

ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE MAMÍFEROS MARINOS Y SU RELACIÓN CON PRESENCIA DE PRESAS. ANTAR XXVI, VERANO AUSTRAL 2019

ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF MARINE MAMMALS AND THEIR RELATIONSHIP WITH PREY AVAILABILITY. ANTAR XXVI, AUSTRAL SUMMER 2019

Regina Aguilar-Arakaki¹

Manuel Ochoa-Madrid¹

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i1.361>

RESUMEN

AGUILAR-ARAKAKI R, OCHOA-MADRID M. (2022). Abundancia y distribución de mamíferos marinos y su relación con presencia de presas. *Antar XXVI, verano austral 2019. Bol Inst Mar Perú. 37(1): 113-127.*- El objetivo de la publicación es determinar abundancia y distribución de mamíferos marinos y su relación con la abundancia de presas y condiciones ambientales en el Estrecho de Bransfield y alrededores de isla Elefante durante la Campaña Antar XXVI. Los avistamientos fueron realizados por dos observadores entre el 31 de diciembre 2018 y 15 de enero 2019 en el puente de mando del BAP Carrasco durante las horas de luz (06:00 – 22:00), siguiendo un trayecto determinado por el IMARPE. Se observaron 323 cetáceos; de cuatro especies identificadas, la más abundante fue la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, con 134 avistamientos y 207 individuos; las otras especies identificadas fueron: ballena de aleta *Balaenoptera physalus* (31 avistamientos, 49 individuos), calderón de aleta larga o ballena piloto *Globicephala melas* (1 avistamiento, 25 individuos) y orca *Orcinus orca* (1 avistamiento, 2 individuos). La ballena jorobada estuvo agregada principalmente en el Estrecho de Bransfield, asociada a cortas distancias de la costa y presencia dispersa de krill, mientras que la ballena de aleta se registró mayormente en los alrededores de isla Elefante, asociada a mayores valores de temperatura superficial del mar y profundidad, así como mayores volúmenes de eufáusidos.

PALABRAS CLAVE: mamíferos, cetáceos, Antártida, distribución, krill

ABSTRACT

AGUILAR-ARAKAKI R, OCHOA-MADRID M. (2022). Abundance and distribution of marine mammals and their relationship with prey availability. *Antar XXVI, austral summer 2019. Bol Inst Mar Peru. 37(1): 113-127.*- Our goal is to determine the abundance and distribution of marine mammals and their relationship with prey availability and environmental conditions in the Bransfield Strait and surrounding areas of Elephant Island during the ANTAR XXVI Expedition, from December 31st to January 15th. Two observers made sightings from the BAP (Peruvian Army Vessel) Carrasco's bridge deck during daylight (06:00 – 22:00), following a track determined by IMARPE. A total of 323 cetaceans were sighted; of four species identified, the most abundant was the humpback whale *Megaptera novaeangliae*, with 134 sightings, and 207 individuals. The other identified species were: fin whale *Balaenoptera physalus* (31 sightings, 49 individuals), long-finned pilot whale *Globicephala melas* (1 sighting, 25 individuals), and killer whale *Orcinus orca* (1 sighting, 2 individuals). Humpback whales were mainly aggregated in the Bransfield Strait, associated with shorter distances from the coast and dispersed krill presence, whilst fin whales were recorded in the surroundings of Elephant Island, associated with higher sea surface temperatures, depth, and larger volumes of euphausiids.

KEYWORDS: mammals, cetaceans, Antarctica, distribution, krill

1. INTRODUCCIÓN

Los mamíferos marinos tienen un papel importante en la configuración de la estructura de los ecosistemas marinos; por ello, los cambios en la abundancia y comportamiento de depredadores, especialmente los mamíferos marinos pueden servir como indicadores de cambios en el ecosistema (TRITES, 1997). Particularmente, las ballenas son buenos indicadores biológicos del estado del eco-

1. INTRODUCTION

Marine mammals are important in shaping the structure of marine ecosystems; therefore, changes in the abundance and behavior of predators, especially marine mammals, can serve as indicators of changes in the ecosystem (TRITES, 1997). Whales are particularly good biological indicators of the ecosystem status since they accumulate anthropogenic pollutants

¹ Instituto del Mar del Perú. raguilar@imarpe.gob.pe; mochoa@imarpe.gob.pe

sistema ya que acumulan contaminantes antrópicos que tienen implicancias no solo en la salud humana y de los cetáceos, sino también en la salud de los ecosistemas oceánicos (HOYT, 2011).

La distribución de ballenas ha estado asociada a parámetros oceanográficos y batimétricos en muchas regiones del mundo (TYNAN *et al.*, 2005; LARAN & GANNIER, 2008), incluyendo las aguas antárticas (RIBIC *et al.*, 2008; FRIEDLAENDER *et al.*, 2006). Sin embargo, es conocido que las ballenas realizan grandes migraciones desde sus zonas de reproducción hacia las aguas que rodean el continente antártico en el verano para alimentarse y almacenar energía (TYNAN, 1998; REID *et al.*, 2000); por lo tanto, es probable que la presa sea la principal determinante de la distribución de las ballenas (CROLL *et al.*, 2005; FRIEDLAENDER *et al.*, 2006). Por ello, *la consecuencia de reducción de abundancia de la presa puede ser pérdida de una generación completa en algunos mamíferos marinos debido a altas tasas de mortalidad y al bajo peso corporal al nacer, que podría constituir una de las fuerzas evolutivas que modeló la historia de vida de los mamíferos marinos (tiempo de vida prolongado, bajas tasas reproductivas, resistencia a corto plazo a la reducción de abundancia de presa)* (TRITES, 2001).

La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowsky, 1781, familia Balaenopteridae) realiza migraciones estacionales; se reproduce en latitudes bajas en el invierno, y sus zonas de alimentación se encuentran en latitudes medias y altas. En la Antártida, se la asocia con hábitats hacia el norte del borde de hielo. La distribución de la ballena jorobada durante diciembre y enero coincide con la posición climatológica promedio del límite sur de la corriente circumpolar antártica. Las áreas de presencia de esta especie siguen el retroceso hacia el sur del borde de hielo; aprovechando las áreas de alta productividad asociadas con el desarrollo continuo de la zona de hielo marginal durante la estación, moviéndose cerca al continente antártico en febrero (BOMBOSCH *et al.*, 2014). En la Antártida, se diferencian cinco áreas de alimentación para esta especie; a través de foto identificación, análisis genético y telemetría satelital, se ha logrado determinar que los ejemplares que se reproducen en las costas de Colombia, Ecuador y Perú, se alimentan principalmente en las proximidades de la Península Antártica (BASTIDA *et al.*, 2007; REYES, 2009), la cual es una zona de alta biodiversidad y productividad, que también constituye un hábitat

that have implications not only for human and cetacean health but also for the health of ocean ecosystems (HOYT, 2011).

Whale distribution has been associated with oceanographic and bathymetric parameters in many regions of the world (TYNAN *et al.*, 2005; LARAN & GANNIER, 2008), including Antarctic waters (RIBIC *et al.*, 2008; FRIEDLAENDER *et al.*, 2006). Nevertheless, including Antarctic waters (TYNAN, 1998; REID *et al.*, 2000); thus, it is likely that prey is the main determinant of whale distribution (CROLL *et al.*, 2005; FRIEDLAENDER *et al.*, 2006). Therefore, reduced prey availability may result in the loss of an entire generation in some marine mammals due to high mortality rates and low body weight at birth, which could be one of the evolutionary forces shaping the life history of marine mammals (long life span, low reproductive rates, short-term resistance to reduced prey availability) (TRITES, 2001).

The humpback whale *Megaptera novaeangliae* (Borowsky, 1781, family Balaenopteridae) makes seasonal migrations. It breeds at low latitudes in the winter, and its feeding grounds are in mid and high latitudes. In Antarctica, it is associated with habitats north of the ice edge. The humpback whale's distribution during December and January coincides with the average climatological position of the southern boundary of the Antarctic Circumpolar Current (ACC). The areas of occurrence of this species follow the southward retreat of the ice edge; benefiting from areas of high productivity associated with the continued development of the marginal ice zone during the season, moving close to the Antarctic continent in February (BOMBOSCH *et al.*, 2014). In Antarctica, five feeding grounds are differentiated for this species; through photo identification, genetic analysis, and satellite telemetry, it has been possible to determine that specimens breeding on the coasts of Colombia, Ecuador, and Peru, feed mainly in the vicinity of the Antarctic Peninsula (BASTIDA *et al.*, 2007; REYES, 2009), which is a highly biodiverse and productive area that is also a critical feeding habitat for other species such as the fin whale *Balaenoptera physalus* (Linnaeus,

crítico de alimentación para otras especies como la ballena de aleta *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758, familia Balaenopteridae) y la ballena minke *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister, 1867, familia Balaenopteridae) (FRIEDLAENDER *et al.*, 2018)

La ballena de aleta, es el segundo animal más grande del planeta, se encuentra en aguas oceánicas cerca de las islas Shetland del Sur (SANTORA *et al.*, 2014; HERR *et al.*, 2016). De igual manera, la zona noroeste del Estrecho de Bransfield y el Mar de Scotia presenta cada vez más individuos de ballena de aleta (FRIEDLAENDER *et al.*, 2018).

El Océano Austral es un ecosistema basado en la presencia de krill, el cual da soporte a grandes poblaciones de aves y mamíferos marinos (LOEB *et al.*, 1997; NICOL *et al.*, 2008). La incorporación de métodos hidroacústicos para evaluar abundancia de presa ha permitido probar hipótesis que relacionan abundancia y distribución tanto de aves como de mamíferos marinos con relación a la disponibilidad de sus presas (HUNT, 1991). La Antártida ofrece un ecosistema casi ideal donde desarrollar este tipo de estudios, debido a que el krill *Euphausia superba* (Dana, 1850, familia Euphausiidae), es dominante en el segundo nivel trófico, constituyendo el principal alimento de aves, mamíferos marinos y otras especies (FURNESS & MONAGHAN, 1987).

El presente trabajo tiene por objetivo informar sobre abundancia y distribución de mamíferos marinos registrados durante el crucero de evaluación de biomasa de krill *Euphausia superba* en el Estrecho de Bransfield y alrededores de isla Elefante y su relación con la abundancia de presas y parámetros ambientales en el marco de la Expedición ANTAR XXVI en el verano austral 2019.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Comprendió las zonas del Estrecho de Bransfield, Joinville y alrededores de la isla Elefante.

El Estrecho de Bransfield es la parte del Océano Antártico de unos 50.000 km², comprendido entre las islas Shetland del Sur, por el norte, y la

1758, family Balaenopteridae) and the minke whale *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister, 1867, family Balaenopteridae) (FRIEDLAENDER *et al.*, 2018)

The fin whale is the second-largest animal on the planet, found in oceanic waters near the South Shetland Islands (SANTORA *et al.*, 2014; HERR *et al.*, 2016). Similarly, the northwest area of the Bransfield Strait and the Scotia Sea has an increasing number of fin whale individuals (FRIEDLAENDER *et al.*, 2018).

The Southern Ocean is an ecosystem based on the presence of Antarctic krill, which supports large populations of seabirds and marine mammals (LOEB *et al.*, 1997; NICOL *et al.*, 2008). Hydroacoustic methods for assessing prey abundance have been used to test hypotheses that relate the abundance and distribution of both seabirds and marine mammals to prey availability (HUNT, 1991). Antarctica offers an almost ideal ecosystem in which to develop this type of study, because the Antarctic krill *Euphausia superba* (Dana, 1850, family Euphausiidae), is a dominant organism in the second trophic level, and is the main food of birds, marine mammals, and other species inhabiting there (FURNESS & MONAGHAN, 1987).

Our work is aimed to report on the abundance and distribution of marine mammals recorded during the biomass assessment cruise of Antarctic krill *Euphausia superba* in the Bransfield Strait and the surroundings of Elephant Island and its relationship with prey availability and environmental parameters during the ANTAR XXVI Expedition in the southern summer of 2019.

2. MATERIAL AND METHODS

Study area

This area included the Bransfield Strait, Joinville, and the vicinity of Elephant Island.

The Bransfield Strait extends over about 50,000 km² of the Antarctic Ocean between the South Shetland Islands to the north and the Antarctic Peninsula and the Joinville Archipelago to

Península Antártica y el archipiélago Joinville, por el sur (GARCÍA *et al.*, 2002). Las islas Shetland del sur comprenden un grupo de islas en el océano Antártico situadas a 120 km de distancia de la costa de la península antártica, entre el Paso Drake por el norte y el estrecho de Bransfield por el sur.

El punto de inicio de la observación de mamíferos marinos fue en las inmediaciones de la isla Smith (-63,05828°S, -62,16953°O), y terminó hacia el norte de la isla Rey Jorge en la posición -60,84171°S, -58,3922°O (Fig. 1).

Recolección de datos

Los avistamientos se realizaron durante la XXVI Campaña Antártica peruana, a bordo del BAP Carrasco, del 31 de diciembre 2018 al 15 de enero 2019. El buque siguió una trayectoria determinada por el IMARPE en el Estrecho de Bransfield, isla Joinville y las proximidades de isla Elefante. El muestreo aplicado fue de tipo sistemático.

Los avistamientos y obtención de datos se llevaron a cabo al interior del puente de comando del BAP Carrasco, cubriéndose un campo visual de 180°, a una altura aproximada de 16 m, y velocidad de 10-11 nudos. Participaron dos observadores realizando observaciones simultáneas con binoculares aumento 10 X 50, ubicados en ambas bandas del puente de comando, repartiéndose los ángulos de 0° a 90° y de 270° a 360°. El esfuerzo de observación consistió en sesiones de avistamiento durante las horas de luz, entre las 6:00 y las 22:00 h, cuando el buque se encontraba en movimiento, interrumpiéndose los registros durante la ejecución de estaciones oceanográficas, lances y estaciones de bentos, y en ocasiones en las que la visibilidad se vio afectada por las condiciones ambientales (SANTORA *et al.*, 2010).

Para cada sesión de avistamiento se registró hora de inicio y hora de término (los cierres de sesión estuvieron determinados por el inicio de estaciones oceanográficas, lances o estaciones de bentos, también se cerró sesión en presencia de condiciones ambientales desfavorables, y al final de la jornada). En cada avistamiento, se registró especie, número de individuos, composición y patrones de comportamiento de los animales (como alimentación, saltos, nado lento o rápido, reacción hacia el buque) y presencia de crías. También, se tomó hora y minutos del avistamiento y la posición geográfica (latitud y longitud)

the south (GARCÍA *et al.*, 2002). The South Shetland Islands are a group of islands in the Antarctic Ocean located 120 km off the coast of the Antarctic Peninsula, between the Drake Passage to the north and the Bransfield Strait to the south.

Sightings of marine mammals began in the vicinity of Smith Island (-63.05828°S, -62.16953°W), and ended to the north of King George Island at -60.84171°S, -58.3922°W (Fig. 1).

Data collection

During the XXVI Peruvian Antarctic Expedition, the sightings were made aboard the BAP Carrasco, from December 31, 2018, to January 15, 2019. The vessel followed a track predetermined by IMARPE in the Bransfield Strait, Joinville Island, and the vicinity of Elephant Island. The sampling applied was of the systematic type.

Sightings and data collection were carried out inside the BAP Carrasco's bridge deck, covering a 180° field of view, at an approximate height of 16 m, and a speed of 10-11 knots. Two observers made simultaneous observations with 10 X 50 magnification binoculars, located on both sides of the bridge, with angles from 0° to 90° and from 270° to 360°. The observation effort consisted of sighting sessions during daylight hours, between 6:00 a.m. and 10:00 p.m., when the vessel was in motion, with records being interrupted during the execution of oceanographic stations, sets, and benthos stations, and on occasions when visibility was affected by environmental conditions (SANTORA *et al.*, 2010).

The start and end times were recorded for each sighting session (session closures were determined by the start of oceanographic stations, sets, or benthos stations; they also occurred during unfavorable environmental conditions, and at the end of the day). The species, number of individuals, composition, and behavioral patterns of the animals (such as feeding, jumping, slow or fast swimming, reaction to the vessel), and presence of juveniles were recorded for each sighting. The time of sighting (hour and minutes)

(SANTORA *et al.*, 2010), los cuales servirían para incluir los datos en las unidades de observación de la matriz hidroacústica utilizada para estimar la biomasa. Adicionalmente, se tomaron fotografías para ayudar a su identificación. Durante los avistamientos, se colectó datos de profundidad del fondo marino, temperatura superficial del mar (TSM) y distancia a la costa (datos tomados de los monitores del puente de mando del BAP Carrasco).

La información acústica de krill, con los valores de ecointegración correspondientes a las millas observadas, fue proporcionada por los participantes de la Dirección de Pesca del IMARPE, y fue tomada mediante el sistema EK 80 de la ecosonda SIMRAD cuyas lecturas corresponden a los valores de ecointegración del krill por medio del NASC (coeficiente de dispersión Acústica por Unidad de Área) de las millas observadas durante el recorrido del crucero.

Análisis de datos

Se realizó gráficos de Boxplot, con el paquete ggplot 2 de medianas del RStudio (WICKHAM *et al.*, 2020), para las variables cuantitativas físicas, como temperatura superficial del mar, profundidad y distancia a la costa, con el propósito de comparar y observar los puntos de concentración de cada variable y explicar el comportamiento de las ballenas por zonas durante el crucero.

and geographic position (latitude and longitude) were also noted (SANTORA *et al.*, 2010). This information was then used to include the data in the observation units of the hydroacoustic matrix used to estimate biomass. Photographs were also taken to assist in their identification. Data on seafloor depth, sea surface temperature (SST), and distance to the coast were collected simultaneously with the sightings (data taken from the BAP Carrasco's bridge deck monitors).

The staff of the IMARPE's Fisheries Directorate provided the krill acoustic data, with the echo-integration values corresponding to the miles observed. To do so, they used the EK 80 system of the SIMRAD echo sounder, whose readings correspond to the krill echo-integration values through the NASC (Nautical Area Scattering Coefficient) of the miles observed during the cruise.

Data analysis

Boxplots were made, with the RStudio median ggplot 2 package (WICKHAM *et al.*, 2020), for the quantitative physical variables, such as SST, depth, and distance to the coast, to compare and observe the concentration points of each variable and to explain the behavior of the whales by zones during the cruise.

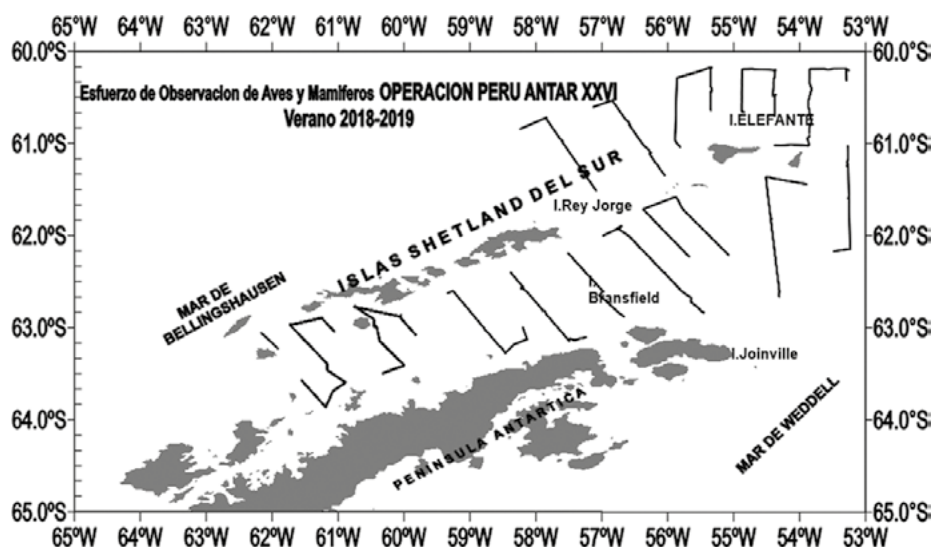


Figura 1.- Esfuerzo de observación de mamíferos marinos durante el recorrido del BAP Carrasco en el Estrecho de Bransfield y alrededores de Isla Elefante. ANTAR XXVI

Figure 1. Marine mammal observation effort during the BAP Carrasco's itinerary in the Bransfield Strait and vicinity of Elephant Island. ANTAR XXVI

Para explicar el comportamiento de las principales especies observadas, se utilizó el Análisis Multivariado de Componentes Principales mediante el programa RStudio con el paquete *ade4* (DRAY *et al.*, 2020) para determinar la relación espacio temporal de las ballenas jorobada y de aleta por zonas de ubicación, por ejemplo, con la temperatura superficial del mar *in situ* y la distancia a la costa y profundidad del zócalo, así como con la información proveniente del NASC y los biovolúmenes de captura.

Se empleó el análisis estadístico de correspondencia múltiple para explicar la relación espacio temporal de las ballenas en zonas de forrajeo con los datos de bio volúmenes de captura de *Euphausia superba* y *Thysanoessa macrura* (Sars, 1883, familia Euphausiidae) obtenidos con la red para recolección de krill *Isaacs-Kidd Midwater Trawls* (IKMT), categorizados en rangos de volúmenes (Tabla 1), integrando el valor oceanográfico de la temperatura superficial del mar y los datos físicos como distancia a la costa (desde 10 hasta 500 mn) y profundidad del mar.

3. RESULTADOS

Desde el 31 de diciembre 2018 hasta el 15 de enero 2019, se llevaron a cabo 63 sesiones de observación, equivalente a un esfuerzo de 1175.5 millas náuticas observadas (Fig. 1).

Abundancia

Se registraron 193 avistamientos de mamíferos marinos, que incluyeron 323 individuos de cetáceos (Tabla 2). No se registraron pinnípedos. Dentro del suborden Mysticeti se identificaron dos especies de la familia Balaenopteridae: la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowsky, 1781) y la ballena de aleta *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758), e individuos sin identificar de la misma familia. La ballena jorobada fue la especie con mayor cantidad de individuos registrados (64,1%) (Fig. 2). Dentro del suborden Odontoceti, familia Delphinidae, se registraron individuos de delfín piloto de aleta larga *Globicephala melas* (Traill, 1809) y orca *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758).

Distribución

La ballena jorobada fue la especie más abundante (92%) en el Estrecho de Bransfield, mientras que la ballena de aleta fue más abundante (85,7%) en los alrededores de la isla Elefante (Fig. 3).

Multivariate Principal Component Analysis was used to explain the behavior of the main species observed using the RStudio software with the *ade4* package (DRAY *et al.*, 2020) to determine the spatio-temporal relationship of humpback and fin whales by location zones, *i. e.*, with *in situ* SST and distance to the coast and depth of the continental platform, as well as with information from the NASC and catch biovolumes.

We used multiple correspondence analysis (MCA) to explain the spatio-temporal relationship of whales in foraging grounds with bio-volume catch data of *Euphausia superba* and *Thysanoessa macrura* (Sars, 1883, family Euphausiidae) which were obtained with the Isaacs-Kidd Midwater Trawl (IKMT) net for krill collection, categorized in volume ranges (Table 1), then we integrated the oceanographic value of SST and physical data such as distance to the coast (from 10 to 500 nm) and sea depth.

3. RESULTS

A total of 63 sighting sessions were conducted from December 31, 2018, through January 15, 2019, which was equivalent to an effort of 1175.5 nm observed (Fig. 1).

Abundance

We recorded 193 sightings of marine mammals, which included 323 cetaceans (Table 2). No pinnipeds were recorded. Two species of the family Balaenopteridae were identified within the suborder Mysticeti: the humpback whale *Megaptera novaeangliae* (Borowsky, 1781) and the fin whale *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758), and unidentified individuals of the same family. The humpback whale was the species with the highest number of individuals recorded (64.1%) (Fig. 2). Within the suborder Odontoceti, family Delphinidae, we recorded individuals of long-finned pilot dolphins *Globicephala melas* (Traill, 1809) and killer whale *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758).

Distribution

Humpback whales were the most abundant species (92%) in Bransfield Strait, while fin whales were most abundant (85.7%) in the vicinity of Elephant Island (Fig. 3).

Tabla 1.- Categorización de los volúmenes de krill recolectados en la red IKMT

Table 1. Categorization of krill volumes collected with the IKMT net

Volumen/ Volume	Rango / range	<i>T. macrura</i> (g)	<i>E. superba</i> (g)
V1	muy bajo /very low	0,005 – 10,00	0,1 – 10,00
V2	Bajo/ low	10,00 – 50,00	10,00 – 50,00
V3	Mediano/ medium	50,00 – 300,00	50,00 – 300,00
V4	Alto/ high		300,00 – 1150,00

Tabla 2.- Especies y número de avistamientos e individuos de mamíferos marinos en la Campaña ANTAR XXVI. Verano austral 2019

Table 2. Species and number of sightings and marine mammal individuals during the ANTAR XXVI Expedition. Southern summer 2019

Especie	Avistamiento	% de avistamiento	Individuos	% de Individuos
<i>Balaenopteridos</i>	26	13,47	40	12,38
<i>Megaptera novaeangliae</i>	134	69,43	207	64,09
<i>Balaenoptera physalus</i>	31	16,06	49	15,17
<i>Globicephala melas</i>	1	0,52	25	7,74
<i>Orcinus orca</i>	1	0,52	2	0,62
TOTAL	193		323	



Figura 2.- Ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* pasando por delante de la proa del BAP Carrasco. Enero 2019

Figure 2. Humpback whale *Megaptera novaeangliae* passing in front of the bow of the BAP Carrasco (January 2019)

El avistamiento de orcas ocurrió en el Estrecho de Bransfield, en las inmediaciones de la isla Trinidad, y el grupo de calderones de aleta larga *Globicephala melas* se registró en los alrededores de la isla Elefante (Fig. 3).

Fuera de las sesiones de avistamiento, se observó en una ocasión un individuo perteneciente a la familia Phocidae acompañado de pingüinos sobre un bloque de hielo; y en otra oportunidad, una manada de aproximadamente 20 individuos de *Globicephala melas* en una estación oceanográfica.

The killer whale sighting occurred in Bransfield Strait, near Trinity Island, and the group of long-finned pilot whales *Globicephala melas* was recorded in the surroundings of Elephant Island (Fig. 3).

Apart from the sighting sessions, an individual belonging to the Phocidae family was observed on one occasion accompanied by penguins on a block of ice, and on another occasion, a pod of approximately 20 individuals of *Globicephala melas* was observed at an oceanographic station.

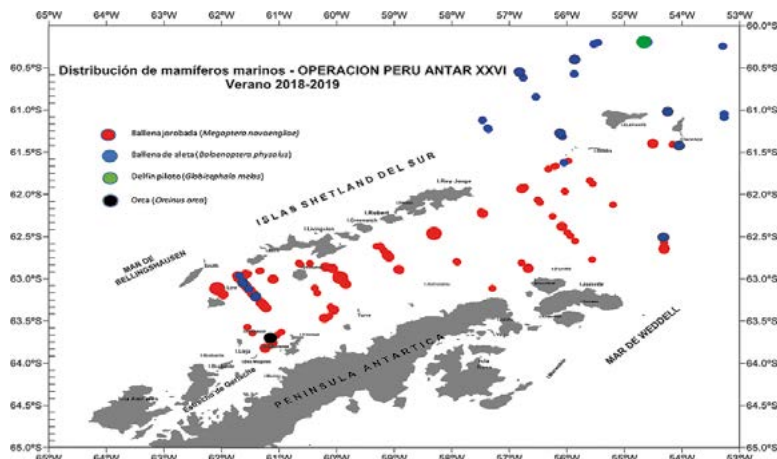


Figura 3.- Distribución de mamíferos marinos, Campaña ANTAR XXVI (31 de diciembre 2018 – 15 de enero 2019)

Figure 3. Marine mammal distribution, ANTAR XXVI Expedition (December 2018 - January, 2019)

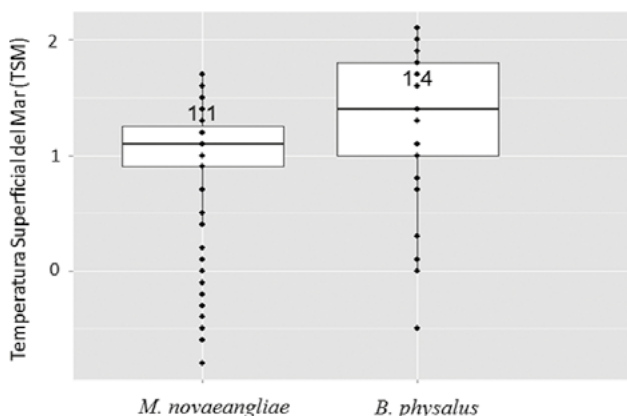


Figura 4.- Análisis de medianas de temperatura superficial del mar ante presencia de ballena jorobada *M. novaeangliae* y ballenas de aleta *B. physalus*, crucero ANTAR XXVI. Enero 2019

Figure 4. Median analysis of SST for the presence of humpback whales *M. novaeangliae* and fin whales *B. physalus*, ANTAR XXVI Expedition. (January 2019)

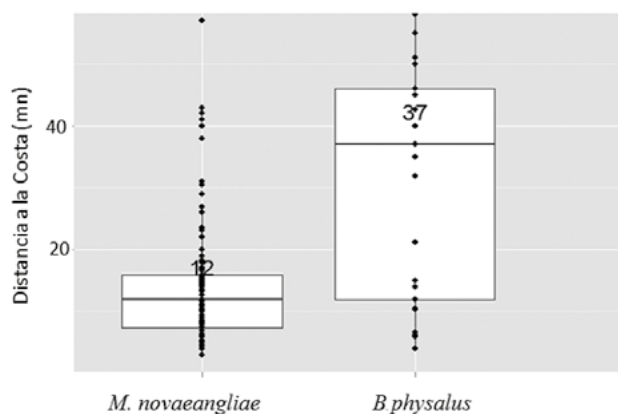


Figura 5.- Análisis de medianas del parámetro distancia a la costa entre las especies *M. novaeangliae* y *B. physalus*, crucero ANTAR XXVI. Enero 2019

Figure 5. Median analysis of the distance to shore parameter between *M. novaeangliae* and *B. physalus* species, ANTAR XXVI Expedition (January 2019)

Análisis de medianas

Este análisis mostró que la especie *B. physalus* estuvo relacionada con masas de agua con temperatura superficial de mar (TSM) ligeramente mayor (1,4°C), encontradas en la zona de isla Elefante, en comparación con *M. novaeangliae* (1,1°C), avistadas en su mayoría en la zona del Estrecho de Bransfield (Fig. 4).

Con respecto a la distancia a la costa, el análisis de medianas mostró que *B. physalus* está asociada a mayores distancias a la costa que *M. novaeangliae* (Fig. 5).

Median analysis

This analysis showed that *B. physalus* was associated with water masses with slightly higher SST (1.4°C), found in the Elephant Island area, compared to *M. novaeangliae* (1.1°C), mostly sighted in the Bransfield Strait area (Fig. 4).

Regarding distance to the coast, the median analysis showed that *B. physalus* is associated with greater distances to the coast than *M. novaeangliae* (Fig. 5).

Análisis de componentes principales y correspondencia múltiple

El porcentaje de inercia fue 96,20% para los dos primeros componentes, el análisis indica que la ballena jorobada se asocia con las ubicaciones del Estrecho de Bransfield, mientras que la ballena de aleta lo hace con las zonas de isla Elefante; sin embargo, ambas especies se registraron también en la zona de Joinville, asociando el vector NASC y la distancia a la costa. A su vez, se observó que el vector de la temperatura superficial del mar y la profundidad del zócalo están relacionados con la isla Elefante (Fig. 6).

Principal component analysis (PCA) and multiple correspondence analysis (MCA)

The percentage of inertia was 96.20% for the first two components. The analysis indicates that the humpback whale is associated with the Bransfield Strait, while the fin whale is associated with the Elephant Island. However, both species were also recorded in the Joinville area, associating the NASC vector and the distance to the coast. In turn, we observed that the SST vector and the depth of the continental platform are related to the Elephant Island area (Fig. 6).

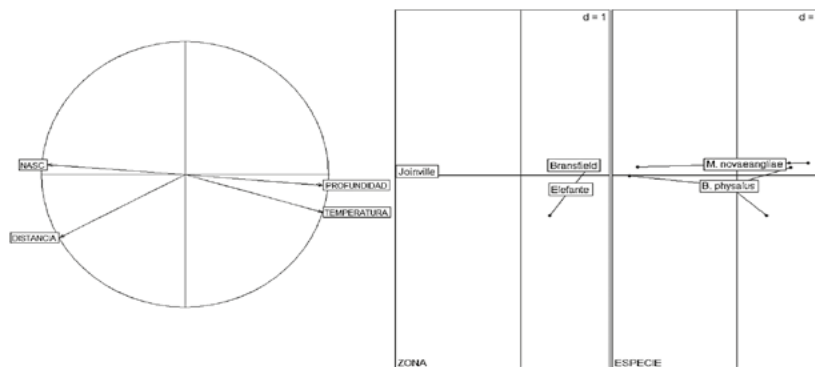


Figura 6.- Análisis de correspondencia múltiple con parámetros físico – ambientales asociado al comportamiento de la *M.novaeangliae* y *B. physalus* vs distancia a la costa, profundidad, temperatura superficial y el coeficiente de dispersión de Acústica por Unidad de Área (NASC)

Figure 6. Multiple correspondence analysis with physical-environmental parameters associated with the behavior of *M.novaeangliae* and *B. physalus* vs. distance to the coast, depth, surface temperature, and the Nautical Acoustic Scattering Coefficient (NASC)

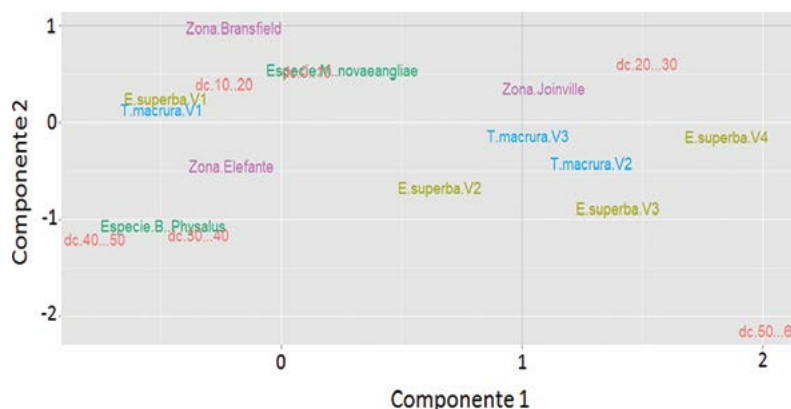


Figura 7.- Análisis de correspondencia múltiple asociado a concentraciones de krill *Euphausia superba* y *Thysanoessa macrura* y presencia de cetáceos en las zonas de evaluación (V1: volumen muy bajo, V2: volumen bajo, V3: volumen mediano, V4: volumen alto)

Figure 7. Multiple correspondence analysis associated with concentrations of Antarctic krill *Euphausia superba* and *Thysanoessa macrura* and the presence of cetaceans in the assessment areas (V1: very low volume, V2: low volume, V3: medium volume, V4: high volume)

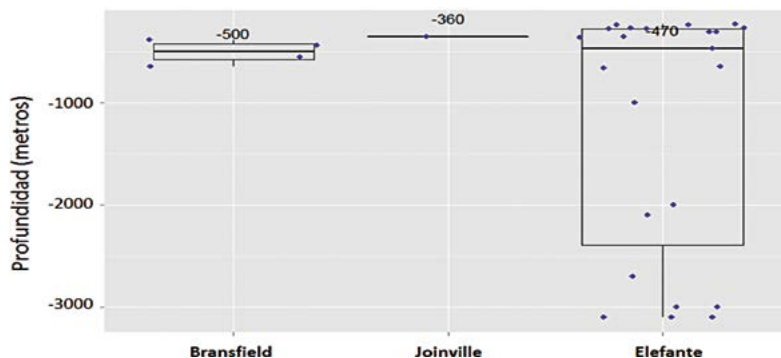


Figura 8.- Profundidad de zócalo en las zonas donde se registró ballena de aleta *B. physalus*

Figure 8. Shelf depth in the areas where fin whales *B. physalus* were recorded

Con relación a la abundancia de krill *E. superba* y *T. macrura* se observó mayor concentración de diversos volúmenes en las zonas de Joinville e isla Elefante, evidenciado en la componente 1 del análisis de correspondencia múltiple (Fig. 7) con asociación a la presencia de *B. physalus*, y mayor distancia a la costa; mientras que en la zona del Estrecho de Bransfield asociado a la presencia de *M. novaeangliae*, se observó menores concentraciones y presencia dispersa de krill.

La ballena de aleta fue avistada en las tres zonas de estudio, sin embargo, en isla Elefante, lugar de mayor concentración de esta especie, se registró a mayores profundidades (Fig. 8).

4. DISCUSIÓN

Al igual que en las evaluaciones previas que el IMARPE viene realizando en la misma zona de estudio en campañas anteriores (ONTÓN *et al.*, 1999; BUCCICARDI y TAKAHASHI, 2004; ALZA y YATACO, 2016; AGUILAR y VEGA, 2016), en la Campaña ANTAR XXVI la ballena jorobada fue el mamífero más abundante y con mayor número de avistamientos registrado durante el cruce de evaluación de la biomasa de krill. Siendo el área evaluada conocida por abundancia en krill, se considera que la presencia de esta especie y de los otros cetáceos avistados obedece principalmente a razones tróficas (CABRERA, 1961). La península antártica es una zona importante de alimentación para varias especies de ballenas, y en particular para las ballenas jorobadas que se reproducen en la costa del noroeste de Sudamérica (STEVICK *et al.*, 2004), por lo que se presume que los ejemplares registrados durante esta expedición con mayor concentra-

Regarding the abundance of Antarctic krill *E. superba* and *T. macrura* a higher concentration of different volumes was observed in the Joinville and Elephant Island areas, as evidenced in component 1 of the MCA (Fig. 7) associated with the presence of *B. physalus*, and greater distance to the coast; while in the Bransfield Strait area, associated with the presence of *M. novaeangliae*, lower concentrations and scattered presence of krill were observed.

The fin whale was sighted in all three study areas; however, at Elephant Island, the site with the highest concentration of this species, it was recorded at greater depths (Fig. 8).

4. DISCUSSION

The humpback whale was the most abundant marine mammal with the highest number of sightings recorded during the krill biomass assessment cruise in the ANTAR XXVI Expedition. This is similar to previous evaluations conducted by IMARPE in the same study area in previous campaigns (ONTÓN *et al.*, 1999; BUCCICARDI y TAKAHASHI, 2004; ALZA & YATACO, 2016; AGUILAR & VEGA, 2016). Given that the area evaluated is abundant in krill, it is considered that the presence of this species and the other cetaceans sighted is mainly due to trophic reasons (CABRERA, 1961). The Antarctic Peninsula is an important feeding ground for several species of whales, especially humpback whales that breed along the northwestern South American coast (STEVICK *et al.*, 2004), so it is believed that the specimens recorded during

ción en el Estrecho de Bransfield serían parte del stock del Pacífico Sudoeste. En varias ocasiones se observaron a los cetáceos en comportamiento de alimentación, tanto en el Estrecho de Bransfield como en los alrededores de isla Elefante.

La distribución de los mysticetos identificados en la evaluación coincide con los resultados de diversos estudios (HERR *et al.*, 2016; FRIEDLAENDER *et al.*, 2006; ROBBINS *et al.*, 2011), los cuales señalan que la distribución de la ballena jorobada se predice mejor por la distribución del krill antártico y la proximidad a la costa, agregándose con frecuencia en el Estrecho de Bransfield (TORRES, 1982).

La mayor abundancia y avistamiento de ballenas jorobadas se podría deber parcialmente a sus hábitos de distribución costera, en aguas de plataformas continentales (CLAPHAM, 2002), por ello fueron las ballenas más observadas en distancias a la costa menores a 20 mn, como en el Estrecho de Bransfield. Además, esa zona representa una de las áreas de alimentación más importantes para las ballenas alrededor de la Península Antártica, y el comportamiento de alimentación estaría agrupado espacialmente en función a la distribución del krill. El krill muestra cambios estacionales en cuanto a su distribución, así en los meses de verano, se presenta en parches dispersos cercanos a la costa y a la plataforma continental de la península, y las ballenas jorobadas cambian sus patrones de movimiento en función de la presencia de su presa (CURTICE *et al.*, 2015), lo cual explicaría que los avistamientos de esta especie se hayan registrado a poca distancia de las costas y a profundidades variables, según la variabilidad mostrada con el coeficiente de abundancia de krill (NASC).

La relación de la presencia de ballena jorobada con menores valores de temperatura superficial del mar, y de las ballenas de aleta con aguas más cálidas en la zona de evaluación coincide con estudios realizados en áreas del norte de la península antártica y el Paso Drake (BASSOI *et al.*, 2019). El análisis multivariado dio como resultado la asociación de presencia de ballenas jorobadas con bajas temperaturas superficiales del mar, posiblemente a causa de los deshielos durante el verano austral, y por presencia de masas de agua

this expedition with the highest concentration in the Bransfield Strait would be part of the Southwest Pacific stock. On several occasions, the cetaceans were observed feeding, both in the Bransfield Strait and around Elephant Island.

The distribution of the baleen whales identified in the evaluation is consistent with the results of several studies (HERR *et al.*, 2016; FRIEDLAENDER *et al.*, 2006; ROBBINS *et al.*, 2011), which note that humpback whale distribution is best predicted by Antarctic krill distribution and proximity to shore, with frequent aggregations in the Bransfield Strait (TORRES, 1982).

We could partially attribute the greater abundance and sightings of humpback whales to their coastal distribution habits, in continental shelf waters (CLAPHAM, 2002), which is why they were the most observed whales at distances of less than 20 nm offshore, such as in the Bransfield Strait. Furthermore, this zone is one of the most important feeding grounds for whales around the Antarctic Peninsula, and feeding behavior would be spatially clustered according to krill distribution. The Antarctic krill show seasonal changes in their distribution, so during the summer, they occur in scattered patches near the coast and the continental shelf of the peninsula, and humpback whales change their movement patterns depending on the availability of their prey (CURTICE *et al.*, 2015), which would explain why sightings of this species have been recorded close to the coasts and at different depths, according to the variability shown by the coefficient of krill abundance (NASC).

The relationship between humpback whale presence with lower SST values, and fin whales with warmer waters in the assessment area coincides with studies conducted in areas north of the Antarctic Peninsula and the Drake Passage (BASSOI *et al.*, 2019). The multivariate analysis resulted in the association of humpback whale presence with low SST, which is possibly caused by thaws during the austral summer, and by the presence of

provenientes de las zonas adyacentes de Joinville con influencia del Mar de Wedell, y a su vez, por los frentes térmicos y halinos denominado Frente de Bransfield, que separa aguas cálidas y poco salinas de aguas frías y salinas (VÁSQUEZ y TENORIO, 2016) ricas en nutrientes. Por otro lado, en esta campaña, el norte de isla Elefante y una zona adyacente a las islas Shetland presentaron los mayores valores de TSM, posiblemente por la advección de aguas cálidas y masas de agua con salinidades menores a 34,1 ups debido a los deshielos de las islas Shetland del Sur (VÁSQUEZ y TENORIO, 2016).

La zona de los alrededores de la isla Elefante constituye un área importante de agregación de krill (BURKHARDT & LANFREDI, 2012) como se muestra en los análisis de correspondencia múltiple asociados a diferentes parámetros ambientales y la presencia de alimento en esta evaluación, y podría constituir un importante lugar de alimentación para las ballenas de aleta en su migración hacia el norte, debido a su posición geográfica y las condiciones ambientales aparentemente favorables para la presencia de krill, tanto *E. superba* como *T. macrura*. En el estudio realizado por LASCARA *et al.* (1999) en el oeste de la península antártica se observaron cantidades sustanciales de biomasa de krill en pequeñas áreas, menores de 2000 m², posicionadas en las capas superficiales del agua (en los primeros 50 m) durante el verano austral, y el mismo comportamiento de krill se estaría produciendo en la misma época del año en las zonas de los alrededores de la isla Elefante, ya que la mayoría de avistamientos de ballena de aleta en nuestra evaluación fueron en zócalos de los alrededores de la isla Elefante. Los estudios de HERR *et al.* (2016) y VIQUERAT & HERR (2017) también encontraron alta densidad de ballenas de aleta en los alrededores de la isla Elefante, asociados a agregaciones de *Thysanoessa macrura*, sin embargo, no pudieron concluir si las ballenas de aleta se alimentan de manera oportunista de este eufáusido o si *T. macrura* juega un papel ecológico importante en la zona. En el ANTAR XXVI, en los arrastres de la red KMT, la especie de krill predominante en términos de abundancia (85,3%) y distribución fue *Euphausia superba*, reportándose las mayores capturas en las inmediaciones de las islas Clarence y Elefante (con TSM de 1,4 a 2,5 °C, y salinidad mayor a 34 ups), seguida por *Thysanoessa macrura* (14,6%),

water masses coming from surrounding areas of Joinville with the influence of the Wedell Sea, and in turn, by thermal and haline fronts called Bransfield Front, which separates warm and low saline waters from nutrient-rich cold and saline waters (VÁSQUEZ & TENORIO, 2016). On the other hand, during this expedition, the north of Elephant Island and an area next to the Shetland Islands showed the highest SST values, as a possible result of the advection of warm waters and water masses with salinities lower than 34.1 PSU due to the melting of ice from the South Shetland Islands (VÁSQUEZ & TENORIO, 2016).

The surrounding area of Elephant Island is an important area of krill aggregation (BURKHARDT & LANFREDI, 2012), as shown by MCAs associated with different environmental parameters and the presence of food in this evaluation, and could be an important feeding ground for fin whales in their northward migration, due to its geographical position and favorable environmental conditions for the presence of krill, both *E. superba* and *T. macrura*. In the study conducted by LASCARA *et al.* (1999) in the western Antarctic Peninsula, significant amounts of krill biomass were observed in small areas, smaller than 2000 m², positioned in the surface layers of the water (in the first 50 m) during the austral summer, and the same krill behavior would be occurring during the same period in the vicinity of Elephant Island since most of the fin whale sightings in our assessment were in the continental platform around Elephant Island. Studies by HERR *et al.* (2016) and VIQUERAT & HERR (2017) also found a high density of fin whales around Elephant Island associated with aggregations of *Thysanoessa macrura* but they were unable to conclude whether fin whales feed opportunistically on this euphausiid or whether *T. macrura* plays an important ecological role in the area. In ANTAR XXVI, when using the IKMT net, *Euphausia superba* was the predominant krill species in terms of abundance (85.3%) and distribution, with the highest catches reported in the vicinity of Clarence and Elephant Islands (with SSTs of 1.4 to 2.5 °C, and salinity greater than 34

Euphausia triacantha (0,03%) y *Euphausia frigida* (0,03%) (Informe Programa Científico Antártico del IMARPE ANTAR XXVI, datos no publicados). Anteriormente, NEMOTO & NASU (1958) señalaron que *T. macrura* es una presa de importancia para muchas ballenas en el área antártica.

Junto a la ocurrencia de altas densidades de *T. macrura* en estas áreas poco profundas, comparables a *E. superba* (GOLDBOGEN *et al.*, 2013), y dado el gran tamaño de las ballenas de aleta, es probable que el forrajeo en estas aguas sea energéticamente beneficioso para la especie ya que evitarían inmersiones de forrajeo profundas que resultan muy costosas energéticamente (ACEVEDO-GUTIERREZ *et al.*, 2002), sin embargo, en la evaluación, a esta especie se le asoció a zonas de mayor profundidad.

Cabe indicar que en varias oportunidades fue necesario interrumpir las sesiones de avistamientos debido a condiciones ambientales adversas tales como presencia de niebla que disminuye la visibilidad a menos de 100 m de distancia, lo que se tradujo en el alto número de sesiones, y posiblemente repercutió en el bajo número de avistamientos e individuos registrados en esta campaña con respecto al ANTAR XXV (enero 2018). El periodo de tiempo de la presente evaluación fue menor solamente en dos días que el de la campaña ANTAR XXV; cabe destacar que, el número de avistamientos e individuos registrados de mamíferos marinos fue alrededor de la mitad (51,4% y 49,9% menor, respectivamente) que en la campaña anterior. Como dato adicional, se tiene que la biomasa de krill estimada por el método SDWBA (DEMER & CONTI, 2005) en esta campaña fue mayor en 22,5% con respecto al ANTAR XXV (1112250 t en ANTAR XXVI) (Cornejo *et al.* en revisión²). Sin embargo, a diferencia de la campaña ANTAR XXV, en esta oportunidad sí hubo presencia de odontocetos.

La presencia de mamíferos marinos estuvo asociada a la de sus presas y a factores ambientales característicos de las especies. Así las ballenas jorobadas se observaron en mayor abundancia en el Estrecho de Bransfield, asociadas a menores temperaturas; mientras que las ballenas de aleta

PSU), followed by *Thysanoessa macrura* (14.6%), *Euphausia triacantha* (0.03%), and *Euphausia frigida* (0.03%) (IMARPE's Antarctic Science Program Report ANTAR XXVI, unpublished data). Previously, NEMOTO & NASU (1958) noted that *T. macrura* is an important prey for many whales in the Antarctic area.

Foraging in these waters is likely to be energetically beneficial for the species, given the occurrence of high densities of *T. macrura* in these shallow areas, comparable to *E. superba* (GOLDBOGEN *et al.*, 2013), and because of the large size of fin whales, as they would avoid energetically costly deep foraging dives (ACEVEDO-GUTIERREZ *et al.*, 2002). Nevertheless, during the evaluation, this species was associated with deeper areas.

On several occasions, it was necessary to interrupt the sighting sessions because of adverse environmental conditions such as the presence of fog that reduces visibility at a distance of less than 100 m, which resulted in the high number of sessions, and possibly had an impact on the low number of sightings and individuals recorded in this expedition compared to ANTAR XXV (January 2018). The time of this evaluation was shorter by only two days than that of the ANTAR XXV campaign. The number of recorded sightings and individuals of marine mammals was about half (51.4% and 49.9% lower, respectively) than in the previous campaign. Additionally, the krill biomass estimated by the SDWBA method (DEMER & CONTI, 2005) in this campaign was 22.5% higher than in ANTAR XXV (1,112,250 t in ANTAR XXVI) (Cornejo *et al.* in review²). However, unlike the ANTAR XXV expedition, this time there were odontocetes present.

The presence of marine mammals was associated with the prey availability and environmental factors characteristic of the species. Thus, humpback whales were observed in greater abundance in the Bransfield Strait, associated with lower temperatures, while

² CORNEJO, R., LA CRUZ, L., VALDEZ, C., ALARCÓN, J., CASTILLO, R. Distribución y biomasa del krill antártico (*Euphausia superba*) en el Estrecho de Bransfield, Joinville e Isla Elefante a bordo del BAP CARRASCO. Campaña Perú durante dos veranos australes entre 2018 (ANTAR XXV) y 2019 (ANTAR XXVI). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras (artículo en revisión).

se presentaron en mayor abundancia hacia el norte de isla Elefante, asociada a temperaturas mayores. El estudio de la diversidad, abundancia y distribución de cetáceos en la Antártida, así como el conocimiento de lugares importantes de alimentación, monitoreo y conservación de éstos, es fundamental para asegurar la productividad del ecosistema y la existencia de poblaciones saludables en otras partes del mundo, donde las comunidades costeras dependen cada vez más de poblaciones de cetáceos para llevar a cabo actividades como el turismo y el avistamiento de ballenas.

fin whales occurred in greater abundance to the north of Elephant Island, associated with higher temperatures. It is essential to study the diversity, abundance, and distribution of cetaceans in Antarctica, as well as to know their important feeding grounds for monitoring and conservation, to ensure the productivity of the ecosystem and the existence of healthy populations in other parts of the world, where coastal communities are increasingly dependent on cetacean populations for activities such as tourism and whale watching.

5. REFERENCIAS

- ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A., CROLL, D., TERSHY, B. (2002). High feeding costs limit dive time in the largest whales. *J. Exp. Biol.*, 205(12), 1747-1753.
- AGUILAR, R., VEGA, D. (2016). Distribución de mamíferos marinos y su relación con el krill en el estrecho de Bransfield. *ANTAR XXI. Bol Inst Mar Perú*, 31(2), 223-228.
- ALZA, L., YATACO, G. (2016). Aves y mamíferos marinos antárticos relacionados con el krill *Euphausia superba* en el Estrecho de Bransfield e Isla Elefante. *Bol Inst Mar Perú*, 31(1), 128-138.
- BASSOI, M., ACEVEDO, J., SECCHI, E., AGUAYO-LOBO, A., DALLA ROSA, L., TORRES, D., SANTOS, M., AZEVEDO, A. (2019). Cetacean distribution in relation to environmental parameters between Drake Passage and northern Antarctic Peninsula. *Polar Biology*. Doi: 10.1007/s00300-019-02607-z
- BASTIDA, R., RODRÍGUEZ, D., SECCHI, E., DA SILVA, V. (2007). Mamíferos acuáticos Sudamérica Antártida. Vasquez Mazzini Editores. 366 pp.
- BOMBOSCH, A., ZITTERBART, D., VAN OPZEELAND, I., FRICKENHAUS, S., BURKHARDT, E., WISZ, M., BOEBEL, O. (2014). Predictive habitat modeling of humpback (*Megaptera novaeangliae*) and Antarctic minke (*Balaenoptera bonaerensis*) whales in the Southern Ocean as a planning tool for seismic surveys. *Deep-Sea Research I*, 91, 101-114
- BUCCICARDI, U., TAKAHASHI, D. (2004). Mamíferos antárticos en el Estrecho de Bransfield y alrededores de Isla Elefante. Verano austral 2003. *Inf Inst Mar Perú*, 32(4), 373-379.
- BURKHARDT, E., LANFREDI, C. (2012). Fall feeding aggregations of fin whales off Elephant Island (Antarctica). Conference paper: Proceeding of 64th meeting of the International Whaling Commission.
- CABRERA, A. (1961). Catálogo de los mamíferos marinos de América del Sur I y II. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Cs. Zool. Torno IV (1 y 2). Buenos Aires. 732 pp.
- CLAPHAM, P. (2002). Humpback whale *Megaptera novaeangliae*. En: Perrin W, Wursig B, Thewissen J. (eds) *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press, San Diego, pp. 589-592.
- CROLL, D., MARINOVIC, B., BENSON, S., CHAVES, F., BLACK, N., TERNULLO, TERSHY, B. (2005). From wind to whales: trophic links in a coastal upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 289, 117-130. doi:10.3354/meps289117.
- CURTICE, C., JOHNSTON, D., DUCKLOW, H., GALES, N., HALPIN, P., FRIEDLAENDER, A. (2015). Modeling the spatial and temporal dynamics of foraging movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Western Antarctic Peninsula. *Movement Ecology*, 3, 13. doi: 10.1186/s40462-015-0041-x
- DEMER, D., CONTI, S. (2005). New target-strength model indicates more krill in the Southern Ocean. *ICES, Journal of Marine Science*, 62, 25-32.
- DRAY, S., DUFOUR, A., THIOULOUSE, J. (2020). Package 'ade' Analysis of Ecological Data: Exploratory and Euclidean Methods in Environmental Sciences, version 1.7-15 [Document WWW]. Recuperado de <https://cloud.r-project.org/> and <http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4> (view 05/04/2020)
- FURNESS, R., MONAGHAN, P. (1987). *Seabird ecology*. Blackie and Son Ltd. Glasgow and London. 164 pp.
- FRIEDLAENDER, A., MODEST, M., JOHNSON, C. (2018). Whales of the Antarctic Peninsula. Science and Conservation for the 21st Century. WWF Report. 44 pp.
- FRIEDLAENDER, A., HALPIN, P., QIAN, S., LAWSON, G., WIEBE, P., THIELE, D., READ, A. (2006). Whale distribution in relation to prey abundance and oceanographic processes in shelf waters of the Western Antarctic Peninsula. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 317, 297-310.
- GARCÍA, M., CASTRO, C., RÍOS, A., DOVAL, M., ROSÓN, G., GOMIS, D., LÓPEZ, O. (2002). Water masses and distribution of physico-chemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral summer 1995/96. *Deep-Sea Res.*, II(49), 585-602.
- GOLDBOGEN J, FRIEDLAENDER A, CALAMBOKIDIS J, MCKENNA M, SIMON M, NOWACEK D. (2013). Integrative approaches to the study of baleen whale

- diving behaviour, feeding performance, and foraging ecology. *Bioscience*, 63(2), 90–100.
- HERR, H., VIQUERAT, S., SIEGEL, V., KOCK, K., DORSCHER, B., HUNEKE, W., BRACHER, A., SCHROEDER, M., GUT, J. (2016). Horizontal niche partitioning of humpback and fin whales around the West Antarctic Peninsula: evidence from a concurrent whale and krill survey. *Pol. Biol.* doi: 10.1007/s00300-016-1927-9
- HOYT, E. (2011). *Marine Protected Areas for Whales, Dolphins and Porpoises*. London & New York: earthscan. xiii + 464 pp
- HUNT, G. (1991). Occurrence of polar seabirds at sea in relation to prey concentrations and oceanographic factors. En: Sakshaug E, Hopkins C, Øritsland N. (eds): *Proceedings of the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology*, Trondheim, 12-16 May 1990. *Pol. Res.*, 10(2), 553-559.
- LARAN, S., GANNIER, A. (2008). Spatial and temporal prediction of fin whale distribution in the northwestern Mediterranean Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 65, 1260–1269. doi:10.1093/icesjms/fsn086
- LASCARA, C., HOFMANN, E., ROSS, R., QUETIN, L. (1999). Seasonal variability in the distribution of Antarctic krill, *Euphausia superba*, west of the Antarctic Peninsula. *Deep Sea Res.*, I, 46, 951-984.
- LOEB, V., SEIGEL, V., HOLM-HANSEN, O., HEWITT, R., FRASER, W., TRIVELPIECE, W., TRIVELPIECE, S. (1997). Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature*, 387, 897–900.
- NEMOTO, T., NASU, K. (1958). *Thysanoessa macrura* as food of baleen whales in the Antarctic. *Sci Rep Whales Res Inst.*, 13, 193–199.
- NICOL, S., WORBY, A., LEAPER, R. (2008). Changes in the Antarctic Sea ice ecosystem: potential effects on krill and baleen whales. *Mar. Freshw. Res.*, 59, 361–382. doi:10.1071/MF07161
- ONTÓN, K., VEGA, D., ARIAS-SCHREIBER, M. (1999). Distribución e índices de avistamientos de mamíferos marinos y su relación con la abundancia del krill *Euphausia superba*. *Perú ANTAR IX. Inf Inst Mar Perú*, 145, 63-68.
- REID, K., BRIERLEY, A., NEVITT, G. (2000). An initial examination of relationships between the distribution of whales and Antarctic krill *Euphausia superba* at South Georgia. *J. Cetacean Res. Manag.*, 2, 143–149.
- REYES, J. (2009). *Ballenas, delfines y otros cetáceos del Perú, una fuente de información*. Squema ediciones, Lima, Perú. 62 pp.
- RIBIC, C., CHAPMAN, E., FRASER, W., LAWSON, G., WIEBE, P. (2008). Top predators in relation to bathymetry, ice and krill during austral winter in Marguerite Bay, Antarctica. *Deep Sea Res. II: Tropical Studies in Oceanography*, 55(3-4), 485-499.
- ROBBINS, J., DALLA ROSA, L., ALLEN, J., MATTILA, D., SECCHI, E., FRIEDLAENDER, A., STEVICK, P., NOWACEK, D., STEEL, D. (2011). Return movement of a humpback whale between the Antarctic Peninsula and American Samoa: a seasonal migration record. *Endanger. Species Res.*, 13, 117–121.
- SANTORA, J., REISS, C., LOEB, V., VEIT, R. (2010). Spatial association between hotspots of baleen whales and demographic patterns of Antarctic krill *Euphausia superba* suggests size-dependent predation. *Marine Ecology Progress Series*, 405, 255–269. doi: 10.3354/meps08513
- SANTORA, J., SCHROEDER, I., LOEB, V. (2014). Spatial assessment of fin whale hotspots and their association with krill within an important Antarctic feeding and fishing ground. *Marine Biology* 161, 2293–2305.
- STEVICK, P., AGUAYO, A., ALLEN, J., AVILA, I., CAPELLA, J., CASTRO, C., CHATER, K., DALLA ROSA, L., ENGEL, M., FÉLIX, F., FLÓREZ-GONZÁLEZ, L., FREITAS, A., HAASE, B., LLANOY, M., LODI, L., MUÑOZ, E., OLAVARRÍA, C., SECCHI, E., SCHEIDAT, M., SICILIANO, S. (2004). Migrations of individually identified humpback whales between the Antarctic Peninsula and South America. *Journal of Cetacean Research Management*, 6(2), 109–113.
- TORRES, D. (1982). Mamíferos marinos asociados a concentraciones de krill durante el desarrollo del proyecto FIBEX -Chile. *Ser. Cient. INACH*, 28, 223-231.
- TRITES, A. (1997). The role of pinnipeds in the ecosystem. En: *Pinniped populations, eastern north Pacific: Status, trends and issues*. En: Stone G, Goebel J, Webster S (eds.). *A symposium of the 127th Annual Meeting of the American Fisheries Society*. Boston, MA. pp. 31-39.
- TRITES, A. (2001). Marine mammal trophic levels and interactions. En: *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Academic Press, London. pp. 622-627. doi: 10.1016/B978-012374473-9.00441-0
- TYNAN, C. (1998). Ecological importance of the southern boundary of the Antarctic circumpolar current. *Nature*, 392, 708–710.
- TYNAN, C., AINLEY, D., BARTH, J., COWLES, T., PIERCE, S., SPEAR, L. (2005). Cetacean distributions relative to ocean processes in the northern California Current System. *Deep Sea Res.*, II, 52, 145–167.
- VÁSQUEZ, L., TENORIO, J. (2016). Oceanografía física y observación de las condiciones ambientales del Estrecho de Bransfield e isla Elefante. *Bol Inst Mar Perú*, 31(2), 153-160.
- VIQUERAT, S., HERR, H. (2017). Mid-summer abundance estimates of fin whales *Balaenoptera physalus* around the South Orkney Islands and Elephant Island. *Endanger. Species Res.*, 32, 515–524.
- WICKHAM, H., CHANG, W., HENRY, L., LIN PEDERSEN, T., TAKAHASHI, K., WILKE, C., WOO, K., YUTANI, H., DUNNINGTON, D. (2020). *Create elegant data visualizations using the grammar of graphics*. Version 3.3.2. 19 06 2020.