-4): 65–79.
- 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.
- NEVITT, G. (2000). Olfactory foraging by Antarctic procellariiform seabirds: life at high Reynolds numbers. *The Biol. Bull*, 198, 245–253.
- ÑIQUEÑ, M., BOUCHON, M., CAHUÍN S, DÍAZ E. (2000). Pesquería de anchoveta en la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú*, 19 (1-2): 117 – 124.
- PAULIK, G. (1981). Anchovies, birds and fishermen in the Peru Current' in *Resource Management and Environmental Uncertainty: Lessons from Coastal Upwelling Fisheries*, ed M. Clantz and D. Thompson (New York: Wiley), 35-79.
- PAULY, D., CHRISTENSEN, V., DALSGAARD, J., FROESE, R., TORRES, F. (1998). Fishing down the marine food webs. *Science*, 279, 860–863.
- PAULY, D., CHRISTENSEN, V., GUENETTE, S., PITCHER, T., SUMAILA, U., WALTERS, C., WATSON, R., ZELLER, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418, 689–695.
- REEVES, R., STEWART, B., CLAPHAM, P., POWELL, J. (2005). *Guía de los Mamíferos Marinos del Mundo*. National Audubon Society. Ediciones Omega, Barcelona.
- REYES, J. (2009). *Ballenas, Delfines, y otros Cetáceos de Perú: Una fuente de información*, 1ra Ed. Lima: Squema Ediciones.
- RIDGWAY, S., HARRISON, R., HARRISON, R. (Eds.). (1998). *Handbook of marine mammals: the second book of dolphins and the porpoises*. Elsevier.

- RINCÓN-MARTÍNEZ, D., STEPH, S., LAMY, F., MIX, A., TIEDEMANN, R. (2011). Tracking the equatorial front in the eastern equatorial Pacific Ocean by the isotopic and faunal composition of planktonic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 79(1-2), 24-40.
- SCHULENBERG, T., STOTZ, D., LANE, D., O'NEILL, P., PARKER, I. T. (2010). Aves de Perú. Serie Biodiversidad Corbidi, 1, 1-660.
- SPEAR, L., AINLEY, D. (2008). The seabird community of the Peru Current, 1980-1995, with comparisons to other eastern boundary currents. *Marine Ornithology*, 36: 125-144.
- SPEAR, L., AINLEY, D., WEBB, S. W. (2003). Distribution, abundance and behaviour of Buller's, Chatham Island and Salvin's Albatrosses off Chile and Peru. *Ibis*, 145, 253-269.
- SPEAR, L., AINLEY, D., WEBB, S. W. (2005). Distribution, abundance, habitat use and behaviour of three Procellaria petrels off South America. *Notornis*, 52, 88-105.
- VAN WAEREBEEK, K. (1994). A note on the status of the dusky dolphins (*Lagenorhynchus obscurus*) off Peru. *Reports of the International Whaling Commission (Special issue 15)*, 525-527.
- WANG, C., FIEDLER, P. C. (2006). ENSO variability in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 239-266.
- WEIMERSKIRCH, H., WILSON, R. (2000). Oceanic respite for wandering albatrosses. *Nature*, 406, 955-956
- XAVIER, J., TRATHAN, P., CROXALL, J., WOOD, A., PODESTA, G., RODHOUSE, P. (2004). Foraging ecology and interactions with fisheries of wandering albatrosses (*Diomedea exulans*) breeding at South Georgia. *Fisheries Oceanography*, 13(5), 324-344.
- ZAVALAGA, C., PAREDES, R. (1999). Foraging behaviour and diet of the Guanay Cormorant. *South African Journal of Marine Science*, 21, 251-258.
- ZUTA, S., GUILLÉN, O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 2, 157-324.