

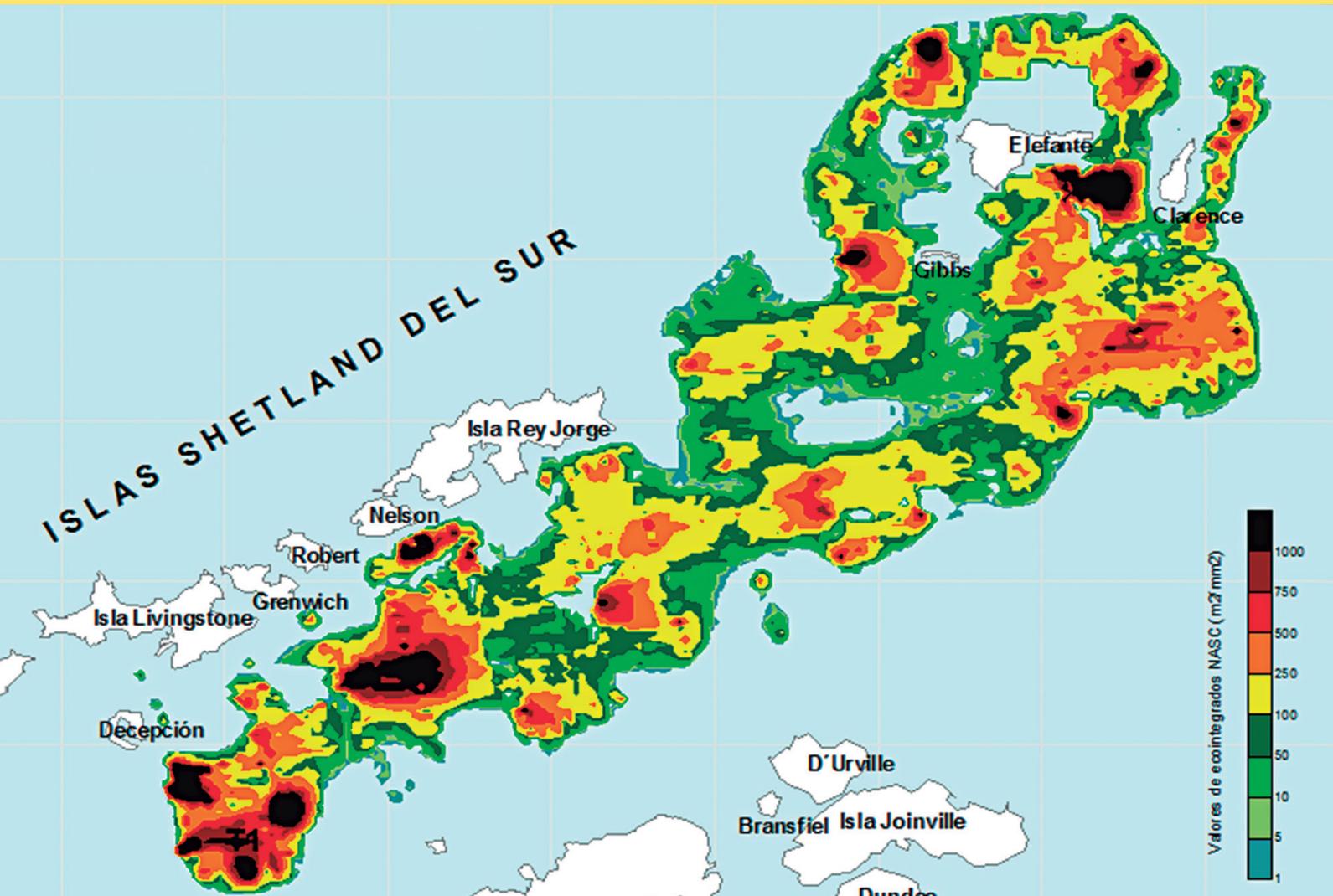


# BOLETÍN

## INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 31, Número 1



Enero - Junio 2016  
Callao, Perú

## EL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

### tiene cuatro tipos de publicaciones científicas:

**BOLETÍN (ISSN 0458-7766), desde 1964.-** Es la publicación de rigor científico, que constituye un aporte al mejor conocimiento de los recursos acuáticos, las interacciones entre éstos y su ambiente, y que permite obtener conclusiones preliminares o finales sobre las investigaciones. El BOLETÍN constituye volúmenes y números semestrales, y la referencia a esta publicación es: **Bol Inst Mar Perú.**

**INFORME (ISSN 0378 - 7702), desde 1965.-** Es la publicación que da a conocer los resultados preliminares o finales de una operación o actividad, programada dentro de un campo específico de la investigación científica y tecnológica y que requiere difusión inmediata. El INFORME ha tenido numeración consecutiva desde 1965 hasta el 2001, con referencia del mes y el año, pero sin reconocer el *Volumen*. A partir del 2004, se consigna el *Volumen 32*, que corresponde al número de años que se viene publicando, y además se anota el fascículo o número trimestral respectivo. La referencia a esta publicación es: **Inf Inst Mar Perú.**

**INFORME PROGRESIVO, desde 1995 hasta 2001.** Una publicación con dos números mensuales, de distribución nacional. Contiene información de investigaciones en marcha, conferencias y otros documentos técnicos sobre temas de vida marina. El INFORME PROGRESIVO tiene numeración consecutiva, sin mencionar el año o volumen. Debe ser citado como Inf Prog Inst Mar Perú. Su publicación ha sido interrumpida.

**ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) desde 2004.-** Es una publicación anual que se considera un RESUMEN DE LOS INFORMES DE LAS DIRECCIONES Y DE LAS SEDES DESCENTRALIZADAS DEL IMARPE durante un año calendario. Estos resultados se editan para su difusión y conocimiento de la comunidad científica y empresarial. La referencia a esta publicación es Anu. cient. tecnol. IMARPE, seguida del año. Para el volumen 15 será *Anu. cient. tecnol. IMARPE Vol 15, 2015.*

## The PERUVIAN RESEARCH INSTITUTE (IMARPE)

### has four types of scientific publications:

**BOLETÍN ((ISSN 0458-7766) (IMARPE BULLETIN).- Published since 1964.** This is a strictly scientific journal that provides information as a contribution in the field of aquatic resources and the interactions between these and their environment. It also presents preliminary or final conclusions on these investigations. The BOLETÍN is published and numbered in volumes by semesters, and its reference will be: **Bol Inst Mar Perú.**

**INFORME (ISSN 0378-7702) (IMARPE REPORT).- Published since 1965.** These journals contain preliminary or final results of research activities within a specific scientific and/or technological field that requires immediate circulation. During 31 years the INFORME has had consecutive numeration from N° 1 until N° 164, without correspondence between the volume and publication year. Beginning in 2004, quarterly numbers are being published beginning with Volume 32, which corresponds to the number of years since being in print. The reference will be **Inf Inst Mar Peru.**

**INFORME PROGRESIVO (IMARPE PROGRESSIVE REPORT).- Published since 1995 to 2001.** This is a report that is published bimonthly and distributed nationally. It contains technical information pertaining to ongoing research, conferences and other documents of interest related to marine life in general. These reports have had consecutive numeration from N° 1 to N° 159), including the month of the year, but not the volume number. At this time, the publication of these reports has been interrupted. It must be mentioned as **Inf Prog Inst Mar Perú.**

**ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) (IMARPE SCIENTIFIC and TECHNOLOGICAL YEARBOOK).- Published since 2004.** This is a yearly Publication edited as a *SUMMARY of the REPORTS OF THE DIVISIONS AND OF THE REGIONAL HEADQUARTERS OF THE PERUVIAN MARINE RESEARCH INSTITUTE (IMARPE)*, published each year, and distributed among the scientific and professional community in general. The reference to this publication will be **Anu. cient. tecnol. IMARPE**, following the year. For volume 15, it will be *Anu. cient. tecnol. IMARPE Vol 15, 2015.*

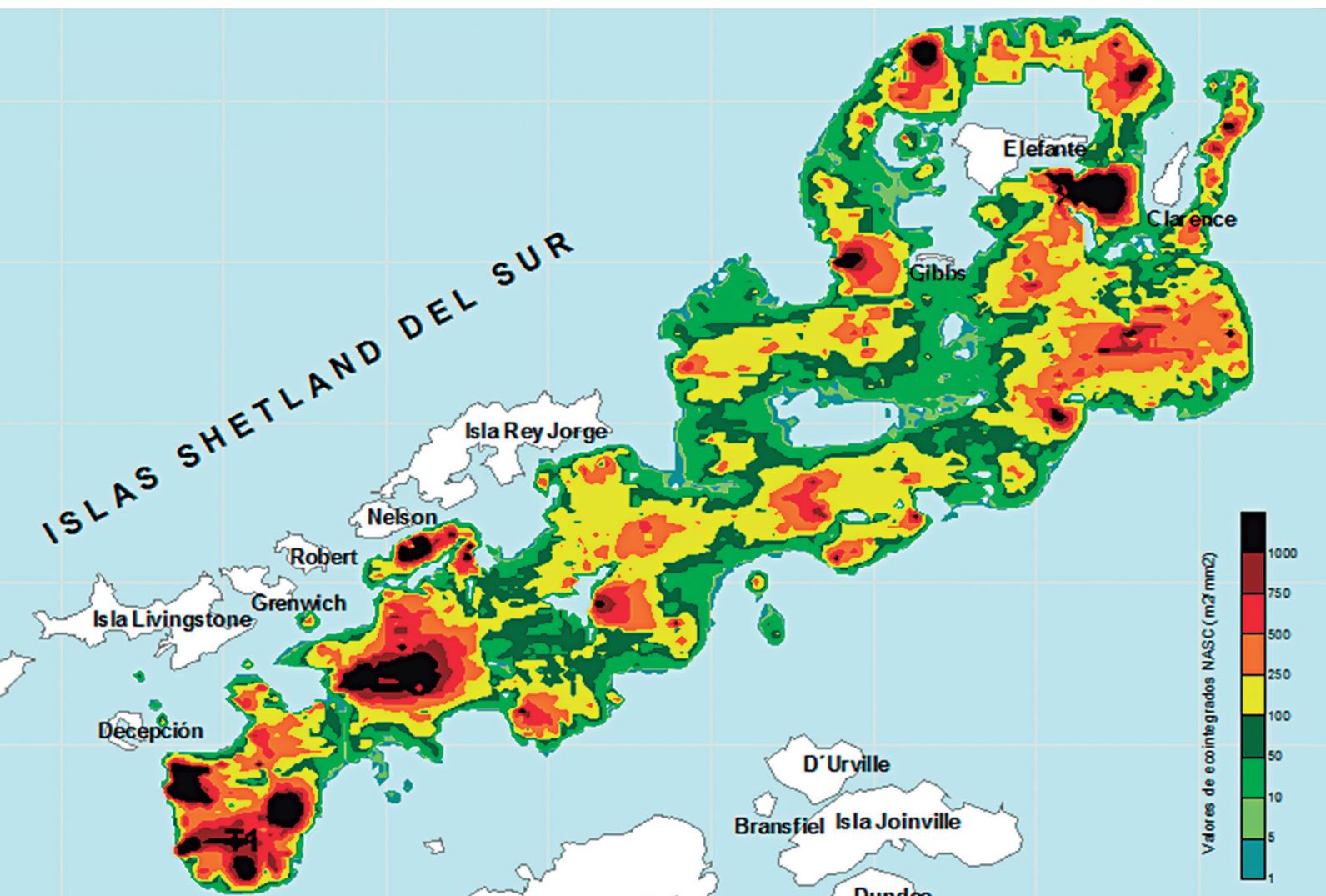


# BOLETÍN

## INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

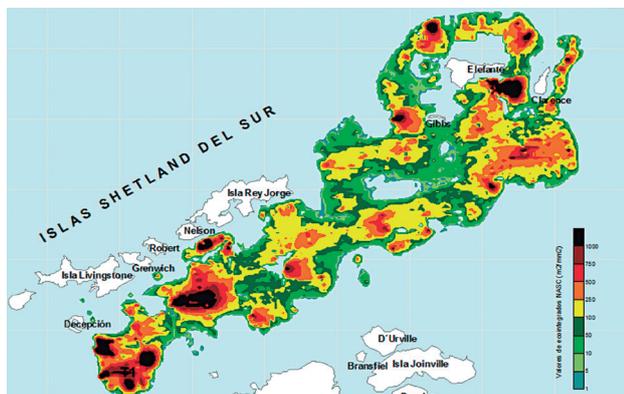
VOLUMEN 31, Número 1



Enero - Junio 2016  
Callao, Perú

BOLETÍN IMARPE ISSN 0458-7766

Bol Inst Mar Perú Vol 31 N° 1, Enero - Junio 2016



**PORTADA: Antártida**

Distribución superficial del krill (*Euphausia superba*)  
Expedición ANTAR XVII

© 2016 Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Esquina Gamarra y General Valle s/n  
Casilla postal 22. Callao, Perú

Teléfono 208 8650

Fax: 429.9811

C. electrónico: [imarpe@imarpe.gob.pe](mailto:imarpe@imarpe.gob.pe)

---

**Consejo Directivo IMARPE 2016**

**PRESIDENTE**

Calm. AP (r) GERMÁN A. VÁSQUEZ SOLÍS T.

**DIRECTOR EJECUTIVO CIENTÍFICO**

Ms Sc CARLA PATRICIA AGUILAR SAMANAMUD

**COMITÉ EDITORIAL**

**COORDINADORA**

BLGA. EMIRA ANTONIETTI VILLALOBOS

**EDITORIA**

VIOLETA VALDIVIESO MILLA

**CO-EDITOR**

JUAN JOSÉ VÉLEZ DIÉGUEZ

**DIAGRAMACIÓN**

ARTURO SANDOVAL NAVARRO

---

**Indizada en Aquatic Science Fisheries Abstracts (ASFA)**

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2013 -19833

Reservados todos los derechos de reproducción, publicación  
total o parcial, los de traducción y de la página Web.

Tiraje: 500 ejemplares

Terminado de imprimir: 2016

---

Distribución: canje, suscripción o compra

---

Impreso en: IAKOB Comunicadores y Editores SAC

Calle Los Talladores 474 - Ate

Telf. 364-8038 / 369-5019

---

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleados en esta publicación científica son referenciales, no tienen valor oficial, y son de completa responsabilidad de los autores.

# INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

## BOLETÍN

ISSN 0458-7766

Volumen 31, Número 1, Enero-Junio 2016

[Bol Inst Mar Perú 31 (1)]

### CONTENIDO

#### PROGRAMA ANTÁRTICO DEL IMARPE EN CIENCIAS DEL MAR 2005-2010

#### COPEPOD I (2006), II (2007): DINÁMICA Y ECOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES COMUNIDADES PELÁGICAS DEL OCEANO ANTÁRTICO

#### Biología y ecología de las principales comunidades pelágicas del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante

*Biology and ecology of main pelagic communities from Bransfield Strait and surrounding Elephant Island*

**1. Resumen Ejecutivo 2006**

*Executive summary of COPEPOD I Project 2006*

GLADYS CÁRDENAS QUINTANA ..... 5

**2. Distribución, abundancia y proximidad espacial de enjambres de krill (*Euphausia superba*) en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, verano austral 2006**

*Distribution, abundance and spatial proximity swarms of krill (*Euphausia superba*) along Bransfield Strait and Elephant Island, austral summer 2006*

MARIANO GUTIÉRREZ, SALVADOR PERALTILLA, ARNAUD BERTRAND, ADOLFO GONZALES, GORDON SWARTZMAN, RAMIRO CASTILLO ..... 9

**3. Algunos aspectos de la biología y ecología del krill (*Euphausia superba*) en el estrecho de Bransfield e isla Elefante, verano austral 2006 (ANTAR XVI)**

*Some aspects of the biology and ecology of krill (*Euphausia superba*) in the Bransfield Strait and Elephant Island, austral summer 2006 (ANTAR XVI)*

GLADYS CÁRDENAS, JOSÉ PELLÓN, MILAGROS FRANCO, PEPE ESPINOZA ..... 24

**4. Condiciones hidroquímicas del estrecho de Bransfield e isla Elefante durante el verano austral 2006**

*Hydrochemical conditions Bransfield Strait and Elephant Island during the austral summer 2006*

GEORGINA FLORES, JESÚS LEDESMA ..... 39

**5. Aspectos oceanográficos durante la expedición ANTAR XVI**

*Oceanographic aspects during expedition ANTAR XVI*

JOSÉ TENORIO ..... 48

<b>6. Fitoplancton del Estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el Verano Austral 2006</b> <i>Phytoplankton of Bransfield Strait and Elephant Island during Austral Summer of 2006</i>	
NOEMÍ OCHOA, OLGA GÓMEZ, MARIBEL BAYLÓN.....	58
<b>7. Comunidad del zooplancton antártico en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante: Enero 2006. PERÚ ANTAR XVI</b> <i>Antarctic zooplankton community in the Bransfield Strait and Elephant Island: January 2006. Peru ANTAR XVI</i>	
NOEMÍ OCHOA, JESSICA BONICELLI, DIANA LÓPEZ .....	64
<b>8. Aves y mamíferos marinos antárticos relacionados con la biomasa de krill <i>Euphausia superba</i>, estrecho de Bransfield e isla Elefante</b> <i>Antarctic seabirds and marine mammals related to krill biomass Euphausia superba, Bransfield Strait and Elephant Island</i>	
LUIS ALZA, FRANCIS VAN OORDT, GISELLA YATACO.....	71
<b>9. Resumen Ejecutivo 2007</b> <i>Executive summary 2007</i>	
GLADYS CÁRDENAS QUINTANA .....	76
<b>10. Distribución, concentración y biomasa de krill (<i>Euphausia superba</i>) durante el verano austral del 2007 en el estrecho de Bransfield</b> <i>Distribution, concentration, and biomass krill (Euphausia superba) in the austral summer of 2007 in the Bransfield Strait</i>	
SALVADOR PERALTILLA, LUIS ESCUDERO HERRERA, OSWALDO FLORES, ADOLFO GONZALES .....	80
<b>11. Algunos aspectos de biología y ecología del krill (<i>Euphausia superba</i>), estrecho de Bransfield e isla Elefante, verano austral 2007 (ANTAR XVII)</b> <i>Some aspects of biology and ecology of krill (Euphausia superba), Bransfield Strait and Elephant Island, austral summer 2007 (ANTAR XVII)</i>	
GLADYS CÁRDENAS, JOSÉ PELLÓN, MILAGROS FRANCO, PEPE ESPINOZA .....	89
<b>12. Condiciones hidroquímicas del mar frente al estrecho de Bransfield, verano austral 2007 (ANTAR XVII)</b> <i>Hydrochemical sea condition front Bransfield Strait, southern summer 2007 (ANTAR XVII)</i>	
JESÚS LEDESMA, VIOLETA LEÓN, GEORGINA FLORES, MIGUEL SARMIENTO, CARLOS ROBLES .....	98
<b>13. Condiciones físico-oceanográficas en la expedición ANTAR XVII</b> <i>Physical oceanographic conditions in the expedition ANTAR XVII</i>	
LUIS VÁSQUEZ, JOSÉ TENORIO .....	105
<b>14. Fitoplancton del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante durante el verano austral 2007</b> <i>Phytoplankton of Bransfield Strait and Elephant Island during Austral Summer of 2007</i>	
NOEMÍ OCHOA, OLGA GÓMEZ, MARIBEL BAYLÓN.....	114

---

<b>15. Estructura comunitaria del zooplancton antártico en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, verano austral 2007, ANTAR XVII</b> <i>Community structure in Antarctic zooplankton Bransfield Strait area of Elephant Island, austral summer 2007, ANTAR XVII</i>	
PATRICIA AYÓN, ELDA PINEDO, DIANA LÓPEZ .....	121
<b>16. Aves y mamíferos marinos antárticos relacionados con el krill <i>Euphausia superba</i> en el estrecho de Bransfield e isla Elefante</b> <i>Antarctic marine birds and mammals related krill <i>Euphausia superba</i> in Bransfield Strait and Elephant Island</i>	
LUIS ALZA, GISELLA YATACO .....	128
<b>17. Nota Científica: Los clatratos de metano en los fondos oceánicos</b>	
NESTOR TEVES .....	139
Instrucciones para los autores .....	142



# PROGRAMA ANTÁRTICO DEL IMARPE EN CIENCIAS DEL MAR 2005-2010

## COPEPOD I, II: DINÁMICA Y ECOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES COMUNIDADES PELÁGICAS DEL OCEANO ANTÁRTICO

### RESUMEN EJECUTIVO 2006

## BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES COMUNIDADES PELÁGICAS DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE

Gladys Cárdenas Quintana

Jefa del Proyecto COPEPOD-2006

Documento presentado por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) de acuerdo con las bases del Concurso Nacional de Proyectos de Investigación en temas relativos a la Antártida para los años 2006-2007, dentro del Marco de la Cooperación Técnica y Científica, y de los lineamientos de la Política Nacional Antártica. Para la ejecución de este Proyecto, el IMARPE contó con la asesoría y participación de investigadores de: Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM, Perú); British Antarctic Survey (BAS, Reino Unido), University of Washington (UW, Estados Unidos) y el Institut de Recherché pour le Développement (IRD, Francia).

El objetivo general del Proyecto fue analizar, describir y conceptualizar el comportamiento nictimeral y/o distribución de las principales especies de la comunidad pelágica del ecosistema de la sub-área antártica CCAMLR 48.1 en relación con la producción primaria, presencia de depredadores y condiciones físicas y químicas en la columna de agua. Para este fin se ejecutó un Crucero multidisciplinario en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, durante enero del 2006.

El crucero comprendió dos etapas, la primera fue una prospección sinóptica en el área 48.1 del 06 al 11 de enero, con el propósito de definir los patrones de distribución de las principales especies de la comunidad pelágica, efectuándose un rastreo acústico y algunas estaciones oceanográficas y lances de pesca; en la segunda etapa, que se cumplió del 11 al 14 de enero, se realizó un experimento de pequeña escala entre las islas Elefante y Clarence, con el objeto de relacionar las variables bióticas y abióticas de corta duración con la especie predominante como es el krill. Se definieron cuatro Áreas de Investigación: Detección y Comportamiento, Biología y Ecología, Oceanografía (Física, Química y Biológica) y Depredadores Superiores (Aves y Mamíferos Marinos).

Los enjambres de krill antártico se presentaron "dispersos". Las densidades medias y altas de este

recurso fueron observadas en el extremo oriental del estrecho de Bransfield, con mayor presencia en el extremo sur frente a la isla Rey Jorge y al sur de la isla Elefante. Verticalmente, se observó el patrón típico de distribución del krill, es decir que durante las horas del día se localizó por debajo de los 100 metros y en horas de la noche se acercó a la superficie. La biomasa estimada de krill fue 425 mil toneladas, que es la más baja abundancia determinada durante campañas antárticas peruanas, debido posiblemente al grado de cobertura del trayecto ejecutado y a factores ambientales.

La captura total proveniente de los 19 lances de comprobación (7 en la zona de la prospección sinóptica y 12 en la zona del experimento) fue de 2.699 kg; siendo el krill antártico (*Euphausia superba*), la especie más representativa (99,37%), seguido por medusas (0,47%) y otros (0,16%) entre los que destacaron el krill glacial *Euphausia crystallorophias*, *Thysanoessa* sp., salpas, larvas de peces (*Notothenia*, *Notolepis*, *Chaenocephalus* y *Cryodraco*), mictófidios y anfípodos.

La estructura por tallas de *Euphausia superba* en toda el área prospectada, abarcó el rango 30 - 63 mm de longitud total (LT), presentando distribución unimodal en 49 mm LT y longitud promedio en 46,1 mm, que corresponderían mayormente a ejemplares adultos. No se detectó una clara estratificación de tallas del krill antártico, según horas del día y estratos de profundidad.

Los individuos adultos (>44 mm) y subadultos (38-44 mm) se alimentaron preferentemente de diatomeas, tintínidos y restos de copépodos, los cuales a su vez se presentaron moderada e intensamente alimentados. No se llegó a identificar cambios en la dieta del krill, según tamaños, estratos de profundidad y horas de captura.

Se identificaron 101 taxa, 71 diatomeas, 27 dinoflagelados, 2 silicoflagelados y 1 grupo de microflagelados desnudos que fueron congregados bajo la denominación general de microflagelados.

Numéricamente, el grupo más importante fue el de los microflagelados que representó el 79% del fitoplancton, seguido de diatomeas (17%) y dinoflagelados (4%). Las especies más abundantes de diatomeas fueron: *Fragilariopsis* sp., *Pseudonitzschia prolongatoides* y *Thalassiosira antarctica*; de dinoflagelados fueron *Pronoctiluca pelagica*, *Gymnodinium* sp. y *Gyrodinium lachryma*. Entre los zooplanctones, los copépodos fueron los más abundantes y frecuentes seguido por eufáusidos y quetognatos. Las abundancias más altas de zooplancton se distribuyeron en la zona centro del estrecho, entre las islas Rey Jorge y Elefante y próximas a esta última.

En enero 2006, la temperatura superficial del mar fluctuó entre -0,8 y 2,4 °C, siguiendo el clásico patrón general, con isotermas paralelas a la orientación del estrecho. Los valores de la salinidad superficial fluctuaron entre 33,794 y 34,511 ups, incrementándose hacia la península Antártica. Los valores más altos (>34,40 ups) se registraron cerca de la isla D'Urville

y la plataforma continental de la península Antártica; observándose un fuerte gradiente halino al sureste de las islas Shetland del Sur, donde se presentaron los valores mínimos (<34,0 ups). Los resultados de los análisis de clorofila-a y nutrientes confirmaron que el océano austral se caracteriza por presentar altos contenidos de nutrientes y bajo contenido de clorofila-a.

En el recorrido del crucero, se observaron tres principales familias de aves (Spheniscidae, Procellariidae y Oceanitidae), siendo las principales especies: *Pygoscelis papua*, *Pygoscelis antarctica*, *Macronectes giganteus*, *Daption capense*, *Fulmarus glacialisoides*, *Oceanites oceanicus* y *Fregetta tropica*.

La familia Balanopteridae fue la más importante entre los mamíferos marinos y las dos especies más abundantes y frecuentes fueron la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* y la ballena de Minke antártica *Balaenoptera bonaerensis*.

## EXECUTIVE SUMMARY OF COPEPOD I PROJECT, 2006

### BIOLOGY AND ECOLOGY OF MAIN PELAGIC COMMUNITIES FROM BRANSFIELD STRAIT AND SURROUNDING ELEPHANT ISLAND

*Gladys Cárdenas Quintana*

Project Manager COPEPOD, January 2006

Document presented by Instituto del Mar del Perú (IMARPE) according to bases of National Competition of Research Projects in topics related to Antarctic for the years 2006-2007 into the framework of Technical Cooperation and Scientific as well as the National Antarctic Policy guidelines. To implement the project, IMARPE takes into account with the advising and participation of researchers from the following entities: National University of San Marcos (UNMSM, Peru), British Antarctic Survey (BAS, United Kingdom), University of Washington (UoW, USA) and the Institut de Recherche pour le Développement (IRD, France).

The main goal of the project is to analyze, describe and conceptualize on night activity and/or distribution of the main species from the pelagic ecosystem community off the Antarctic sub-area CCAMLR 48.1 in relationship with primary production, presence of predators and physical and chemical conditions in the water column for this purpose was executed a Multidisciplinary Survey in the Bransfield strait and surrounding Elephant Island during January 2006.

This survey consisted on two phases, the first was a synoptic prospection in the 48.1 Area between January 06<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> with the aim of define distribution patterns of the main pelagic community species where carried out an acoustic tracking and were made some oceanographic stations and fishing hauls. While in the second, a small scale experiment was conducted between Elephant and Clarence islands with the purpose to relate biotic and abiotic variables of short duration with krill as predominant specie from January 11<sup>th</sup> to 14<sup>th</sup> 2006. Four research areas: Detection and Behavior, Biology and Ecology, Oceanography (physical, chemical and biological) and Top Predators (seabirds and marine mammals) was defined.

The main results indicate that Antarctic krill swarms showed "scattered". Medium and high densities of this resource were observed in the eastern end of Bransfield strait, with higher presence in the south end in front of King George Island and south of Elephant Island. Vertically, a typical distribution pattern of krill was observed during day hours it was located less than 100 meters but in dark hours, it was close to surface. Krill biomass estimated was 425 thousand tons which it is the lowest value determined during the Peruvian

Antarctic Expeditions possibly due to degree of track coverage carried out and environmental factors.

Total catch from 19 experimental hauls (7 in the synoptic prospection zone and 12 in the experimental zone) was 2,699 k, where Antarctic krill *Euphausia superba* was the most representative specie with 2,682 k (99.37%) followed by jellyfish (0.47%) and others (0.16%) among them: glacial krill *Euphausia crystallorophias*, *Thysanoessa* sp., salps, fish larvae (*Notothenia*, *Notolepis*, *Chaenocephalus* and *Cryodraco*), myctophids and amphipods.

The size structure of *Euphausia superba* throughout the surveyed area spanned a range between 30 and 63 mm of total length (TL), with unimodal distribution in 49 mm TL and average length of 46.1 mm TL would correspond mainly to adult individuals. No clear stratification of Antarctic krill sizes according to day hours and depth strata exists.

Feeding intensity analysis of krill indicates that most of measurement individuals were moderately fed (36%), intensively fed (32%) and lower proportion slightly fed. Adult individuals (>44 mm TL) and sub-adults (38-44 mm TL) were feeding mainly by diatoms, tintinnids and copepod remains which in turn showed moderate and intensively fed. It has not come to identify changes in the krill diet, sizes, depth strata and catch hours.

According to plankton, 101 taxa, 71 diatoms, 27 dinoflagellates and 2 silicoflagellates were identified, furthermore a group of naked microflagellate were grouped under general nomination of microflagellate. Numerically, the most important group was microflagellate which represented of 79% phytoplankton followed by diatoms (17%) and dinoflagellates (4%). Among diatoms, the most abundant species were *Fragilariopsis* sp., *Pseudonitzschia prolongatoides* and *Thalassiosira antarctica* in the case of dinoflagellates: *Pronoctiluca pelagica*, *Gymnodinium* sp. and *Gyrodinium lachryma*. Among zooplankton, copepods were the most abundant and frequently followed by euphausiids and chaetognaths. The highest zooplankton abundances were distributed in the central strait between King George and Elephant islands, and near to the latter.

During the Austral summer 2006, sea surface temperature ranged between -0.8 and 2.4 °C by following the general classic pattern with isotherm parallel to the orientation of Bransfield strait. The surface salinity values ranged between 33.794 and 34.511 ups increasing to Antarctic Peninsula. The highest values (>34.40 ups) were recorded near to D'Urville Island and the continental shelf from Antarctic Peninsula, observed a strong gradient haline to southeast from South Shetland Islands where minimum values (<34.0 ups) were presented. The results of chlorophyll-a and nutrients analyses confirmed that the austral ocean is characterized by presenting high nutrient contents and low contents of chlorophyll-a.

Three main families of seabirds (Spheniscidae, Procellariidae and Oceanitidae) being the main species: *Pygoscelis papua*, *Pygoscelis antarctica*, *Macronectes giganteus*, *Daption capense*, *Fulmarus glacialisoides*, *Oceanites oceanicus* and *Fregetta tropica* in the survey track were observed.

The Balaenopteridae family was the most important among marine mammals and the two abundant and frequently species were Humpback whale *Megaptera novaeangliae* and Antarctic Minke whale *Balaenoptera bonaerensis*.

## PERSONAL PARTICIPANTE EN EL CRUCERO ANTÁRTICO (ANTAR XVI)

### Enero 2006

Jefe de Proyecto	Dra. Gladys Cárdenas Quintana
Detección y Comportamiento	
Jefe de Grupo	Ing. MSC Mariano Gutiérrez Torero Dr. Gordon Swartzman Ing. Salvador Peraltilla Neyra Ing. Adolfo Gonzáles Salas
Biología y Ecología	
Jefe de Grupo	Dra. Gladys Cárdenas Quintana Tlgo. José Pellón Farfán Ing. Milagros Franco Meléndez Blgo. Pepe Espinoza Silvera
Oceanografía	
Jefe de Grupo	Ing. Georgina Flores Gonzáles Ing. José Tenorio Calderón Blga. Maribel Baylón Coritoma Tec. Miguel Sarmiento Díaz
Depredadores Superiores	
Jefe de Grupo	Blgo. Francis Van Oordt La Hoz Blga. Gisella Yataco Rozas Blgo. Luis Alza León Blgo. Luis Santillán Corrales

# DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y PROXIMIDAD ESPACIAL DE ENJAMBRES DE KRILL (*Euphausia superba*) EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE, VERANO AUSTRAL 2006

## DISTRIBUTION, ABUNDANCE AND SPATIAL PROXIMITY SWARMS OF KRILL (*Euphausia superba*) ALONG BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND, AUSTRAL SUMMER 2006

Mariano Gutiérrez<sup>1</sup>Salvador Peraltilla<sup>2</sup>Arnaud Bertrand<sup>3</sup>Adolfo Gonzales<sup>2</sup>Gordon Swartzman<sup>4</sup>Ramiro Castillo<sup>2</sup>

### RESUMEN

GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S, BERTRAND A, GONZALES A, SWARTZMAN G, CASTILLO R. 2016. *Distribución, abundancia y proximidad espacial de enjambres de krill (Euphausia superba) en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, verano austral 2006. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 9-23.*- Se realizó a bordo del BIC Humboldt una prospección de pequeña escala entre las islas Elefante, Clarence y Gibbs, además de una evaluación sinóptica a lo largo del estrecho de Bransfield, en enero 2006, con la finalidad de medir la distribución, abundancia y proximidad de enjambres de krill (*Euphausia superba*) en relación con sus depredadores. Los resultados más saltantes fueron: (i) la abundancia de krill se halló en el valor más bajo de la serie construida por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) desde 1988, habiéndose calculado 425 mil toneladas de krill (CV: 35%) bajo la hipótesis de que la relativa ausencia de hielos durante la prospección ha retraído la mayor parte de la población sobre las costas de la península Antártica, fuera del alcance del barco de investigación, (ii) la distribución del krill arrastraría a la de sus depredadores a juzgar por las variaciones sincrónicas que se observó entre cada uno de los nueve giros sobre un área de 18 mn<sup>2</sup> que se efectuó entre las islas Elefante, Clarence y Gibbs, (iii) el ascenso del krill hacia la superficie implica una disminución temporal en su capacidad de retrodispersión acústica, lo que confirmaría que este fenómeno se explica por la variación temporal del ángulo de natación del krill durante sus migraciones verticales. Se concluye que el análisis de estos hallazgos debe ser profundizado a través de nuevos experimentos sobre escalas geográficas más amplias.

PALABRAS CLAVE: Distribución, abundancia, enjambres de krill, estrecho de Bransfield, isla Elefante

### ABSTRACT

GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S, BERTRAND A, GONZALES A, SWARTZMAN G, CASTILLO R. 2016. *Distribution, abundance and spatial proximity swarms of krill (Euphausia superba) along Bransfield strait and Elephant Island, austral summer 2006. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 9-23.*- It has been performed a synoptic acoustic survey aboard RV Humboldt along Bransfield Strait and surroundings of Elephant Island, and a small scale experiment between Elephant, Clarence and Gibbs islands during austral summer 2006 in order to assess the distribution, abundance and spatial proximity of swarms of krill (*Euphausia superba*) in relation to its predators. Main results were: (i) abundance of krill along Bransfield Strait and surroundings of Elephant Island is the lowest value of the time series built up by Instituto del Mar del Perú (IMARPE) since 1988. It has been calculated an abundance of 425 thousand tons of krill (CV: 35%) under the hypothesis that the observed relative absence of ice has confined the krill population toward the Antarctic Peninsula, out of reach of the survey, (ii) it has been observed that the distribution of krill would drag the local presence of its predators by observing the synchronous variations in the location of sea birds and mammals in every of the nine gyres performed over a small area (18 mn<sup>2</sup>) located between Elephant, Clarence and Gibbs islands, (iii) the ascent of krill toward sea surface implies a temporal reduction of its acoustic reflectivity, which would confirm that swimming angle during vertical migrations explains the measured variations of backscattered energy between diel cycles. Nevertheless it is concluded that these findings must be validated by new experiments to be performed on wider geographical ranges.

KEYWORDS: Distribution, abundance, krill swarms, Bransfield Strait, Elephant Island

1 Universidad Nacional Federico Villarreal UNFV, Calle Francia 726, Lima, Perú (correspondencia a margon@ec-red.com)

2 Instituto del Mar del Perú IMARPE, Esquina Gamarra y Valle s/n Chucuito, Callao

3 Instituto de Investigación para el Desarrollo IRD, Avenue Jean Monnet, BP 171, 34203 Sète Cedex, France

4 Universidad de Washington UoW, School of Fisheries, Box 355640, Seattle, WA 98195, USA

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) participa desde 1988 en proyectos científicos para la exploración de la Antártida y sus especies marinas. Además, con el propósito de contribuir al esfuerzo internacional en la investigación antártica, se planificó el Proyecto COPEPOD (Dinámica y Ecología de las Principales Comunidades Pelágicas del Océano Antártico), para ser llevado a cabo entre los años 2005 y 2010. La fase 2005-2006 se denominó COPEPOD I, y la recolección de datos se efectuó en enero 2006 a bordo del BIC Humboldt en la sub-Área 48.1 a lo largo del estrecho de Bransfield y en los alrededores de la isla Elefante.

La pregunta central de COPEPOD es: ¿Cómo se interrelacionan las principales especies de la comunidad pelágica en función a las condiciones ambientales usualmente variables en el ecosistema de la sub-área antártica 48.1?

Para ello se hipotetiza que adoptando un enfoque basado en el Modelo de Cubeta (Basin Model, McCALL 1990) será posible describir y conceptualizar los procesos físicos y químicos que gobiernan la ocupación del espacio y el comportamiento de las especies en estudio, tomando en cuenta que este modelo postula que los organismos se dispersan o se contraen para cubrir todo el hábitat "favorable", por lo que estudiar estos procesos implica la prospección exhaustiva de las zonas de estudio elegidas.

Habiéndose realizado una prospección de pequeña escala entre las islas Elefante, Clarence y Gibbs, además de una sinóptica a lo largo del estrecho de Bransfield, se obtuvo valiosa información que fue analizada durante talleres interdisciplinarios en IMARPE. Las zonas de estudio elegidas fueron seleccionadas por razones logísticas (cercanía a la Estación Científica Antártica Machu Picchu, ECAMP) y científicas: la sub-Área 48.1 y las zonas del estrecho de Bransfield e isla Elefante congregan normalmente alta abundancia de krill (*Euphausia superba*), especie clave en el funcionamiento del ecosistema antártico, así como de especies dependientes de aquella, como aves, mamíferos y peces (MAC CAULAY 1987, GREENE et al. 1991, AGNEW 1992, ARNTZ 1997, ALONSO et al. 2003, HEWITT et al. 2004, SIEGEL et al. 2004).

El presente documento describe el análisis de la información, así como los resultados y conclusiones de la investigación realizada por el Área de Detección y Comportamiento del Proyecto COPEPOD.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una investigación multidisciplinaria como parte del Proyecto COPEPOD I en la sub-área antártica 48.1 (península Antártica) a bordo del BIC Humboldt en enero 2006. Las Áreas participantes fueron: Depredadores Superiores, Oceanografía, Biología y Ecología y, Detección y Comportamiento. El trabajo de campo fue planificado para cubrir dos estrategias: un muestreo de mesoescala orientado a determinar las condiciones ambientales generales y un muestreo de pequeña escala espacio-temporal cuyo objetivo fue estudiar las posibles relaciones entre los recursos, el ambiente y las reacciones etológicas relacionadas (la migración vertical nictemeral, por ejemplo).

### EQUIPAMIENTO

El BIC Humboldt, está equipado con un ecosonda científica marca SIMRAD que opera frecuencias de 38 y 120 kHz, transductores compuestos y transceptores digitales. Dos estaciones o terminales de trabajo y un navegador GPS SHIPMATE se hallan conectados con la ecosonda a través de una red interna LAN; además, se utilizó una net-sonda SIMRAD ITI para el monitoreo de la red durante faenas de pesca. Complementariamente, se registró información térmica utilizando un sensor marca FURUNO instalado en la Sala de Acústica de la embarcación.

Antes de proceder a realizar la fase de toma de datos (cruceos de meso y pequeña escala) se llevó a cabo la calibración acústica de la ecosonda en la bahía Fildes de la isla Rey Jorge; los procedimientos utilizados se hallan descritos en SIMMONDS y MACLENNAN (2005). Posteriormente, se realizó una medición del nivel de ruido de fondo captado por la ecosonda según lo descrito en ICES (2002).

El BIC Humboldt, está equipado con un parque de pesca de arrastre pelágica y de fondo. Como aparejo de pesca se utilizó una red tipo Engel 988/400 (988 mallas en la boca de la red, de 400 mm cada una). Este arte de pesca fue empleado en la captura de especímenes (krill) para el muestreo biológico y para la identificación auxiliar de blancos acústicos. El muestreo biológico incluyó la consignación de mediciones biométricas del cefalotórax según lo descrito en HOOKER et al. (1998). En el caso de estudios acústicos, conocer las tallas es esencial para determinar los valores de TS que serán utilizados en la estimación de abundancia (HEWITT et al. 2004).

### ZONAS DE ESTUDIO

El ámbito geográfico de COPEPOD es la sub-Área estadística FAO 48.1 (Península Antártica), y dentro de ésta, la región conocida como estrecho de Bransfield

que se extiende a lo largo del borde septentrional de la península Antártica desde el estrecho de Gerlache (límite del círculo polar antártico) en el oeste hasta el grupo de las islas Piloto Pardo en el Este, siendo la principal la isla Elefante.

En el caso del estudio de mesoescala, se prospectaron cuatro transectos a lo largo del estrecho de Bransfield, de oeste a Este desde la isla Decepción hasta la isla Elefante. La Unidad Básica de Muestreo fue de 0,25 mn. Se efectuaron 7 lances de pesca para determinar la estructura de tallas y pesos (Fig. 1).

En el caso del experimento de pequeña escala se eligió como área de estudio la zona ubicada al sur de la isla Elefante, a fin de determinar, entre otros aspectos, la dinámica vertical del krill y su relación con el zooplancton. El barrido de pequeña escala fue diseñado para cubrir consecutivamente dos cuadrantes contiguos de 3 x 3 mn. Cada giro (de un total de nueve) a esta zona fue seguido de una estación y un lance de pesca en el vértice común de los dos cuadrantes. La figura 2 muestra un arreglo tridimensional de un ecograma en dos dimensiones

con el propósito de graficar la estrategia de colección de datos.

**ALGORITMO DE IDENTIFICACIÓN**

La figura 3 presenta el algoritmo virtual a través del cual las señales acústicas (ecoregistros) fueron separadas según la presencia de krill o zooplancton en base al algoritmo de GREENLAW y JOHNSON (1983) quienes hallaron una diferencia de 2 a 16 dB en las señales retrodispersadas por el krill utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz. Esta metodología, es ampliamente utilizada en estudios relativos al krill en la Antártica (HEWITT et al. 2003, 2004; DEMER y CONTI 2003, 2005; WATKINS et al. 2004). La identificación de especies y generación de ecogramas para krill y otras especies del zooplancton por separado, fue realizada utilizando el programa Echoview (Sonar Data, Tasmania, Australia) según lo descrito por HIGGIMBOTTOM et al. (2000). La utilización de dos o más frecuencias de sonido simultáneamente para identificar y extraer las señales de interés fueron definidas por HOLLIDAY (1977) y GREENLAW y JOHNSON (1983).

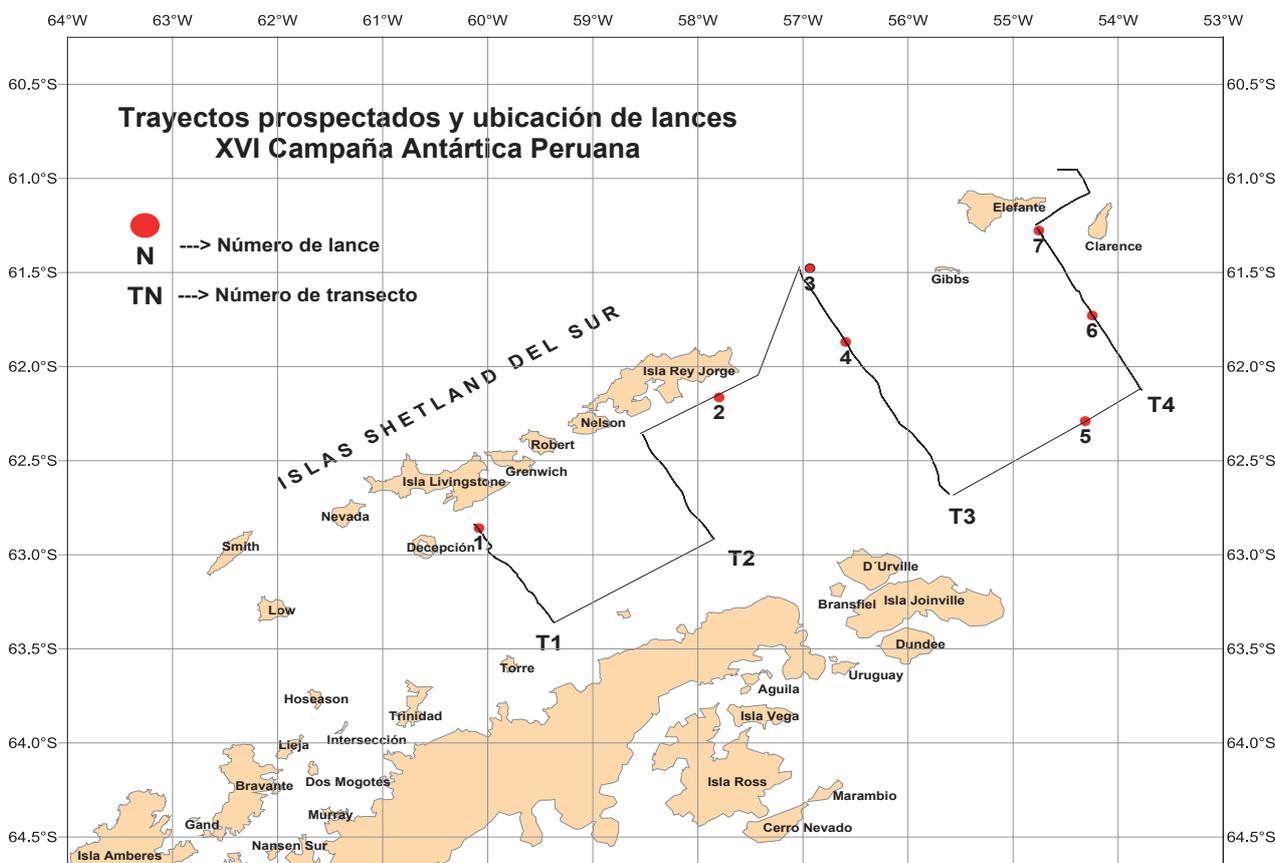


Figura 1.- Carta de Trayectos y ejecución de lances de pesca

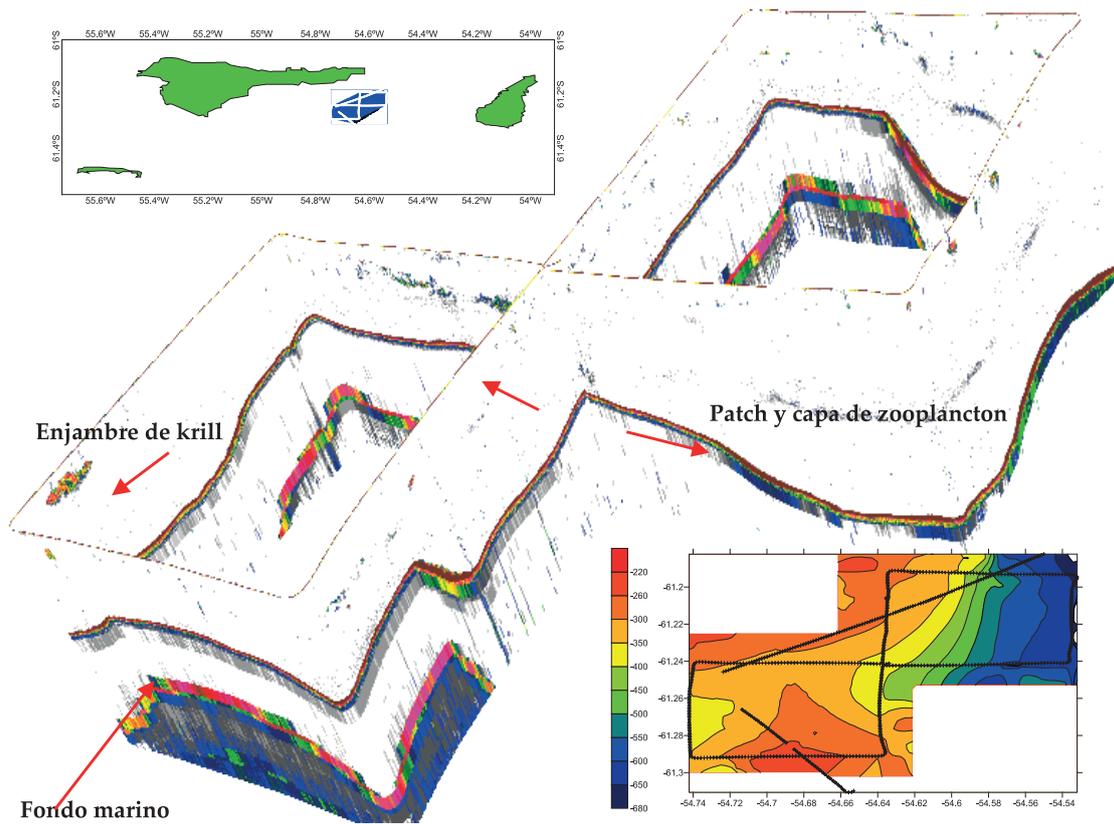


Figura 2.- Infografía acerca de la investigación de pequeña escala espacio-temporal al sureste de la isla Elefante. En la esquina superior izquierda: la zona de estudio, así como su batimetría (esquina inferior derecha). Se aprecia de manera relevante un arreglo tridimensional de un ecograma en dos dimensiones con indicación superpuesta de los principales elementos detectados

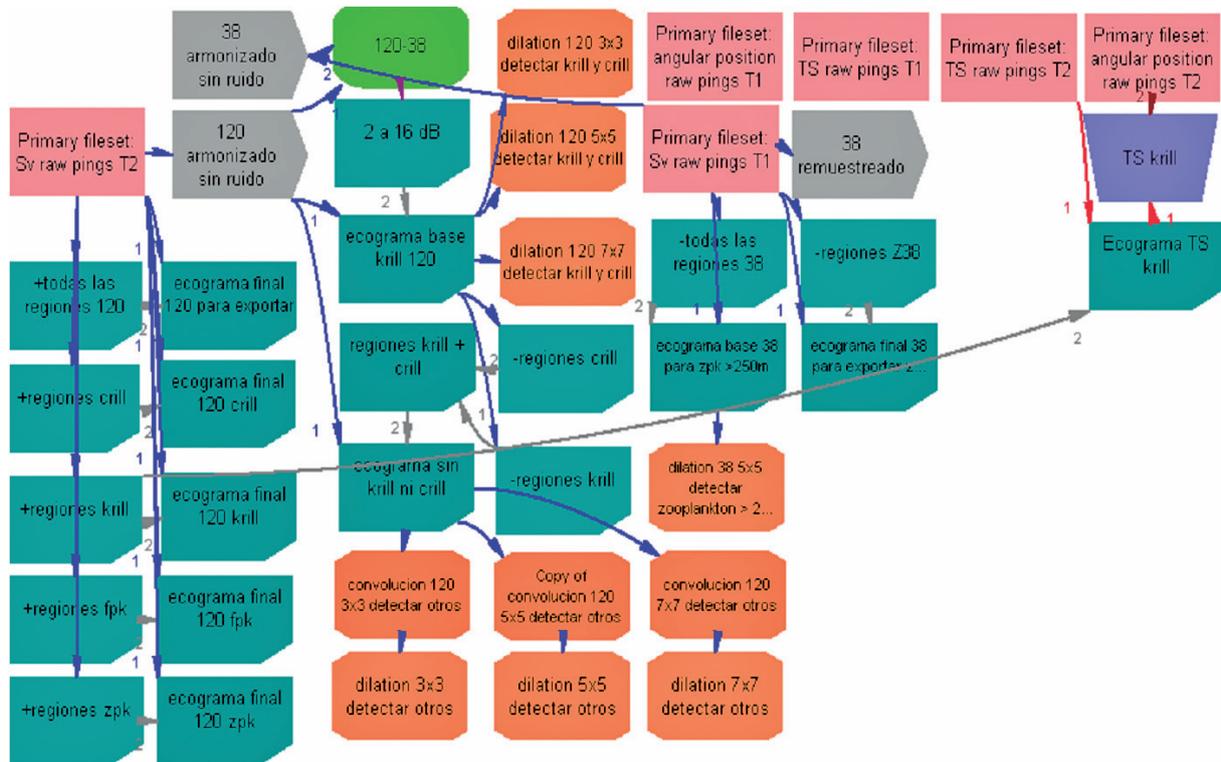


Figura 3.- Algoritmo relacional en Echoview para la identificación del krill y zooplankton en base a la insonificación empleando dos frecuencias: 38 y120 kHz

**ECUACIONES PARA LA OBTENCIÓN DE LA ABUNDANCIA**

Para la estimación de la abundancia se siguió el método de estratificación por transectos según lo descrito por JOLLY y HAMPTON (1990). La secuencia de ecuaciones empleadas en la estimación de la abundancia (biomasa) es la siguiente (CCAMLR, 2005):

La biomasa (en toneladas t) en el *i*-ésimo intervalo es:

$$B_i = CF_i \cdot NASC_i \cdot A_i$$

Donde, CF es el factor de conversión que se utiliza en transformar la densidad en abundancia; NASC es el Coeficiente Náutico de Dispersión Acústica o bien la eointegración media por intervalo de muestreo; A es el área representada por cada unidad de muestreo (15 mn<sup>2</sup>).

El factor de conversión CF (en t/mn<sup>2</sup>) en el *i*-ésimo intervalo es:

$$CF_i = W_i / S_i$$

Donde, W es el peso medio del krill en toneladas y S es la sección transversal de retrodispersión.

El área A (en mn<sup>2</sup>) en el *i*-ésimo intervalo se define de la siguiente manera:

$$A_i = d \cdot L \cdot k_i$$

Donde, d es la extensión del intervalo de muestreo (0,25 mn en este caso); L es la separación entre transectos (60 mn en este caso); y k es un factor que varía entre 0 y 1 según la unidad de muestreo que ha sido prospectada en la dirección general de los transectos (330°), en cuyo caso k=1.

El peso (en toneladas) en el *i*-ésimo intervalo se define de la siguiente manera:

$$W_i = a \cdot L_i^b \times 10^{-6}$$

Donde, a y b son constantes que provienen de la determinación de la relación talla-peso; L<sub>i</sub> es la talla que corresponde a cada clase en el intervalo.

La sección transversal (mn<sup>2</sup>) de dispersión acústica en el *i*-ésimo intervalo se define como:

$$S_i = 4 \cdot \pi \cdot 10^{TS/10} \times 1852^{-2}$$

La ecuación de fuerza de blanco (TS, en dB) utilizada ha sido desarrollada por DEMER y CONTI (2005) y se le conoce como modelo SDWBA (Stochastic Distorted-Wave Born Approximation):

$$TS(kL) = A \cdot \left[ \frac{\log_{10}(BkL)}{BkL} \right] + D(kL)^6 + E(kL)^5 + F(kL)^4 + G(kL)^3 + H(kL)^2 + IkL + J + 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{L}{L_\infty} \right)$$

Los coeficientes de la ecuación anterior son:

$$A = -9,30429983e+2 \quad B = 3,211027896e+0$$

$$C = 1,74003785e+0 \quad D = 1,36133896e-8$$

$$E = -2,26958555e-6 \quad F = 1,50291244e-4$$

$$G = -4,86306872e-3 \quad H = 7,38748423e-2$$

$$I = -4,08004891e-1 \quad J = -7,39078690e+1$$

$$L_\infty = 3,835e-2 \text{ (m)}$$

**INFORMACIÓN OCEANOGRÁFICA**

Se utilizó un CTD con el que se realizaron mediciones de la estructura de la temperatura, salinidad y oxígeno en la columna de agua. Con esta información suministrada por el Área de Oceanografía del proyecto, se analizó la posible existencia de relaciones respecto a la distribución vertical del krill.

**INFORMACIÓN SOBRE DEPRADADORES SUPERIORES**

El Área de Depredadores Superiores del proyecto, efectuó avistamientos continuos de la presencia de aves y mamíferos en los alrededores de la embarcación durante sus desplazamientos. Dicha información ha sido facilitada para explorar la posible relación entre la proximidad espacial de los enjambres de krill y la presencia de depredadores superiores. La unidad de muestreo empleada fue de 0,25 mn.

**ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Se ha considerado como período diurno el rango entre 4 AM y 21 PM, y el periodo nocturno entre 22 PM y 4 AM del día siguiente.

Se utilizaron series de tiempo simples en hoja de cálculo para estimar parámetros tales como la profundidad media del krill y zooplancton por hora. La posible existencia de correlaciones entre los parámetros ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno), el krill y sus depredadores ha sido analizada recurriendo a la estadística exploratoria GAM (Modelos Aditivos Generalizados, VENABLES y RYPLEY 1994, HASTIE y TIBSHIRANI 1990) implementada en el programa S-Plus (Insightfull Corp., EUA).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### CALIBRACIÓN DE LA ECOSONDA EK60

La calibración de la ecosonda SIMRAD modelo EK60 operando a frecuencias sónicas de 38 y 120 kHz del BIC Humboldt, se llevó a cabo el 5 de enero en la bahía Fildes de la isla Rey Jorge. Los resultados se aprecian en la tabla siguiente:

Factor	38 kHz	120 kHz
Coeficiente de absorción (dB/m)	0,0102	0,02720
Velocidad del sonido (m/s)	1457	1457
Angulo de haz equivalente (dB//Srd)	-20,6	-20,8
Ganancia del transductor (dB)	26,5	25,1
Largo de pulso transmitido (ms)	1,024	0,256

#### MEDICIÓN DE RUIDO

La medición del nivel de ruido del BIC Humboldt, se llevó a cabo mientras se navegaba hacia el punto de inicio del crucero. El resultado de la medición para ambas frecuencias, muestra que el nivel de ruido se encontró por debajo del nivel mínimo recomendado para embarcaciones científicas dedicadas a evaluaciones

acústicas (-130 dB ref 1m, ICES 2002). En el caso de la frecuencia de 120 kHz el nivel de ruido fue de -140 dB ref 1 m, y de -133 dB ref 1m en el de 38 kHz.

#### DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DEL KRILL

El krill presentó la abundancia relativa más baja de la serie comprendida entre 1988 y 2006. Los valores econtegrados (NASC) predominantes estuvieron situados en un orden de magnitud que puede ser calificado como 'dispersos'. Densidades medias y altas fueron únicamente observadas en el extremo oriental del estrecho y con mayor presencia de krill en el extremo sur, frente a la isla Rey Jorge y al sur de la isla Elefante. En general, se aprecian dos grandes zonas de distribución: al Este del estrecho predominaron densidades medias, y al oeste predominaron bajas densidades; estas dos zonas se encuentran separadas por una zona de muy baja densidad, sin que se haya podido determinar la relación oceanográfica con este patrón general de agregación (Fig. 4).

#### ESTRUCTURA DE TALLAS Y PESOS

Durante el estudio en el estrecho de Bransfield, se efectuaron siete lances de comprobación de ecotrazos

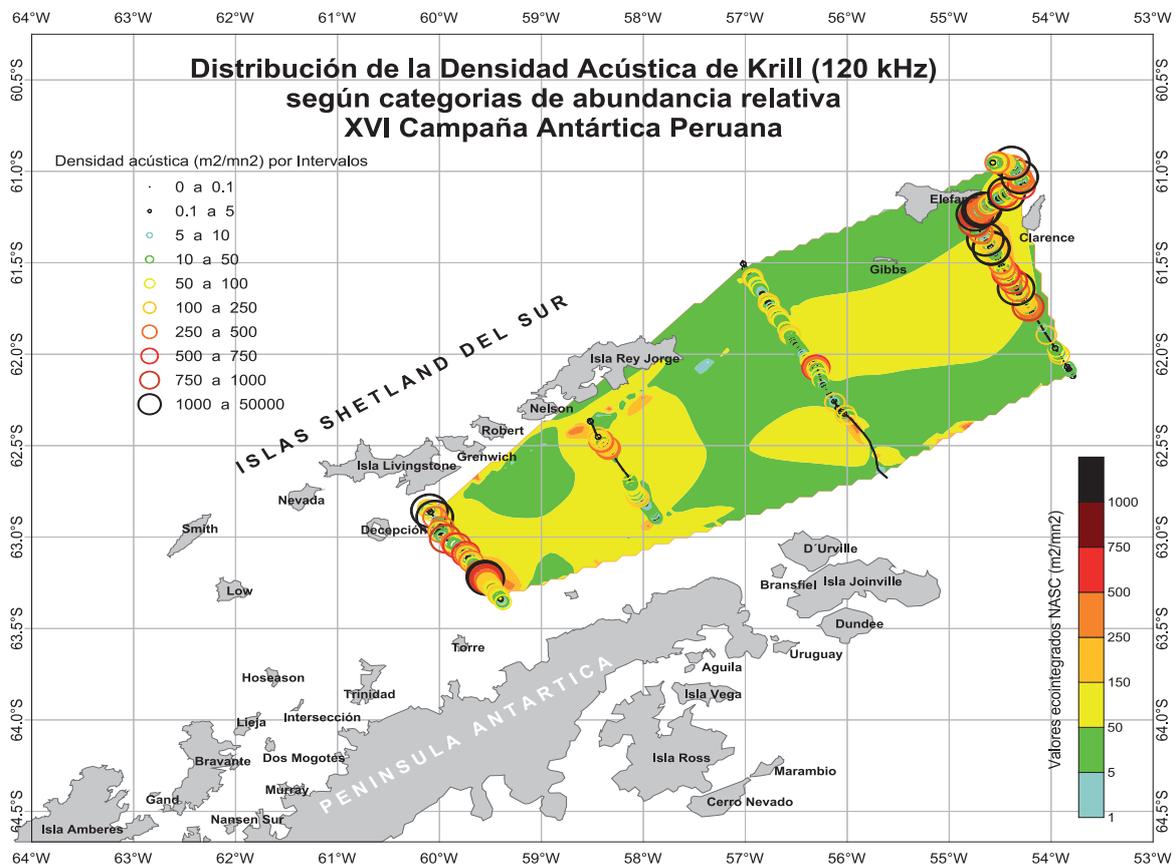


Figura 4.- Distribución y abundancia acústica de krill en el estrecho de Bransfield, con indicación de los valores puntuales medidos

y muestreo biológico (Fig. 1); el segundo lance fue negativo. El muestreo biológico proveyó información acerca de las relaciones talla-peso por lances para la estimación de biomasa, así como los rangos y tallas medias de krill para cada punto de muestreo.

En general, se apreció tres zonas con distinta estructura de tallas: las tallas más grandes fueron observadas entre las islas Elefante y Rey Jorge (lance 3); dos grupos de talla media fueron detectados en las cercanías de las islas Decepción y al sur de la isla Elefante (lances 1 y 7); los restantes lances indicaron estructuras de tallas menores en la zona prospectada al Este de la isla Rey Jorge (lances 4, 5 y 6) (Fig. 1).

**ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE KRILL**

Se utilizó la estructura de tallas derivadas de los lances de pesca efectuados durante el rastreo del estrecho de Bransfield (7 en total) a fin de obtener los factores de corrección (CF) utilizados en la estimación de la abundancia por tallas en la estratificación por transectos. Este cálculo de biomasa fue realizado para las dos frecuencias sonoras empleadas (38 y 120 kHz).

Los datos de peso por talla, provinieron de la utilización de valores estandarizados por el Área de Biología y Ecología. Los factores de conversión CF fueron derivados según la ecuación de DEMER y CONTI (2005).

El CF promedio para 38 kHz fue 1,63 t/m<sup>2</sup>, valor que para DEMER y CONTI es 1,61; en el caso de 120 kHz el CF promedio fue 0,39 t/m<sup>2</sup>, valor similar al hallado por DEMER y CONTI.

Los resultados de la estimación de biomasa fueron similares para las dos frecuencias, totalizando alrededor de 425 mil toneladas, que fue la más baja determinada durante campañas antárticas peruanas. Esta disminución estaría asociada a la falta de hielo (ARNTZ 1997, HEWITT et al. 2003). Los resultados de la estimación acústica de abundancia, para UBMs de 0,25 mn de extensión y 15 mn<sup>2</sup> de área individual, para las dos frecuencias utilizadas, está en el siguiente cuadro:

Frecuencias	120 kHz	38 kHz
Número de valores:	1,041	1,041
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> ) ponderado	70,88	20,70
Varianza ponderada (NASC)	665,62	42,94
CF ponderado	0,41	1,40
Densidad media de krill (g/m <sup>2</sup> )	28,96	28,96
Varianza (de la densidad)	111,15	84,06
Coefficiente de variación	36%	32%
Área (mn <sup>2</sup> )	14.679	14.679
Desviación estándar (de la densidad)	10,54	9,17
Biomasa (toneladas)	425.149,02	425.071,54
Número de individuos	5,42E+11	5,84E+11

La estructura de tallas en términos de abundancia fue polimodal, revelando la presencia de varias clases, principalmente en 30, 34, 38, 44, 48, 54, 57 y 62 mm. El rango de tallas varió entre 26 y 63 mm con moda principal en 48 mm. El mismo patrón, se observó en la biomasa expresada en número de individuos (Fig. 5). De acuerdo a los grados de latitud prospectados, la mayor biomasa estuvo en el grado 61°S y, en menor medida en el 63°S, lo que corresponde a los sectores de la isla Elefante y el extremo sur del área evaluada (Fig. 5). Según grados de longitud, la biomasa se congregó principalmente en tres grados (59, 56 y 54°W), lo que corresponde, respectivamente, a las zonas cubiertas por los transectos 1, 3 y 4 (Fig. 5).

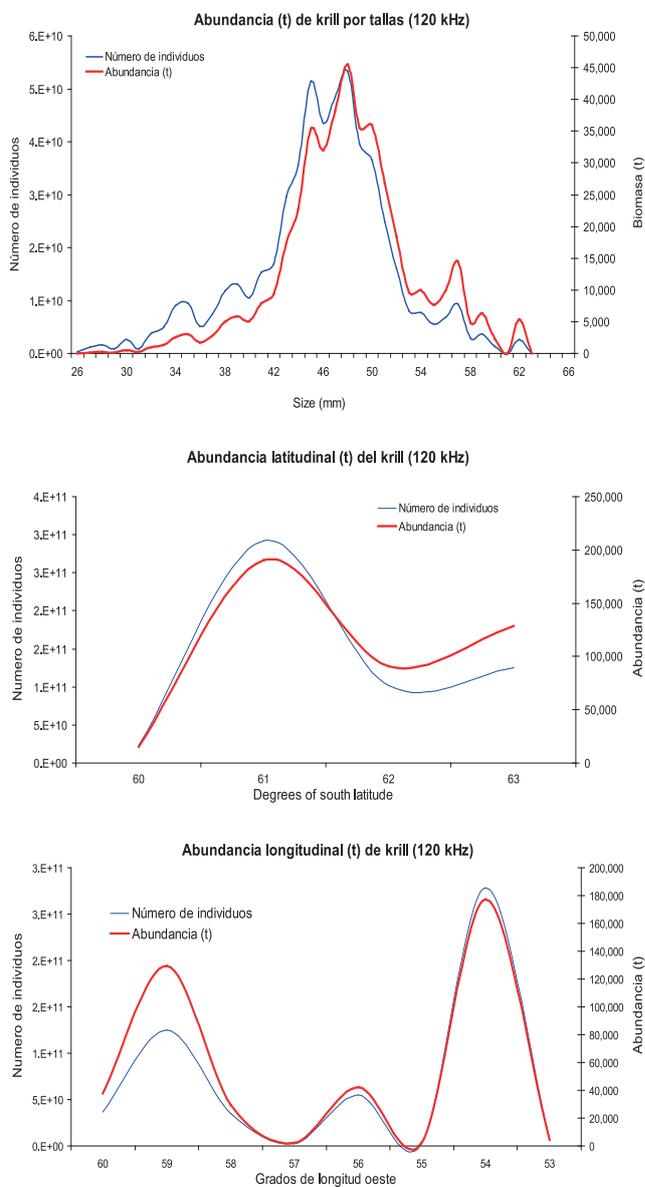


Figura 5.- Demografía del krill en el estrecho de Bransfield tanto en términos de abundancia (toneladas) como de número de individuos. Panel superior: composición por tallas; Panel central: componente latitudinal; Panel inferior: componente longitudinal

**RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDADES MEDIAS DE ENJAMBRES DE KRILL Y EL AMBIENTE MARINO**

Se examinó la influencia del medio ambiente marino con las profundidades medias de los enjambres del krill, mediante análisis GAM, en los transectos hidrográficos 2, 3 y 4 del rastreo acústico en el estrecho de Bransfield. La descripción que se presenta a continuación está condicionada por la hora en que se realizó cada medición.

**Transecto 2.-** Verticalmente los enjambres de krill se presentaron en profundidades no mayores a 60 m; el rango de la temperatura estuvo entre 0 y 2 °C, las mejores relaciones variaron entre 0 y 1 °C. Con respecto a salinidad y densidad del agua, las agregaciones del krill fueron observadas en un amplio rango con valores entre 33,90 y 34,35 ups y 27 y 27,8 kg/m<sup>3</sup> (Fig. 6).

**Transecto 3.-** La profundidad media del krill alcanzó los 120 m. Las mayores concentraciones se observaron en la capa de los primeros 40 m; con respecto a la temperatura hubo una mejor relación con valores entre 0,5 y 1,0 °C; las salinidades entre 34,1 y 34,3 ups fueron observadas de preferencia con la presencia de las concentraciones del krill y densidades de agua no mayores a 27,8 kg/m<sup>3</sup> (Fig. 7).

**Transecto 4.-** Los enjambres de krill presentaron mayor rango de distribución vertical, la profundidad media estuvo alrededor de 200 m. La temperatura presentó el rango más bajo en relación con los perfiles anteriores, el krill se desplegó entre -0,5 y 1,0 °C. Lo inverso ocurrió con los valores de salinidad, que presentaron un mayor rango respecto a los perfiles anteriores; la mejor relación se detectó entre 34,2 y 34,45 ups (Fig. 8).

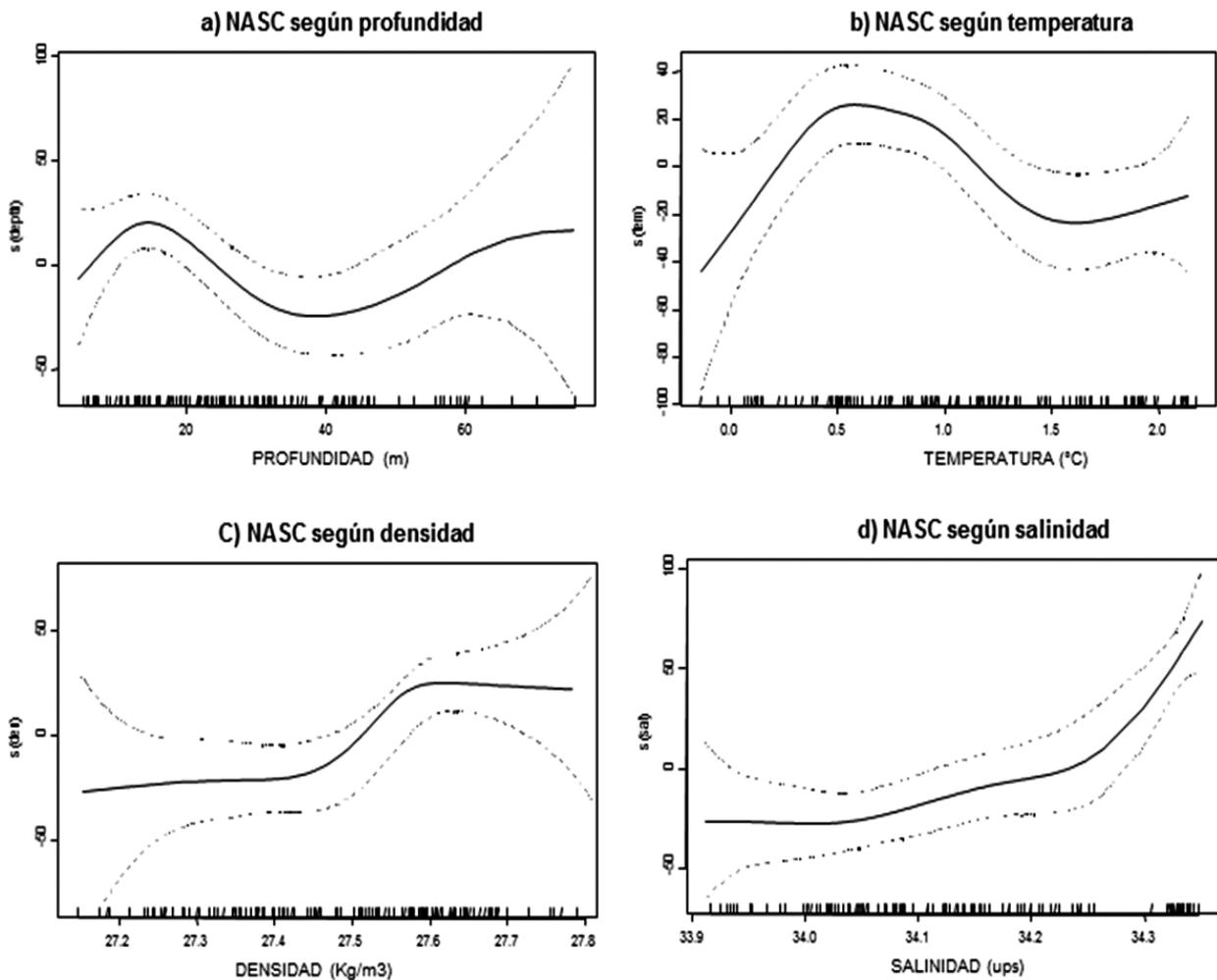


Figura 6.- Relaciones GAM determinadas para el transecto 2 respecto a los valores eointegrados por intervalo (NASC) en función a la profundidad (a), temperatura (b), densidad (c) y salinidad (d)

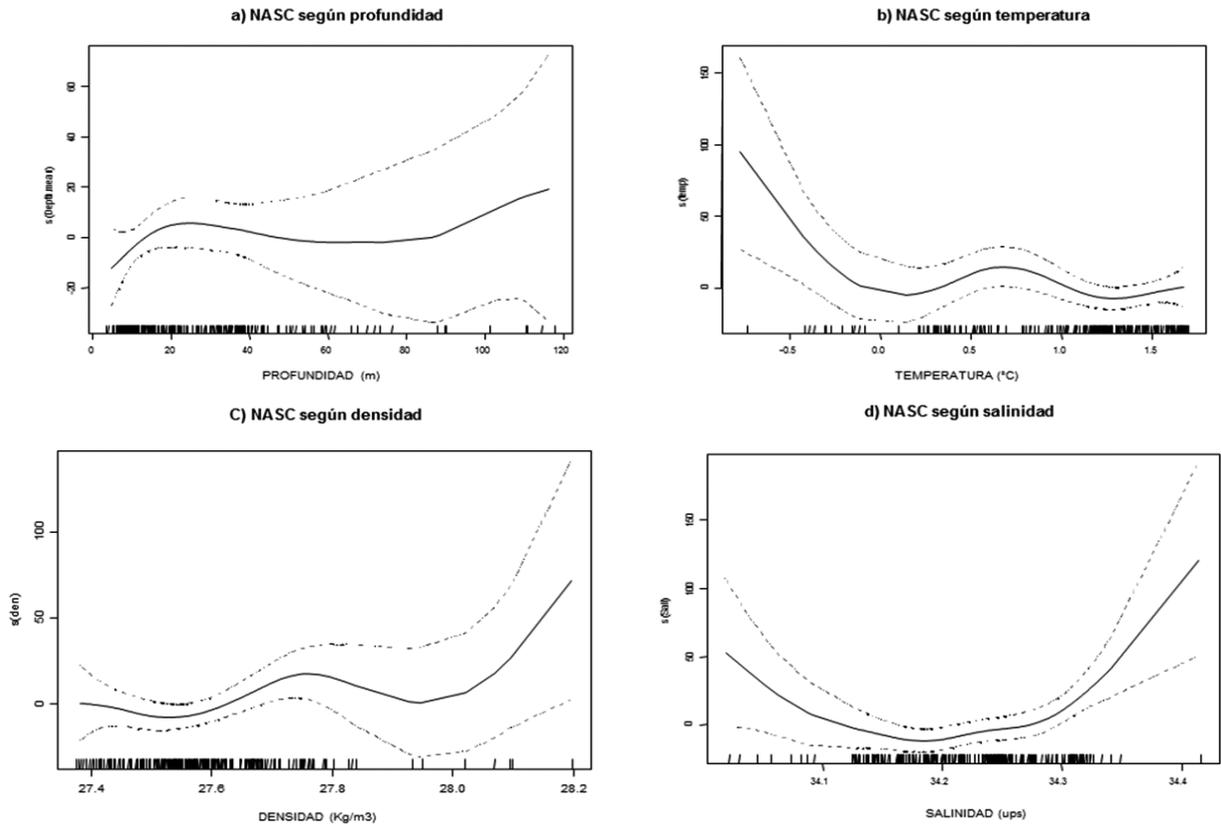


Figura 7.- Relaciones GAM determinadas para el transecto 3 respecto a los valores eointegrados por intervalo (NASC) en función a la profundidad (a), temperatura (b), densidad (c) y salinidad (d)

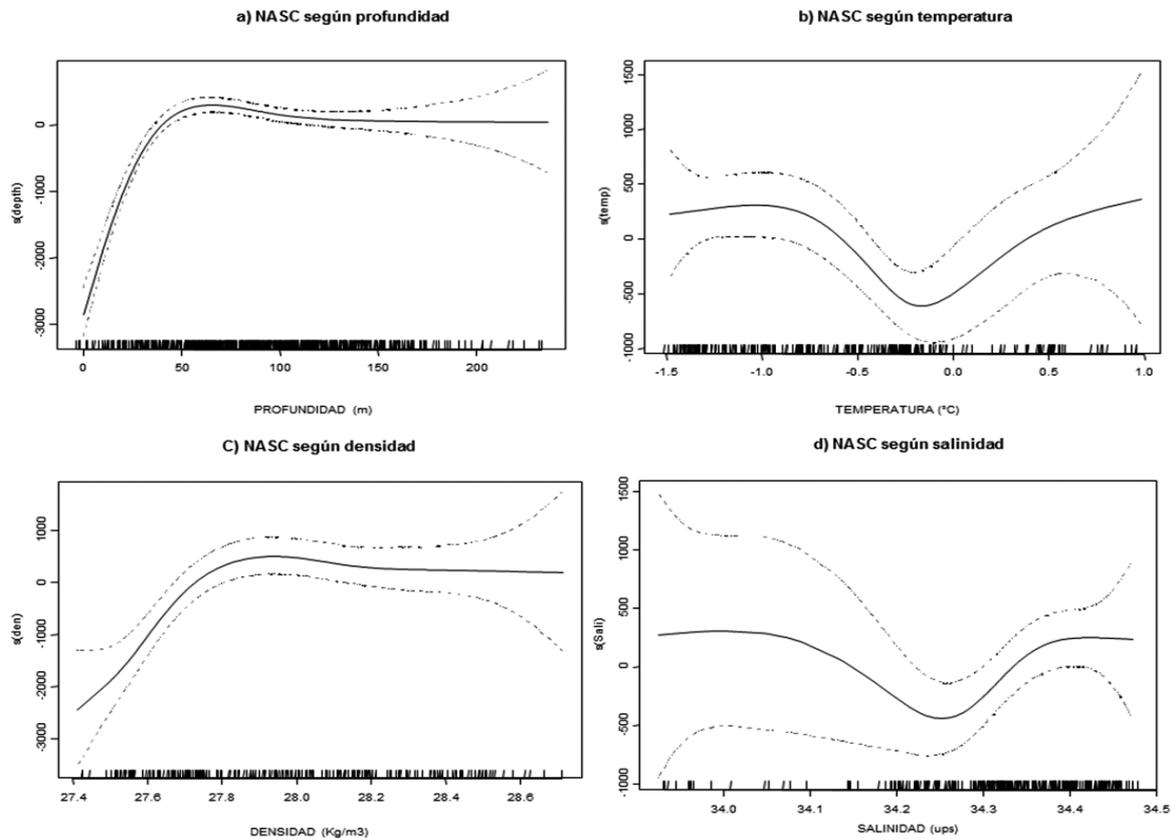


Figura 8.- Relaciones GAM determinadas para el transecto 4 respecto a los valores eointegrados por intervalo (NASC) en función a la profundidad (a), temperatura (b), densidad (c) y salinidad (d)

**ANÁLISIS DE CLUSTERS, PROXIMIDAD ESPACIAL**

Del análisis de la información acústica por enjambres detectados en el estrecho de Bransfield (ubicación de cada uno de ellos en el espacio geográfico) se determinó la existencia de 39 clusters con un alto índice de proximidad espacial, si bien algunos son más densos que otros (Fig. 9); en la misma figura se presentan algunas fuentes de información superpuesta: clusters acústicos de krill indicados por círculos negros, presencia de depredadores superiores indicados por triángulos azules y espas rojas y, los

perfiles oceanográficos con indicación relativa de la temperatura en segmentos oblicuos a lo largo de los 4 transectos efectuados en el estrecho de Bransfield. A simple vista, se comprueba que la zona ubicada entre las islas Elefante, Gibbs y Clarence es la que presentó la mayor cantidad de fauna marina. En general, la mayor proximidad entre presas y predadores se da en las cercanías de las islas. Debe puntualizarse que la escala de observación utilizada (mesoescala) es apropiada para observar el patrón general de dispersión espacial, que no puede ser apreciado en escalas menores.

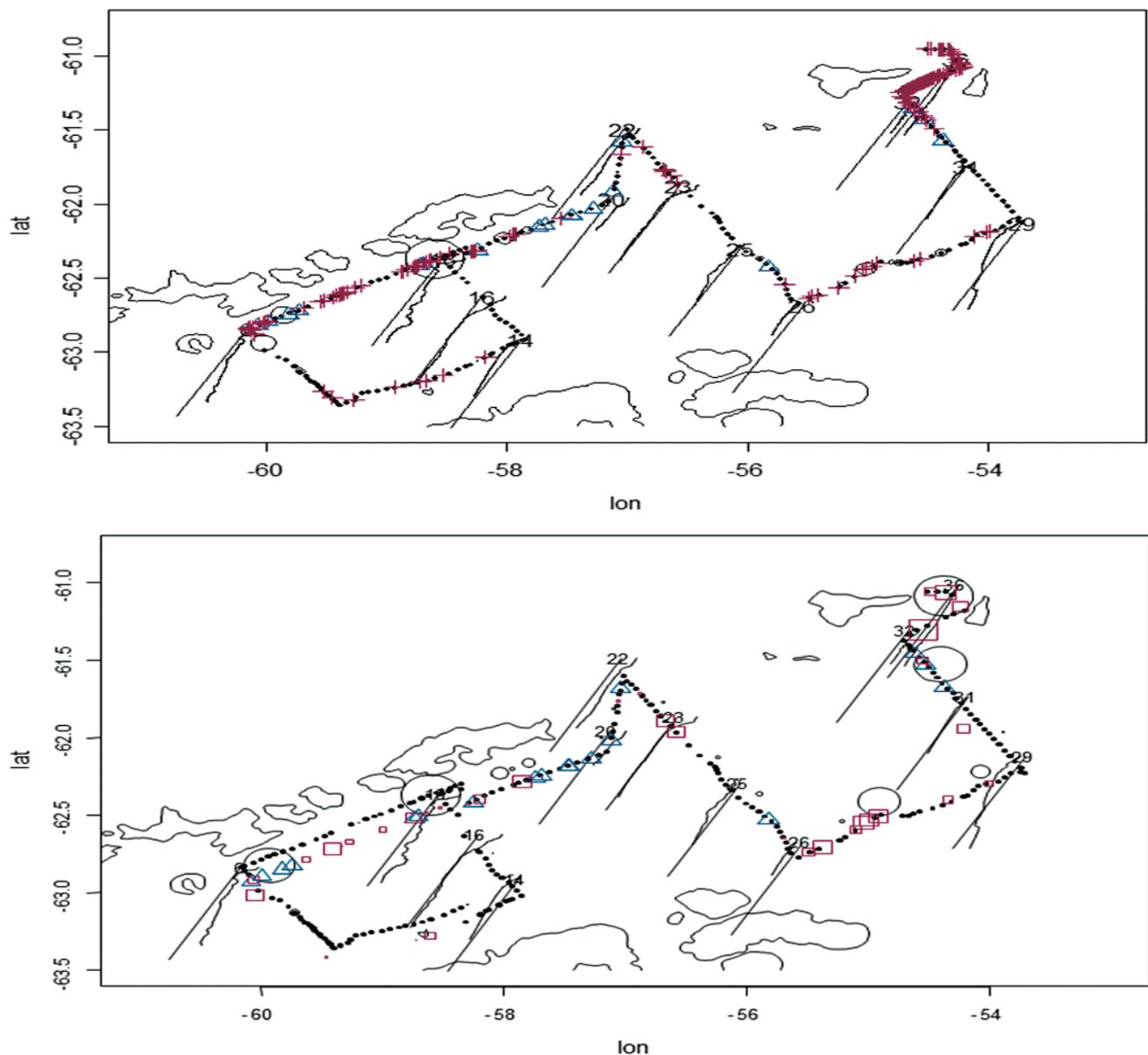


Figura 9.- Proximidad espacial entre los enjambres de krill y sus depredadores durante la prospección de mesoescala en el Estrecho de Bransfield. Nótese en el panel superior la mayor concentración de clusters de krill en la zona de la isla Elefante así como el sector meridional de las islas Shetland del Sur. En el panel inferior se presenta la distribución espacial de los depredadores superiores: presencia de aves (cuadrados) pingüinos (triángulos) y cetáceos (círculos) durante el crucero, la escala de observación es adecuada (mesoescala), ya que permite apreciar la existencia de un patrón de distribución que no se observa en escalas muy pequeñas

### ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA DISTRIBUCIÓN DEL KRILL Y ZOOPLANCTON A PEQUEÑA ESCALA

Si bien las pequeñas escalas de observación espacio-temporal no permiten apreciar aspectos de la distribución general, facilita en cambio otro tipo de análisis, como por ejemplo el que se relaciona a la migración nictemeral y las condiciones ambientales específicas de cada lugar.

Utilizando ecogramas digitales de 38 y 120 kHz, se separó del zooplancton los registros atribuidos al krill, basando su identificación en la existencia de una diferencia en la reflectividad acústica entre 38 y 120 kHz comprendida entre 2 y 16 dB (HEWITT et al. 2004). El zooplancton fue detectado aplicando arbitrariamente un filtro comprendido entre -65 y -90 dB al ecograma libre de krill. Naturalmente, la detección de zooplancton ha sido enfocada únicamente en aquellos registros acústicamente detectables, sin que sea posible determinar la identidad de éstos. Una muestra de los resultados obtenidos procesando los ecogramas digitales se presenta en la figura 10. Estos ecogramas resultan de aplicar el algoritmo de la figura 3 y permite contar con bases de datos separadas para el krill, y para el zooplancton detectable con 38 y 120 kHz, lo que facilita el análisis de series de tiempo.

### KRILL ARRASTRARÍA LA DISTRIBUCIÓN DE SUS DEPRADADORES

La figura 11 presenta, a izquierda y derecha, la superposición de bases de datos acústicos y de depredadores para las primeras dos vueltas a la zona de estudio (experimento de pequeña escala) ubicada al sur de la isla Elefante. El gráfico, es una muestra del escrutinio visual realizado para corroborar la existencia de una relación entre la morfología del fondo, la presencia de krill y la de depredadores superiores. En ambos casos, la batimetría (paneles de la parte inferior) muestra que el experimento realizado en la zona de la isla Elefante posee dos marcados niveles de profundidad: la terraza cuya profundidad se sitúa entre 200 y 300 m, el talud comprendido entre 300 y 550 m y la planicie más profunda comprendida entre 550 y 680 m.

Sobre la terraza se ubicó –durante la vuelta N<sup>o</sup>1 en este caso- la mayor parte y los más grandes enjambres de krill, y también la mayor cantidad de enjambres superficiales. En la vuelta 2, la mayor densidad de krill se trasladó a la zona más profunda. En los primeros tres paneles de la figura (de arriba hacia abajo) se aprecia con claridad que la mayor cantidad de cetáceos, pingüinos y otras aves se ubican también sobre la terraza profunda

durante la vuelta 2. En apariencia, la presencia de krill superficial arrastraría la presencia de sus depredadores y, la morfología del fondo ejercería un rol en la dinámica vertical que influencia la concentración de krill en la región de estudio. Sin embargo, debe hacerse notar que en el caso de los avistamientos de depredadores se trata de una actividad que no es continua, es decir que no es posible desarrollarlo durante el período nocturno (22 PM a 4 AM), lo que interrumpe la continuidad del análisis.

### PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL NICTEMERAL DE ENJAMBRES DE KRILL

El krill se distribuyó hasta los 100 m en promedio durante las horas del día (04:00 a 22:00) y hasta los 40 m durante la noche. Este patrón ha sido observado por autores como KILS (1981), KIRKWOOD (1982), SUN (1997) y DEMER y CONTI (2005) si bien la distribución vertical puede ser más amplia. En este caso, el krill se distribuyó en un rango comprendido entre 15 y 195 m, habiéndose observado en ocasiones hasta 400 m (GUTIÉRREZ 1998).

Se observó que junto con los cambios en la profundidad, se produjeron variaciones en la magnitud del volumen acústicamente retrodispersado, es decir que en tanto el krill se desplaza verticalmente se producen variaciones en su reflectividad. De acuerdo con los trabajos de KILS (1981), MILLER y HAMPTON (1990), GREENE et al. (1991) y DE ROBERTIS et al. (2003) los eufáusidos en general se desplazan con ángulos corporales variables, ofreciendo respuestas acústicas diferentes frente a una insonificación regular como la del caso presente. Además, estudios más recientes como el de DEMER y CONTI (2005) son concluyentes respecto a la naturaleza estocástica de la reflectividad acústica del krill, es decir que aún en condiciones controladas se deben esperar variaciones en la capacidad reflectiva, que dependen fundamentalmente de características biológicas en el desplazamiento de estos eufáusidos.

Con la llegada de la penumbra (22:00 para el lugar y zona) el krill inicia su migración vertical, ofreciendo un ángulo más cerrado respecto al sonido insonificado, lo que explica la disminución de la reflectividad. Además, la permanencia del krill cerca de la superficie en periodos nocturnos es más bien breve y luego se inicia el descenso, con ángulos inclinados del cuerpo, que provocarán ecos más débiles que los que corresponden cuando el krill ha cesado su desplazamiento vertical.

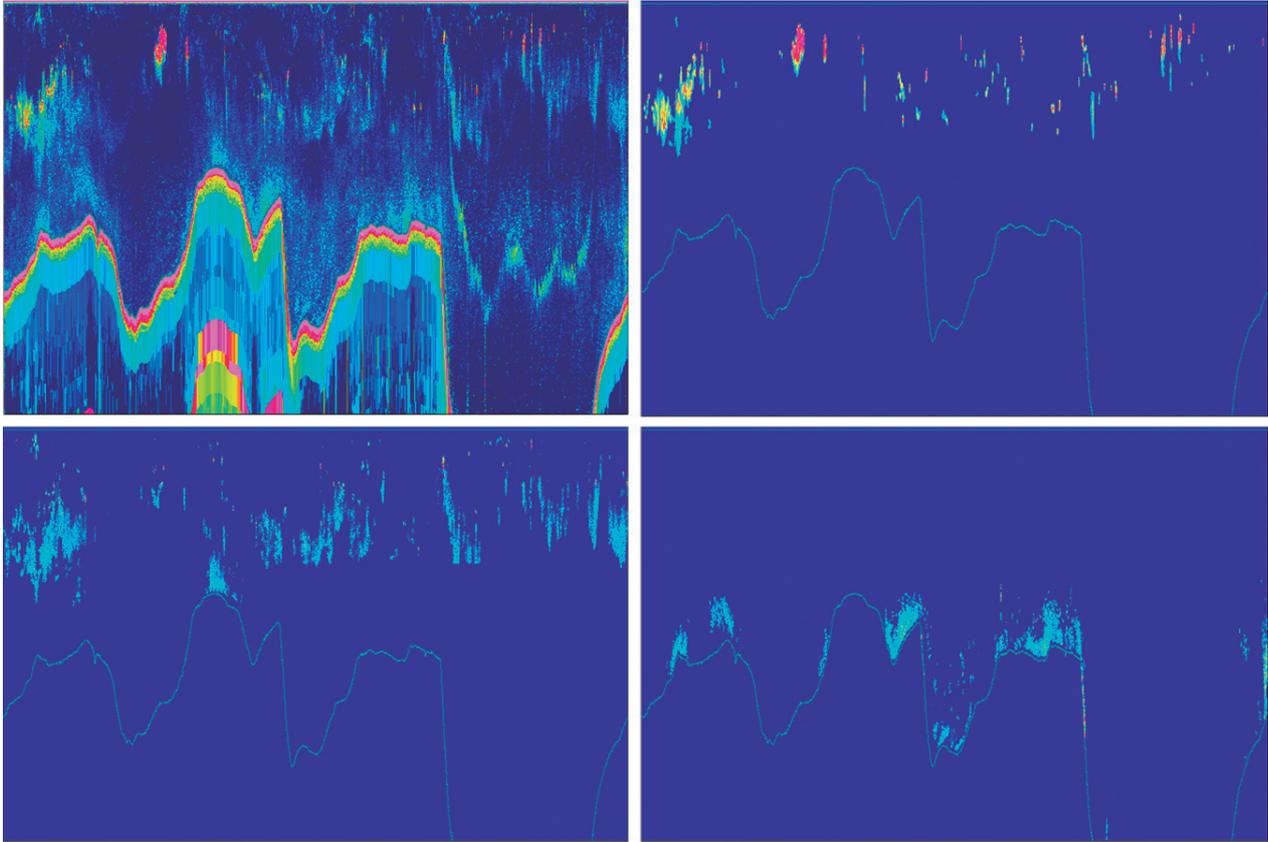


Figura 10.- Resultado del procesamiento de imágenes derivado del conocimiento de la diferencia en la detección acústica del krill entre las frecuencias de 38 y 120 kHz. A manera de muestra el panel superior izquierdo muestra el ecograma 2D del giro N°5. La aplicación del algoritmo de la figura 3 permite identificar el krill y crear un ecograma exclusivo (arriba la derecha), así como para el zooplancton en general detectado con 120 kHz (abajo a la izquierda) y 38 kHz (abajo derecha).

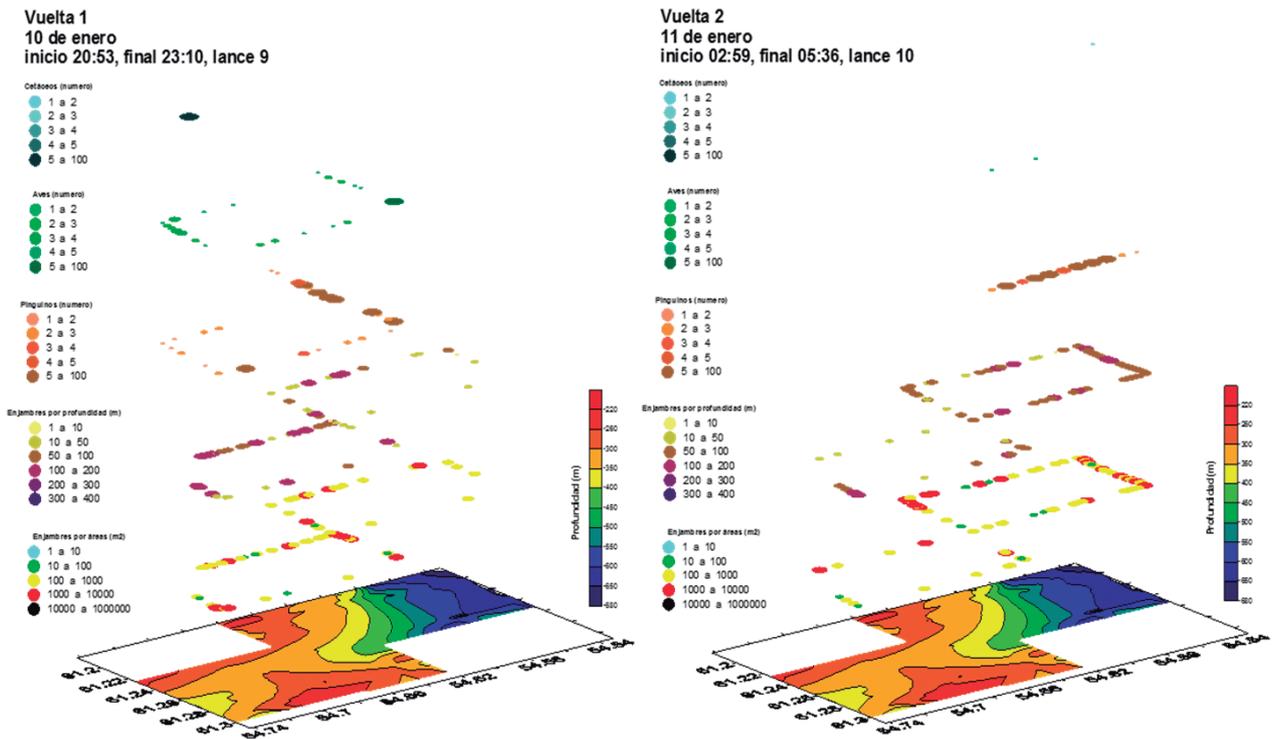


Figura 11.- Sobreposición de las bases de datos sobre abundancia relativa de krill y predadores en función a la morfología del fondo marino en la zona del experimento en la isla Elefante.

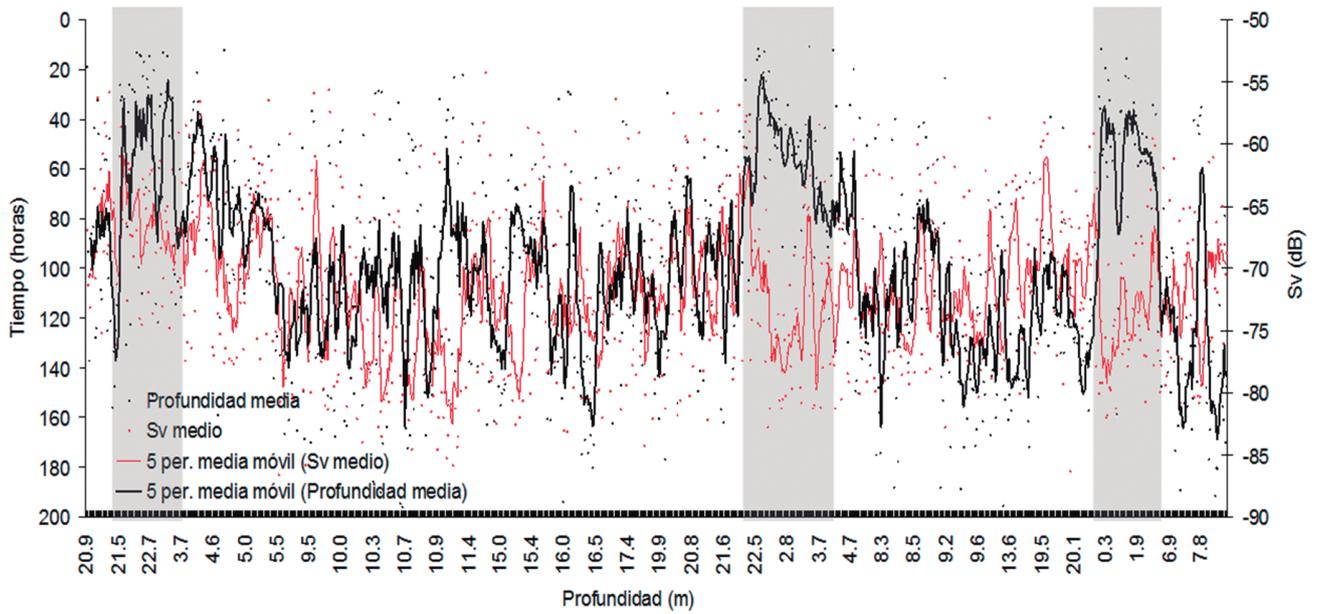


Figura 12.- Variación de la profundidad media horaria de los enjambres de krill en función a los cambios paralelos en la magnitud media del volumen acústico retrodispersado (Sv), con indicación del período nocturno (barras grises verticales)

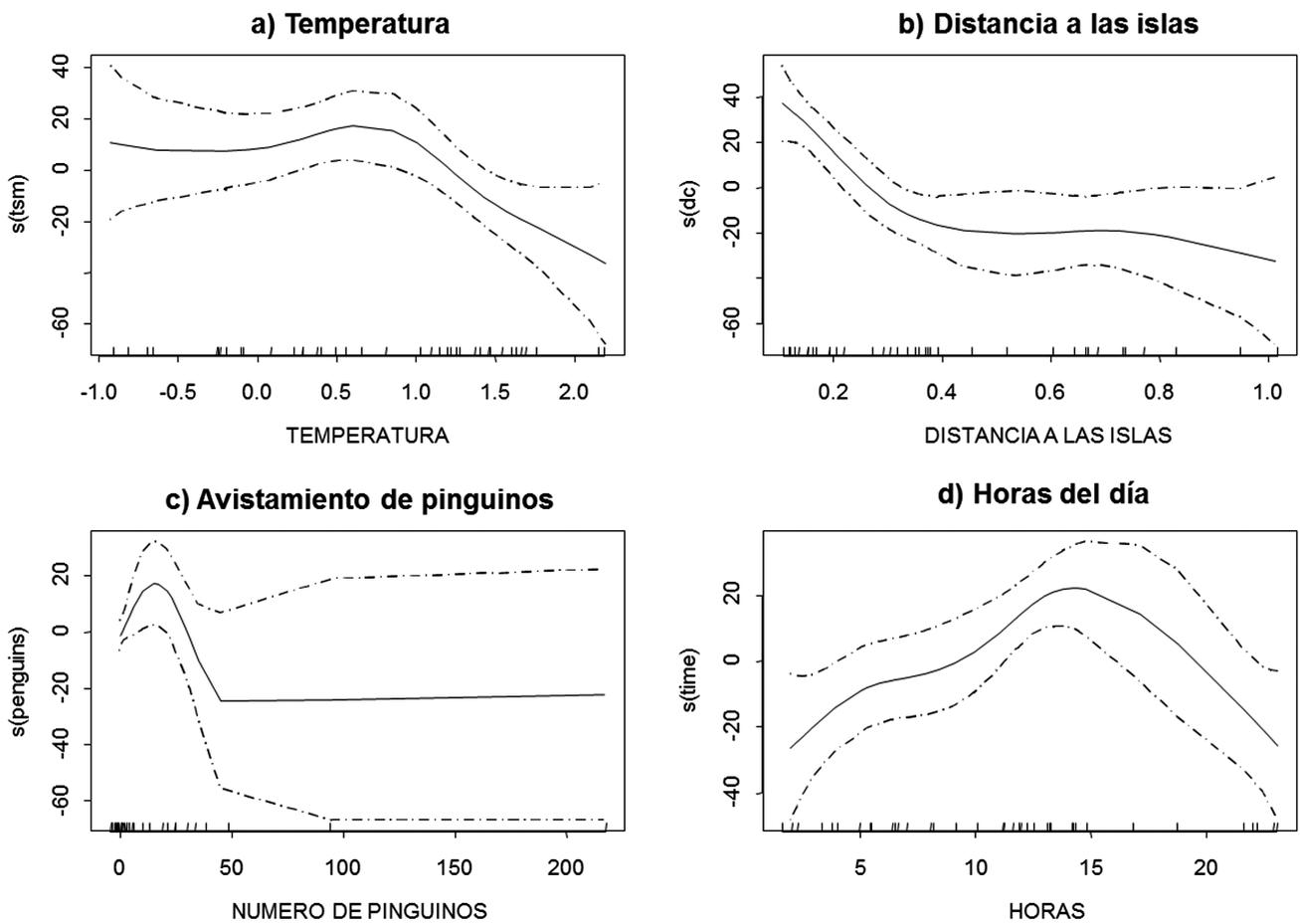


Figura 13.- Modelos GAM que representan el valor relativo de diversas variables relacionadas con la abundancia de krill. En (a) no se aprecia una relación clara respecto a la temperatura, lo que representa una distribución amplia del krill; respecto a la distancia relativa a las islas (b) es evidente una mayor abundancia en sus proximidades; respecto a los avistamientos de pingüinos (c) se observa una tendencia positiva, es decir que en lugares con mayor abundancia de krill tienden a estar presentes también mayor número de aves; y en (d) la profundidad media a la que se distribuyen los enjambres de krill aumenta durante las horas diurnas

Los resultados de los análisis se dan a conocer en la figura 12, en la que se presenta la profundidad media (línea negra) ocupada por enjambres a lo largo de las nueve vueltas efectuadas en la zona de la isla Elefante durante dos días y medio continuos (60 horas). La línea roja, permite apreciar la densidad acústica (Sv, dB), y las zonas sombreadas revelan los períodos nocturnos (de 22:00 a 4:00 horas). La gráfica muestra que el krill asciende a la superficie en horas nocturnas y se profundiza en las diurnas; cuando el krill asciende la densidad acústica decrece, y al profundizarse disminuye, es decir, estos dos procesos (ascenso y descenso) se hallan en fases acústicamente opuestas.

#### DISTRIBUCIÓN DE ENJAMBRES DE KRILL A MESOESCALA

El análisis de mesoescala recurriendo a modelos GAM, ha permitido determinar las relaciones globales entre los parámetros estudiados; si bien los resultados no son concluyentes, son en cambio coincidentes con estudios realizados por otros investigadores. De otro lado, la prospección realizada contribuye al monitoreo de los patrones de distribución de krill y otras especies.

La figura 13 presenta cuatro ejemplos de los resultados obtenidos a mesoescala en relación con la locación geográfica de los enjambres de krill, mostrándose las implicancias espacio-temporales del proyecto; los aspectos ambientales (temperatura en este caso), espaciales (distancia a las islas Shetland), ecológicos (presencia de depredadores) y temporales (variación horaria en la distribución vertical del krill).

#### 4. CONCLUSIONES

Para la escala de estudio elegida (zona del experimento en la isla Elefante) se cuenta con material y resultados suficientes para describir consistentemente el comportamiento vertical nictemeral del krill. Sin embargo, es necesario realizar mayores análisis especialmente en lo que se refiere a la identificación de las comunidades del zooplancton, así como validar estadísticamente todos los hallazgos y continuar con la construcción de series de tiempo acerca de la superposición vertical de las comunidades relacionadas con el krill.

Se determinó la abundancia del krill. En ambas conclusiones los resultados deben ser discutidos a la luz de los sesgos y/o limitaciones propios del diseño de la prospección. En particular, es una meta efectuar una revisión de los resultados de cruceros anteriores para describir la evidente disminución de la abundancia de krill en la zona de estudio.

La presencia de depredadores no parece tener influencia evidente; el patrón de migración observado para el krill y sus depredadores es en general coincidente en pequeña escala geográfica, que no permite apreciar cómo influyen las condiciones del entorno (corrientes, por ejemplo) en los desplazamientos de todas las especies en la zona de estudio. No ha sido posible tampoco determinar la influencia de la radiación solar en estos procesos. Se requiere incorporar más variables tales como la intensidad del viento y la transparencia del agua.

Se requiere un análisis especial que permita demostrar que la disminución de la abundancia del krill en la sub-área 48.1 estaría ligada al aumento de la temperatura promedio en la zona y a la disminución de los hielos.

Los análisis realizados permiten concluir que los depredadores no juegan un papel decisivo en la distribución vertical al menos en pequeña escala geográfica; a mesoescala se han logrado resultados (relación positiva depredador-presa), pero se requiere de una serie más extensa para arribar a conclusiones. Asimismo, es indispensable realizar mediciones sobre escalas progresivamente más grandes, siguiendo el enfoque multidisciplinario que se ha presentado en el caso presente.

Al contar solo con información sobre ciclos nictemerales que tienen un valor descriptivo, se requiere incrementar el número de variables medidas, incluyendo las de carácter meteorológico que podrían aportar claves para comprender los desplazamientos de las especies en la zona de estudio.

#### 5. REFERENCIAS

- AGNEW D J. 1992. Distribution of krill (*Euphausia superba* Dana) catches in the South Shetlands and South Orkneys. In: Selected Scientific Papers 1992 (SC-CAMLR-SSP/9). Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, Hobart, Australia, pp. 287-303.
- ALONSO S H, SWITZER P V, MANGEL M. 2003. An ecosystem-based approach to management: using individual behavior to predict the indirect effects of Antarctic krill fisheries on penguin foraging. *Journal of Applied Ecology* 40, 692-702.
- ARNTZ W. 1997. Investigación Antártica en biología marina: situación actual, proyectos internacionales y perspectivas. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 93 (1-4), 13-44.
- CCAMLR. 2005. Report of the first meeting of the Subgroup on Acoustic Survey and Analysis Methods (SG-ASAM). 25 pp.
- DE ROBERTIS A C, SCHELL J. 2003. Acoustic observations of the swimming behaviour of the euphausiids *Euphausia pacifica* Hansen. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 885-898.
- DEMER D A, CONTI S. G. 2003. Reconciling theoretical versus empirical target strengths of krill; effects of phase

- variability on the distorted-wave Born-approximation. ICES Journal of Marine Science, 60(2): 429-434.
- DEMÉR D, CONTI S. 2005. New target-strength model indicates more krill in the Southern Ocean. ICES Journal of Marine Science, 62: 25-32.
- GREENE C H, STANTON T K, WIEBE P H, MC CLATCHIE S. 1991. Acoustic estimates of Antarctic krill. Nature, 349: 110.
- GREENLAW C, JOHNSON R. 1983. Multiple frequency acoustical estimation. Biological Oceanography, Vol.2, Number 2, 3-4: 227-252.
- GUTIÉRREZ M. 1998. Biomass and distribution of krill (*Euphausia superba*) in the Bransfield Strait during the Peruvian ANTAR Expeditions I, II and III. 1998. Korean Journal of Polar Research 8 (1, 2): 117-125.
- HASTIE T, TIBSHIRANI R. 1990. Generalized Additive Models. Chapman and Hall, London, UK.
- HEWITT R P, DEMÉR D A, EMERY J H. 2003. An eight-year cycle in krill-biomass density inferred from acoustic surveys conducted in the vicinity of the South Shetland Island during the austral summers of 1991/1992 through 2001/2002. Aquatic Living Resources, 16(3): 205-213.
- HEWITT R, KIM S, NAGANOBU M, GUTIERREZ M, KANG D, TAKAO Y, QUINONES J, LEEG Y-H, SHING H, KAWAGUCHI S, EMERY J H, DEMÉR D A, LOEB V J. 2004. Variation in the biomass density and demography of Antarctic krill in the vicinity of the South Shetland Islands during the 1999/2000 austral summer. Deep-Sea Research II 51: 1411-1419.
- HIGGINBOTTOM I R, PAULY T J, HEATLEY D C. 2000. Virtual echograms for visualization and post-processing of multiple-frequency echo sounder data. Proceedings of the Fifth European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2000 (Ed. M.E. Zakharia), 1497-1502.
- HOLLIDAY D V. 1977. Extracting biophysical information from acoustic signatures of marine organisms. Oceanic Sound Scattering Prediction. Edited by N. Andersen and B. Zahuraneu, Plenum Press: 619-624.
- ICES. 2002. Noise radiation measurements aboard Research Vessels. Cooperative Research Report N° 255, International Council for the Exploration of the Sea, 74 pp.
- JOLLY G M, HAMPTON I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 47, 1282-1291.
- KILS U. 1981. The swimming behaviour, swimming performance and energy balance of Antarctic krill *Euphausia superba*. BIOMASS Scientific Series No. 3.122 pp.
- KIRKWOOD J. 1982. Anare Research Notes, Australian National Antarctic Research Expeditions, a guide to the Euphausiacea of the Southern Ocean. Antarctic Division, Kingston, Tasmania Australian.
- MAC CAULAY M. 1987. Biomass estimates of krill in the Bransfield Strait-Elephant Island ecosystem monitoring area of CCAMLR. CCAMLR.
- McCALL A D. 1990. Dynamic Geography of Marine Fish Populations. University of Washington Sea Grant Program, Seattle.158 pp.
- MILLER D, HAMPTON I. 1990. Biology and Ecology of the Antarctic Krill (*Euphausia superba*). BIOMASS Scientific Series 9. Cambridge, England.
- SIEGEL V, TRATHAN P N, EMERY J H, EVERSON I, MILLER D GM. 2004. Biomass of Antarctic krill in the Scotia Sea in January/February 2000 and its use in revising an estimate of precautionary yield. Deep-Sea Research II. [doi: 10.1016/j.dsr2.2004.06.011].220-230.
- SIMMONDS J N, MACLENNAN D N. 2005. Fisheries Acoustics, second edition. Chapman and Hall Books series, London, 480 pp.
- SUN S. 1997. Using Antarctic krill as an indicator of environmental interannual change. Korean Journal of Polar Research Vol 8 (1 2): 97-103.
- VENABLES W N, RIPLEY B D. 1994. Modern Applied Statistics with S-Plus. New York: Springer -Verlag.
- WATKINS J L, NAGANOBU M, SUSHIN V A, BRIERLEY A S, DEMÉR D A, KASATKINA S, TAKAO Y, GOSS C, MALYSHKO A, BRANDON M A, KAWAGUCHI S, SIEGEL V, TRATHAN P N, EMERY J H, EVERSON I, MILLER D G M. 2004. Biomass of Antarctic krill in the Scotia Sea in January/February 2000 and its use in revising an estimate of precautionary yield. Deep-Sea Research II, this issue [doi: 10.1016/j.dsr2.2004.06.011]. 220-230.

## ALGUNOS ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DEL KRILL (*Euphausia superba*) EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD E ISLA ELEFANTE, VERANO AUSTRAL 2006 (ANTAR XVI)

### SOME ASPECTS OF THE BIOLOGY AND ECOLOGY OF KRILL (*Euphausia superba*) IN THE BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND, AUSTRAL SUMMER 2006 (ANTAR XVI)

Gladys Cárdenas<sup>1</sup>José Pellón<sup>1</sup>Milagros Franco<sup>1</sup>Pepe Espinoza<sup>2</sup>

#### RESUMEN

CÁRDENAS G, PELLÓN J, FRANCO M, ESPINOZA P. 2016. Algunos aspectos de la biología y ecología del krill (*Euphausia superba*) en el estrecho de Bransfield e isla Elefante, verano austral 2006 (ANTAR XVI). *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 24-38.- Se analizó información biológico-pesquera de los lances de comprobación del crucero multidisciplinario a bordo del BIC Humboldt, durante la XVI Campaña Científica del Perú a la Antártida, en enero del 2006. La captura total de los 19 lances de comprobación fue de 2.699 kg, predominó el krill antártico *Euphausia superba* (99,37%), seguido por medusas (0,47%) y otros (0,16%) destacando el krill glacial *Euphausia crystallorophias*, *Thysanoessa* sp., salpas, larvas de peces (*Notothenia*, *Notolepis*, *Chaenocephalus* y *Cryodraco*), mictófidios y anfípodos. Las mejores capturas de krill registradas durante la primera fase, estuvieron asociadas a mayores abundancias de fitoplancton y zooplancton en el Frente Bransfield, principalmente al norte de las islas Rey Jorge y Elefante. El krill antártico en la zona del experimento realizó migraciones verticales, generalmente se encontró en la superficie en horas de oscuridad (22:00-04:00 hrs.) y se profundizó en el día (05:00-21:00 hrs.), llegando hasta aproximadamente 165 m, entre las 07:00 y 10:00 hrs. La estructura por tallas de *E. superba* varió de 30 a 63 mm de longitud total (LT), presentó distribución unimodal en 49 mm LT y longitud promedio en 46,1 mm. Predominaron ejemplares adultos (>44 mm), que correspondieron mayormente a hembras grávidas. No existe clara estratificación de tallas del krill antártico, según horas del día y estratos de profundidad. Los individuos adultos y subadultos (38-44 mm) se alimentaron preferentemente de diatomeas, tintínidos y restos de copéodos. No se identificó cambios en la dieta del krill, según talla, estratos de profundidad y horas de captura.

PALABRAS CLAVE: Krill, *Euphausia superba*, características biológicas, dieta

#### ABSTRACT

CÁRDENAS G, PELLÓN J, FRANCO M, ESPINOZA P. 2016. Some aspects of the biology and ecology of krill (*Euphausia superba*) in the Bransfield Strait and Elephant Island, austral summer 2006 (ANTAR XVI). *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 24-38.- Biological-fishery information from experimental hauls in the multidisciplinary survey on board the R/V Humboldt during the XVI Scientific Expedition from Peru to Antarctic (January 2006) was analyzed. This expedition consisted in two phases: the first was a synoptic prospection in Bransfield strait and surrounded Elephant Island, while the second, it was a small scale experiment between Elephant and Clarence Islands with the aim to relate biotic and abiotic variables with Antarctic krill. The total catch from 19 experimental hauls was 2,699 k, where Antarctic krill *Euphausia superba* was the most representative (99.37%), followed by jellyfish (0.47%) and others (0.16%), among them: glacial krill *Euphausia crystallorophias*, *Thysanoessa* sp., salps, fish larvae's (*Notothenia*, *Notolepis*, *Chaenocephalus* and *Cryodraco*), mycthopids and amphipods. The best catches of krill (recorded during the first phase) were associated to major abundance of phytoplankton and zooplankton in the Bransfield Front mainly, at north of King George and Elephant islands. The Antarctic krill in the experimental zone performed vertical migrations, generally it found in the surface at dark hours (22:00-04:00 hrs.) and it deepened during the day (05:00-21:00 hrs.) by reaching approximately until 165 m, between 07:00 and 10:00 hrs. The size structure of *E. superba* spanned a range 30-63 mm total length (TL) in all the surveyed area, it represented a unimodal distribution in 49 mm TL and average length of 46.1 mm. The adult specimens predominated (>44 mm TL) which corresponding mostly gravid females. No clear stratification of Antarctic krill sizes according to day hours and depth strata exists. Adult and sub-adult individuals (38-44 mm TL) were feeding mainly of diatoms, tintinnids and copepod remains. It has not come to identify changes in the krill diet, sizes, depth strata and catch hours.

KEYWORDS: Krill, *Euphausia superba*, biological characteristics, behavior, diet composition

1 Unidad de Investigaciones de Recursos Neríticos Pelágicos-IMARPE. gcardenas@imarpe.gob.pe.

2 Laboratorio de Ecología Trófica-IMARPE

## 1. INTRODUCCIÓN

El impacto de las condiciones ambientales y la actividad extractiva en el océano Austral es impredecible, por lo que se hace necesario realizar investigaciones científicas en la Antártida. El krill, *Euphausia superba* es la especie clave en la Antártida y cualquier cambio drástico en su población puede ocasionar cambios ecológicos.

Existe preocupación internacional porque la población de este crustáceo ha declinado hasta en 80% durante los últimos 30 años alrededor de la península Antártica, lo que podría estar relacionado con la disminución del hielo polar antártico por el incremento de la temperatura en 2,5 °C durante los últimos 50 años (ATKINSON et al. 2004). Este hielo polar constituye un área vital de alimentación para la gran cantidad de krill presente en aguas australes. Esta especie a su vez sirve de alimento a peces, pingüinos, focas y ballenas, entre otros.

El krill antártico, es considerado esencialmente fitoplanctívoro durante el verano austral (MAUCLINE y FISHER 1969, NISHINO y KAWAMURA 1994), momento cuando el fitoplancton se produce en cantidades adecuadas para soportar el crecimiento del krill pero sólo en algunas áreas (BOYD et al. 1984). El fitoplancton es consumido en grandes cantidades a partir del cual biosintetiza ácidos grasos de cadena larga (FALK-PETERSEN et al. 2000) que son rápidamente transferidos a través de la cadena trófica hacia los niveles tróficos más altos (FALK-PETERSEN et al. 1990).

Esta interacción es motivo de un gran esfuerzo internacional, del cual Perú forma parte a través del IMARPE. En este caso, es la primera vez que se ha planteado analizar los contenidos gástricos del krill para confirmar los antecedentes y planear la necesidad de implementar otras técnicas que permitan obtener resultados más precisos y explicar las relaciones tróficas con sus depredadores.

El presente documento contiene los principales resultados del análisis de las capturas obtenidas en los lances de comprobación, como la composición por especies y esfuerzo de pesca. Asimismo, se determina la distribución vertical, estructura por tallas, relación longitud-peso, alimentación del krill, entre otros.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El crucero multidisciplinario, se cumplió en dos etapas. La primera consistió en una prospección sinóptica en el área 48.1, entre el 06 y 11 de enero, para definir los patrones de distribución de las principales especies de

la comunidad pelágica; se realizó un rastreo acústico y se efectuaron estaciones oceanográficas y lances de pesca; en la segunda etapa, se efectuó un experimento de pequeña escala entre las islas Elefante y Clarence, para relacionar las variables bióticas y abióticas de corta duración con la especie predominante el krill, desde el 11 al 14 de enero del 2006.

Se realizaron 19 lances de comprobación con red de arrastre pelágica ENGEL 494/800, 7 lances en el estrecho de Bransfield y 12 en la zona del experimento (isla Elefante). En cada lance de pesca se determinó la composición por especie de la captura; en el caso de capturas significativas, se obtuvo una sub-muestra, la cual se infirió a la captura total. Se realizaron muestreos biométricos del krill, para este efecto se consideró la longitud total (desde el rostrum hasta el extremo final del telson) al milímetro inferior, con la ayuda de un vernier. El agrupamiento de tallas de krill, se realizó según el criterio de ATKINSON (2004) que consiste en: juveniles (12-38 mm), subadultos (38-44 mm) y adultos (>44 mm).

La relación Longitud-Peso se determinó aplicando una regresión potencial, obteniéndose los valores de las constantes a y b de la fórmula  $Y = a X^b$ , donde:

X = Longitud total en milímetros

Y = Peso en gramos

La intensidad alimentaria del krill, se determinó por la transparencia del cefalotórax que permite observar el grado de coloración del estómago y hepatopáncreas al ingerir el fitoplancton, que es almacenado en el sistema digestivo del animal; para este fin se tomó una sub-muestra de krill fresco inmediatamente después de la captura, sin daño mecánico externo. Para la catalogación de los diferentes tipos de intensidad alimentaria se empleó la escala recomendada por CCAMLR (1999) que consiste en:

Tipo I : No alimentado

Tipo II : Ligeramente alimentado

Tipo III : Moderadamente alimentado

Tipo IV : Intensamente alimentado

Para los estudios de dieta del krill, en cada lance se colectaron muestras al azar y se preservaron en alcohol de 96%, en frascos debidamente rotulados para su análisis en el laboratorio de ecología trófica del IMARPE.

Se puso especial énfasis en analizar las muestras colectadas durante el experimento para comprobar la existencia de variaciones en el ciclo diario de alimentación. En cada muestra se realizaron mediciones individuales, se separó una sub-muestra

que cubrió el rango de tallas. De esta sub-muestra se aislaron los sacos gástricos (Fig. 1) y se preservaron en alcohol al 5% en cápsulas plásticas debidamente rotuladas. Posteriormente, cada saco gástrico fue preparado para el análisis al microscopio a 40X y se llegó al mínimo taxón posible empleándose bibliografía adecuada (CARMELO et al. 1996, FERNANDES 1999, FRENGUELLI 1943, FRENGUELLI y ORLANDO 1958).

Se construyó una matriz de dieta que fue transformada al tipo presencia-ausencia y sirvió para explorar probables cambios ontogénicos, batimétricos y horario, mediante la técnica estadística multivariada no paramétrica de escalamiento multidimensional (MDS) (CLARKE, 1993) contenido en el software PRIMER. Esta técnica ha sido utilizada en estudios de hábitos alimentarios de especies marinas (PLATELL y POTTER 2001; BRACCINI et al. 2005). La bondad de

ajuste se denomina stress y se delimita de la siguiente manera: valor <0,05 es una excelente representación espacial; <0,1 es bueno; <0,2 puede ser bueno, >0,25 puede ser erróneo; 0,35<stress<0,4; la representación gráfica no está relacionada con los rangos de similitud (CLARKE 1993).

La matriz de dieta fue sometida a los análisis estadísticos multivariados no paramétricos con la finalidad de explorar probables cambios respecto de la talla y hora del día mediante la técnica de análisis discriminante.

### 3. RESULTADOS

#### COMPOSICIÓN POR ESPECIES

La captura total de los 19 lances de comprobación fue 2.699 kg; la especie más representativa fue *Euphausia superba* krill antártico, con 2.682 kg (99,37%), seguido por medusas (12,7 kg; 0,47%) y otros (4,3 kg; 0,16%) compuesto por *E. crystallophias* krill glacial, *Thysanoessa* sp., salpas, larvas de peces (*Notothenia*, *Notolepis*, *Chaenocephalus* y *Cryodraco*), mictófidós y anfípodos.

Tanto en el estrecho de Bransfield como en la isla Elefante predominó *E. superba* (98,92% y 99,64%, respectivamente). En el estrecho de Bransfield siguieron en orden de importancia las medusas y salpas; mientras que en la isla Elefante fueron las medusas y el krill glacial (Fig. 2).

Las mejores capturas de krill registradas durante la operación sinóptica, estuvieron asociadas a mayores abundancias de fitoplancton y zooplancton en el frente de Bransfield, principalmente al norte de las islas Rey Jorge y Elefante (Fig. 3).



Figura 1.- Krill: aislamiento de sacos gástricos

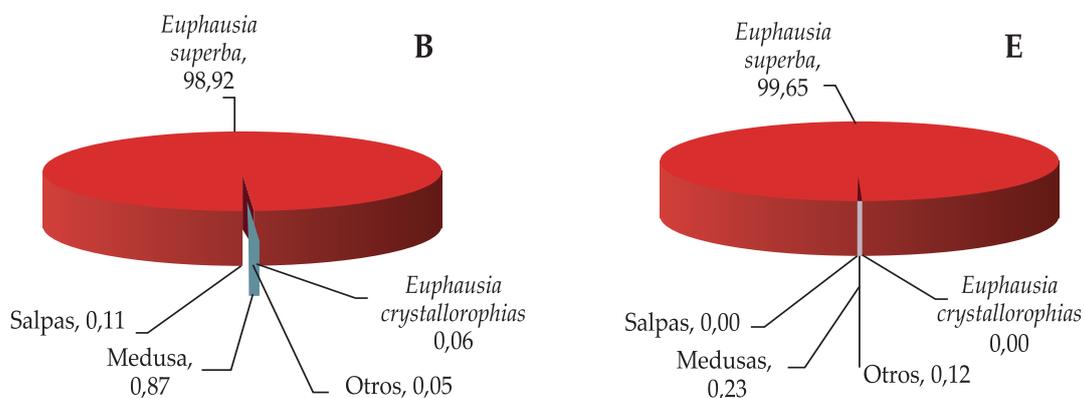


Figura 2.- Composición por especies de las capturas registradas en el Estrecho de Bransfield(B) e isla Elefante(E). Perú ANTAR XVI: Cr. BIC Humboldt 0601

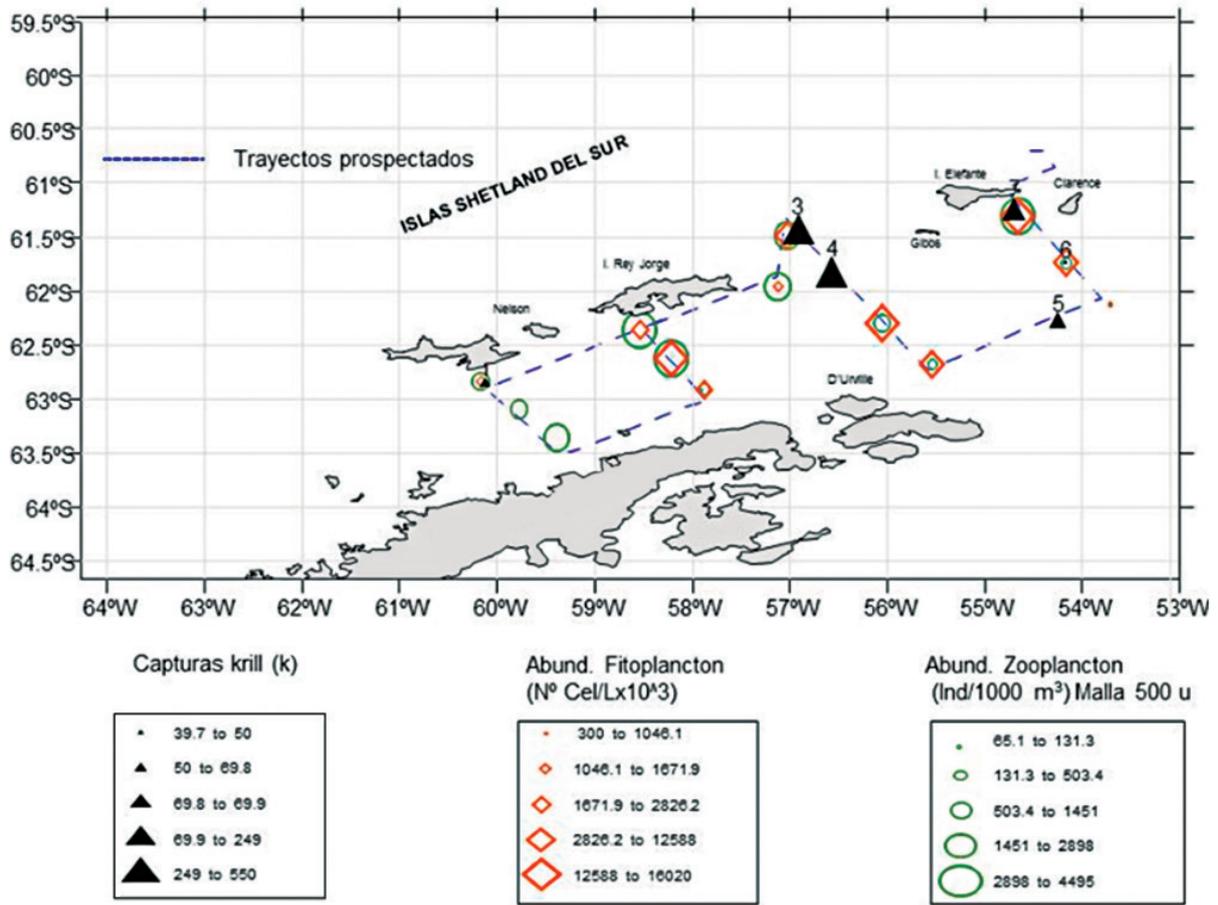


Figura 3.- Distribución de las capturas de krill antártico (kg), abundancias de fitoplancton (cel/Lx10<sup>3</sup>) y zooplancton (Ind./1000m<sup>3</sup>, malla 500 μm) en la zona del recorrido. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

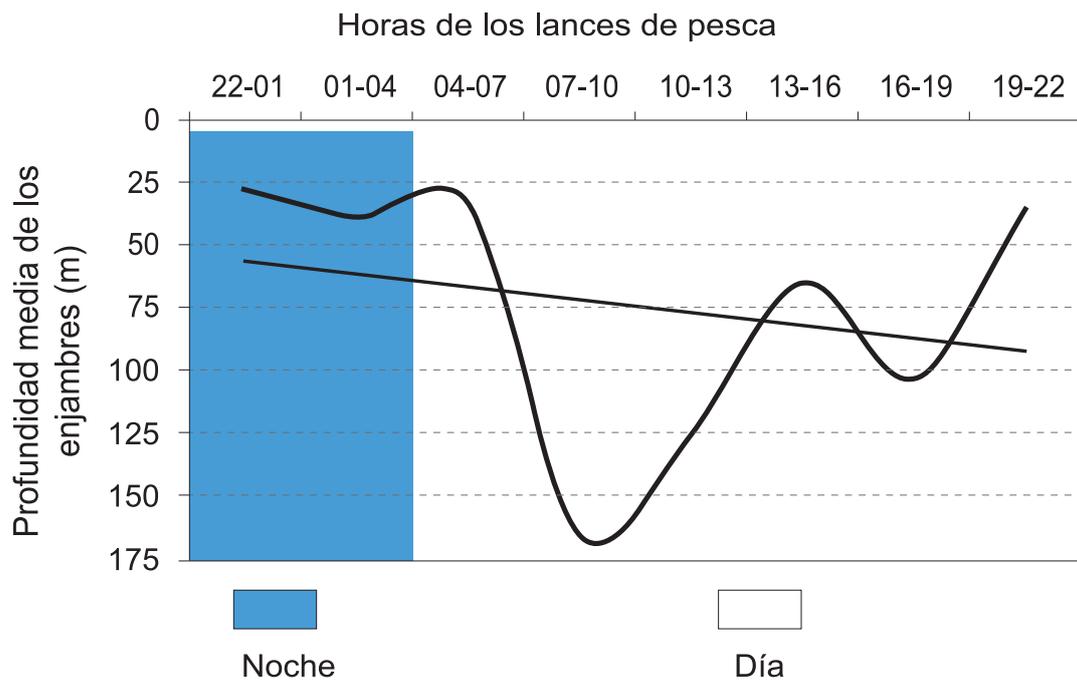


Figura 4.- Distribución vertical del krill antártico, según horas del día, en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

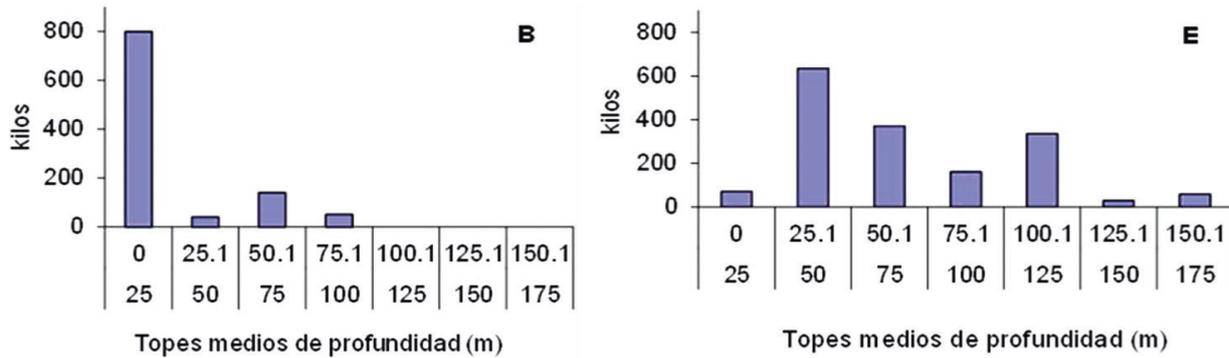


Figura 5.- Capturas de krill antártico, según topes de profundidad, en el estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante (E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

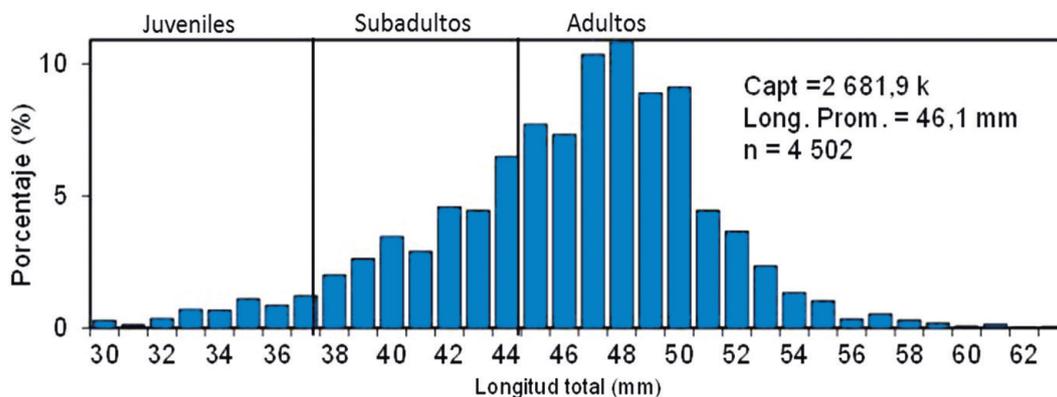


Figura 6.- Estructura por tallas del krill antártico, en la zona de estudio. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

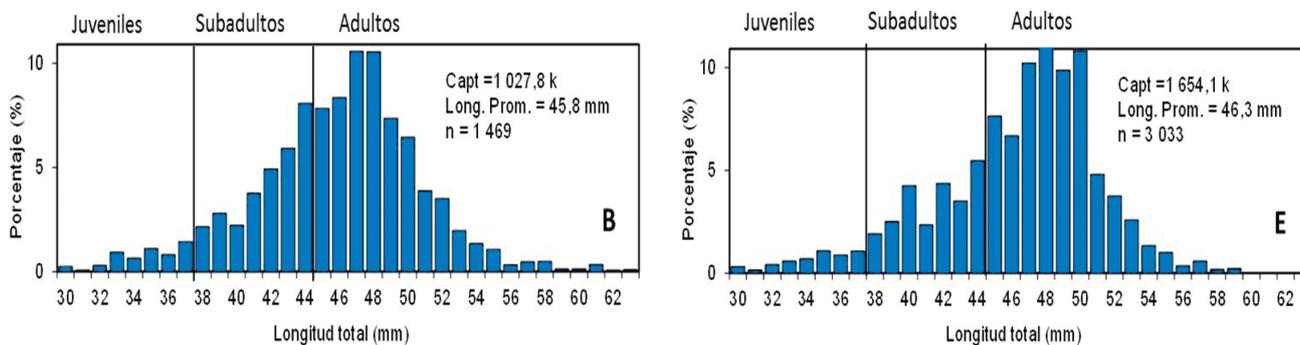


Figura 7.- Estructura por tallas del krill antártico, estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante (E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

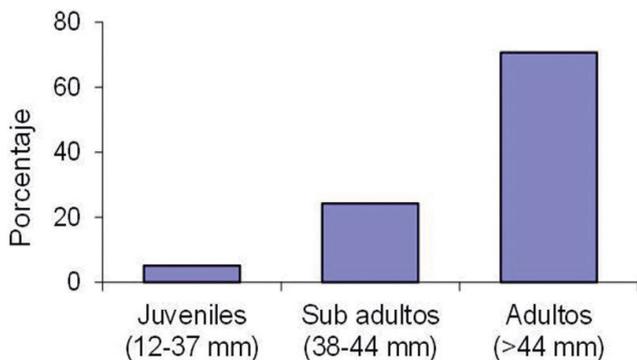


Figura 8.- Estructura por tallas de las capturas de krill antártico, según grupos de individuos en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

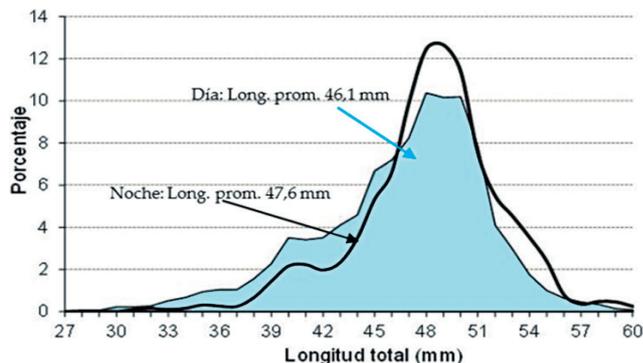


Figura 9.- Estructura por tallas del krill antártico, según horas de captura, en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

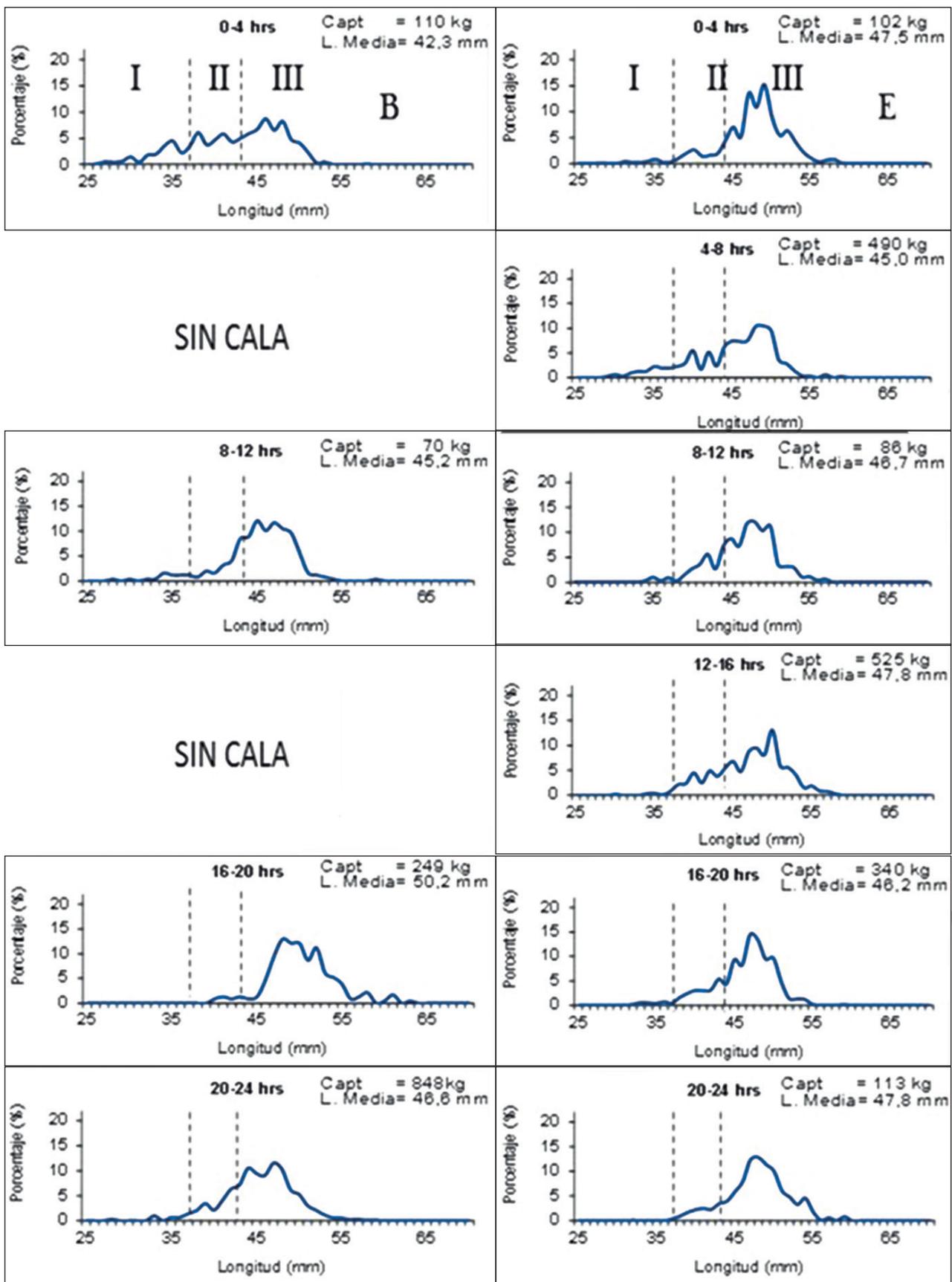


Figura 10.- Composición por tallas de krill antártico, según horas, en el estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante (E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

## DISTRIBUCIÓN VERTICAL

El krill antártico en la zona del experimento (isla Elefante) realizó migraciones verticales, generalmente se encontró en la superficie entre las 22:00 y 04:00 horas y se profundizó entre las 05:00 y 21:00 horas, llegando hasta los 150 m entre las 07:00 y 10:00 horas (Fig. 4).

Durante la noche, los enjambres de krill, se encontraron más dispersos pues la captura promedio fue de 66,2 kg por lance; mientras que, en horas diurnas la captura promedio fue de 161,7 kilos por lance, dando un factor de relación (captura noche/captura día) de 0,41.

Las mayores capturas de krill se registraron principalmente en los primeros 25 m de profundidad en el estrecho de Bransfield; mientras que en la isla Elefante se efectuaron entre 25 y 175 m (Fig. 5).

## ESTRUCTURA POR TALLAS

La estructura por tallas de *E. superba* en toda el área prospectada, varió entre 30 y 63 mm de longitud total; la moda estuvo en 49 mm de longitud total y longitud promedio 46,1 mm, que corresponderían mayormente a ejemplares adultos (Fig. 6).

En el estrecho Bransfield el rango de tallas del krill fluctuó entre 30 y 62 mm de longitud total, con moda en 48-49 mm y longitud promedio en 45,8 mm (Fig. 7B); la captura se efectuó a 68 m de profundidad promedio y la temperatura promedio a nivel del enjambre fue 0,69 °C.

En la isla Elefante el rango de tallas varió entre 30 y 60 mm de longitud total, moda 49 mm y longitud promedio 46,3 mm; la captura se efectuó a 73 m de profundidad promedio y la temperatura a nivel del enjambre fue 0,58 °C (Fig. 7E).

En esta área se registraron los ejemplares de mayor tamaño correspondientes principalmente a hembras grávidas (Fig. 8).

Analizando los tamaños del krill, según horas de captura en la isla Elefante, se observó que durante la noche la longitud promedio fue 47,6 mm, mientras que, durante el día fue 46,1 mm (Fig. 9).

En el área de prospección, el krill no mostró estratificación por tamaños definida durante el ciclo diario (Fig. 10B, 10E).

En la zona del experimento (isla Elefante), se pudo apreciar que los juveniles son más notorios entre las 04:00 y 08:00 horas; mientras que los subadultos y adultos, no mostraron un comportamiento diferenciado en cuanto a tallas en el día (Fig. 11).

Los tamaños del krill según estratos de profundidad, tampoco mostraron cambios importantes en las dos zonas de estudio (Fig. 12).

El análisis por grupos de individuos en la zona del experimento (isla Elefante), mostró que el mayor porcentaje de juveniles de krill se presentaron entre los 25 y 50 m; mientras que los subadultos y adultos se concentraron entre 25 y 125 m (Fig. 13).

## PROPORCIÓN SEXUAL

El análisis de la proporción sexual efectuada con 2.414 ejemplares mostró una relación de 1,95:1 con predominio de machos (66%). El rango de tallas de los ejemplares analizados varió entre 30 y 61 mm de longitud total (Fig. 14).

## RELACIÓN LONGITUD-PESO

Los pesos promedios de 4.502 individuos frescos de *E. superba* (426 grupos) fueron analizados para determinar la relación longitud-peso mediante una regresión tipo potencial (Fig. 15a).

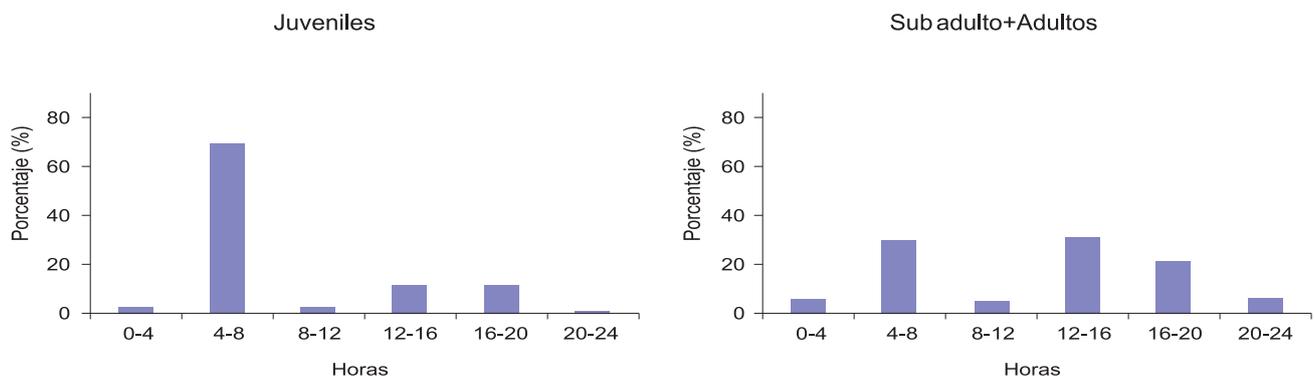


Figura 11.- Grupo de individuos (rango de tallas) de krill antártico, según horas de día, en isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

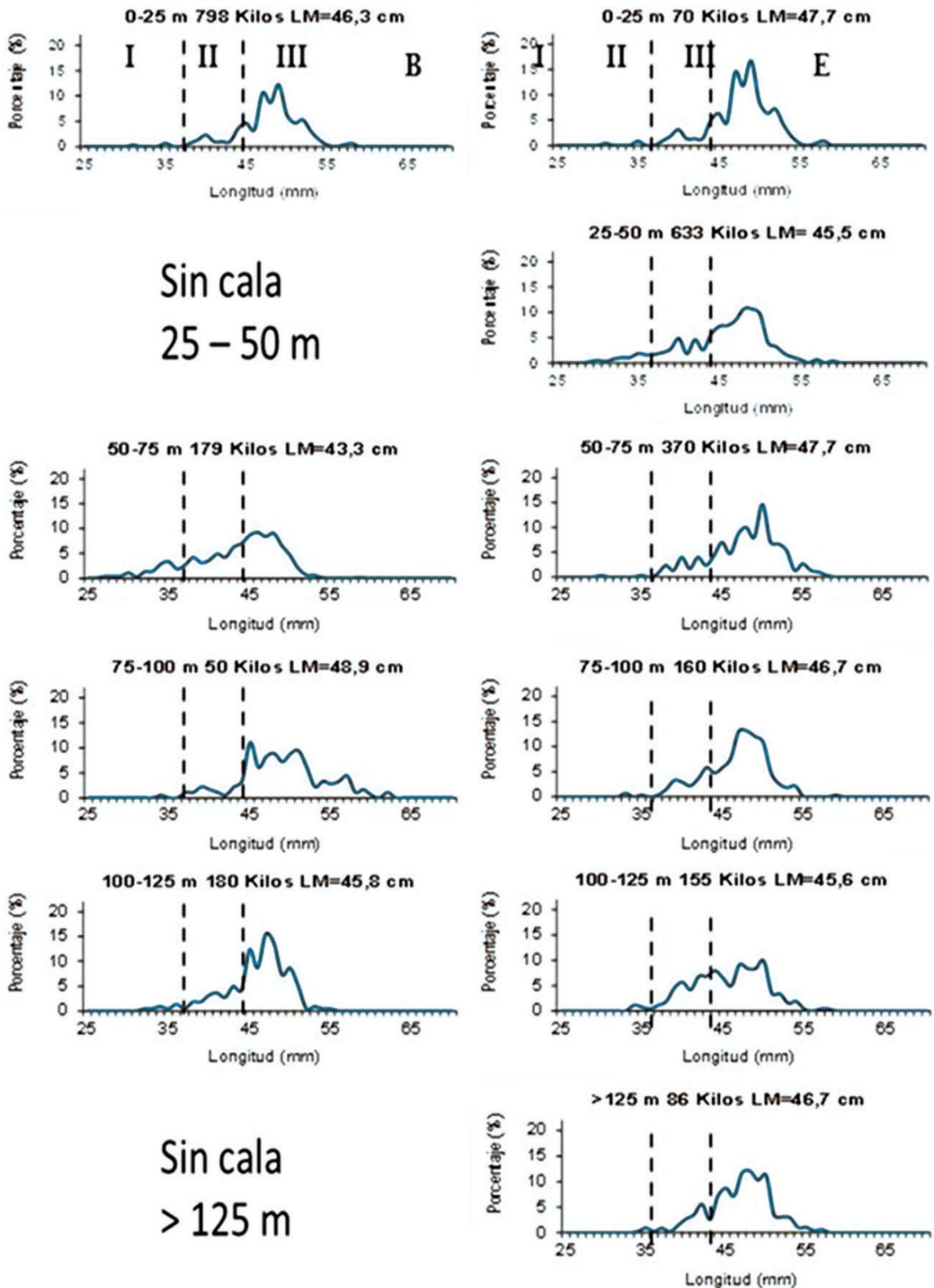


Figura 12.- Composición por tallas de krill antártico, según estratos de profundidad, en el estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante(E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

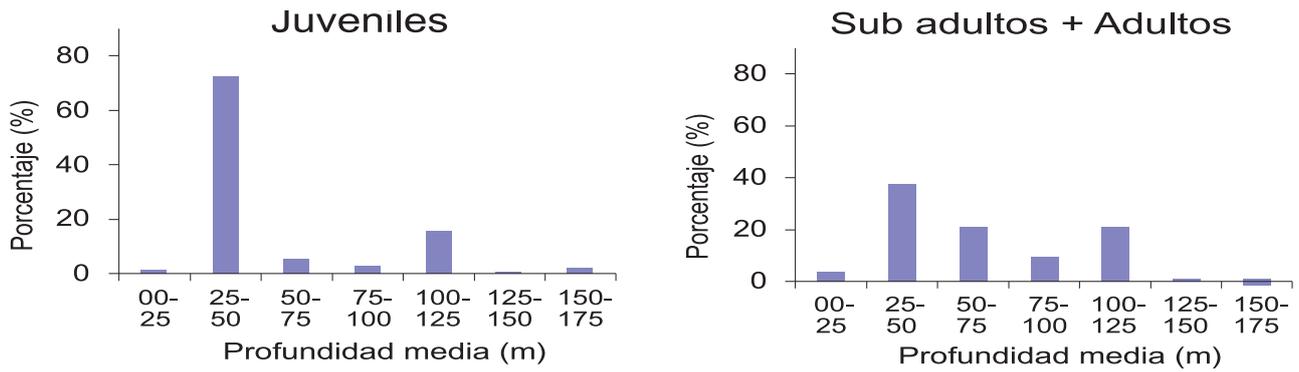


Figura 13.- Grupo de individuos (rango de tallas) de krill antártico, según estratos de profundidad en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

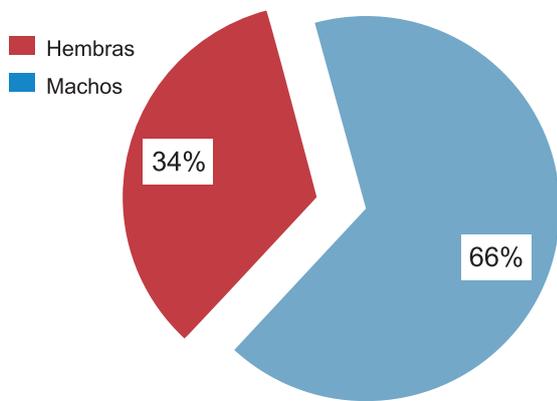


Figura 14.- Proporción sexual del krill antártico en la zona del experimento, isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

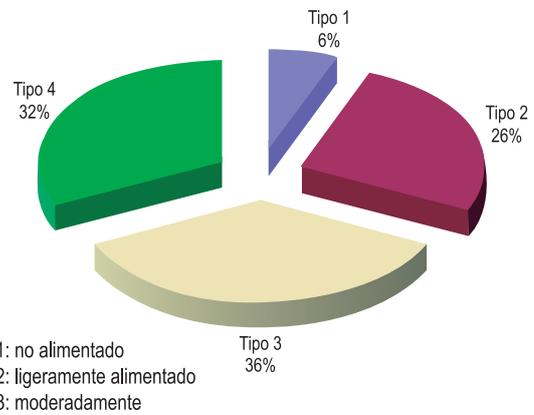


Figura 16.- Intensidad alimentaria del krill antártico en el área de estudio. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

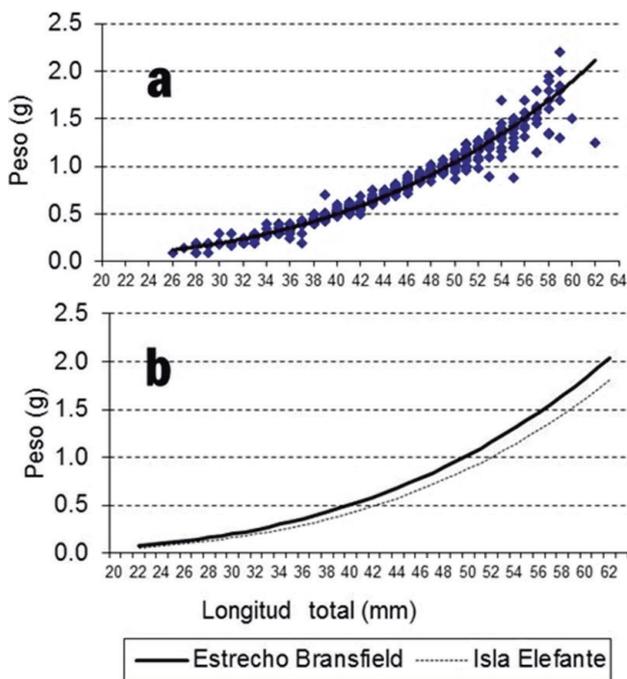


Figura 15.- Relación longitud-peso del krill antártico para el total (a) y por zonas (b). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

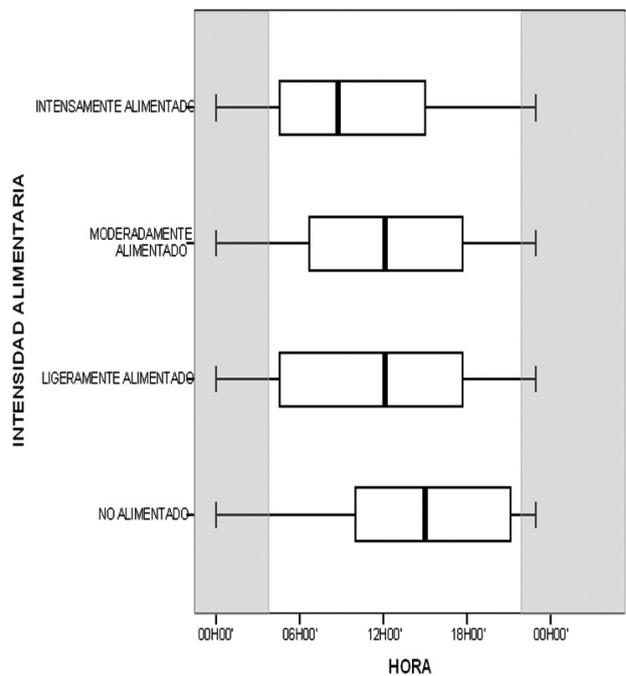


Figura 17.- Variaciones de la intensidad alimentaria del krill antártico, según horas del día. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

Los valores de los parámetros indican que los ejemplares adultos provenientes de la isla Elefante presentaron menor peso corporal que los capturados en el estrecho de Bransfield, posiblemente debido a la predominancia de ejemplares machos (66%) (Fig. 15b); estos valores se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.- Parámetros de la relación longitud-peso de *E. superba*

Zonas	Parámetros	a	b	R <sup>2</sup>	n (individuos)	n (grupos)
Estrecho Bransfield	Rango = 26-63 mm (LT)	0,000004	3,1838	0,96	1.469	145
Isla Elefante	Rango = 28-59 mm (LT)	0,000002	3,3226	0,97	3.033	281
Total área evaluada		0,000003	3,2807	0,97	4.502	426

### INTENSIDAD ALIMENTARIA

El análisis de la intensidad alimentaria del krill, indica que la mayor parte de los ejemplares muestreados estuvieron moderadamente alimentados (36%), intensamente alimentados (32%) y en menor proporción los ligeramente alimentados (Fig. 16).

El promedio de los ejemplares intensamente alimentados, moderadamente alimentados y ligeramente alimentados se presentaron con mayor frecuencia entre 09:00 y 12:00 horas; mientras que los no alimentados en promedio se presentaron a las 15 horas (Fig. 17).

### DIETA DEL KRILL

Se analizaron 294 estómagos de los cuales 40 estuvieron vacíos. La talla de los individuos muestreados estuvo comprendida entre 33 y 60 mm de longitud total. Al analizar los contenidos gástricos

se encontraron mayormente células fitoplanctónicas (Fig. 18).

Los individuos adultos (>44 mm) y subadultos (38-44 mm) se alimentaron preferentemente de diatomeas (D), seguido de tintínidos (T) y restos de copépodos (C), los que a su vez se presentaron moderadamente (Tipo 3) e intensamente alimentados (Tipo 4), como se observa en la figura 19.

Las células fitoplanctónicas predominantes en la dieta han sido las diatomeas y en menor proporción los tintínidos; también se observaron restos de copépodos (Tabla 2). Las diatomeas más frecuentes fueron *Cocconeis* sp. (%FO= 49,32) y *Fragilariopsis cylindrus* (%FO= 47,62), mientras que la más abundante fue *Fragilariopsis* sp. (%N= 61,4) (Tabla 2). En el caso de los restos de *Coscinodiscus* sp. y de copépodos, no ha sido posible asignarles un valor numérico por lo que solo se ha considerado su presencia para evitar los errores en la representación numérica de los ítems dietarios totales.

Tabla 2.- Elementos dietarios de *E. superba*. Isla Elefante, Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

Diatomeas	% F	% N
<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	47,62	13,81
<i>Pleurosigma</i> sp.	18,71	3,01
<i>Fragilariopsis kerguelensis</i>	20,41	3,24
<i>Navicula</i> sp.	6,46	0,77
<i>Cocconeis</i> sp.	49,32	8,92
<i>Fragilariopsis</i> sp.	35,71	61,40
<i>Thalassiosira</i> sp.	35,03	5,73
<i>Grammatophora</i> sp.	0,34	0,05
<i>Licmophora</i> sp.	0,34	0,02
Tintínidos	19,73	3,05
Restos de <i>Coscinodiscus</i> sp.	63,95	
Restos de copépodos	2,04	

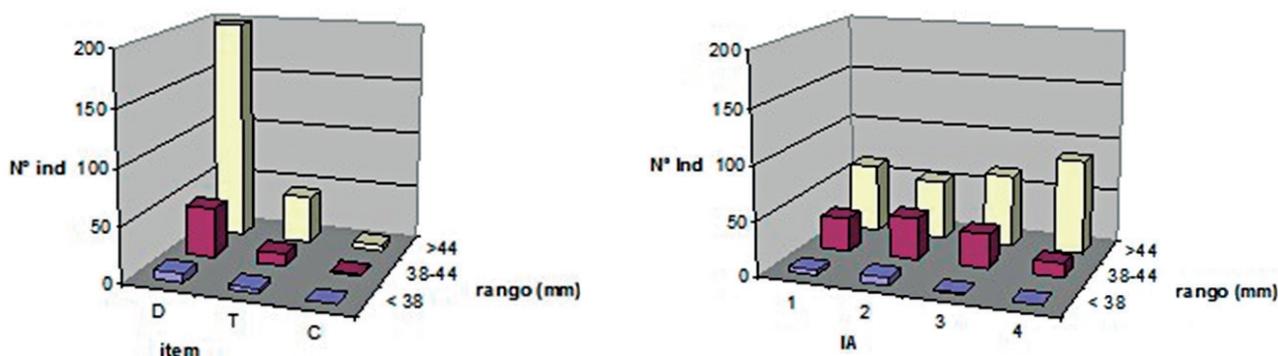


Figura 18.- Intensidad alimentaria (IA) del krill antártico, según grupos de individuos. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

La elección del parámetro de frecuencia de ocurrencia (FO) se basa en que nos permite tener un acercamiento a la amplitud de ítems dietarios (Hyslop 1980) del krill en la zona de estudio sin omitir a los ítems no cuantificables tales como restos de *Coscinodiscus* sp. y de copépodos.

Mediante el escalamiento multidimensional (MDS), no se identificó cambios en la dieta del krill, según tamaños, estratos de profundidad y horas de captura, los que de acuerdo al stress permite inferir que estas representaciones son adecuadas (Fig. 20).

**INTERRELACIÓN RECURSO (*E. superba*) VS. VOLÚMENES DE FITOPLANCTON, TEMPERATURA Y SALINIDAD**

El mayor porcentaje de ejemplares juveniles de krill en la zona del experimento, se encontró entre 25 y 50 m, asociados a temperatura de 0,61 °C, volúmenes de fitoplancton de 990 (cel./Lx10<sup>-3</sup>) y baja salinidad (34,19 ups).

Los ejemplares subadultos y adultos se presentaron mayormente entre los 25 y 75 m, donde la temperatura fue 0,61 °C, los volúmenes de fitoplancton variaron entre 990 y 190 (cel./Lx10<sup>-3</sup>) y salinidades entre 34,2 y 34,23 ups. A mayores profundidades disminuyen los porcentajes de estos individuos donde las temperaturas son más bajas, los volúmenes de fitoplancton declinan y las salinidades se incrementan (Fig. 21).

Según horas del día, los ejemplares juveniles se presentaron principalmente entre las 04:00 y 08:00 horas, asociados a una mayor temperatura (0,73 °C), volumen de fitoplancton (1035 cel./Lx10<sup>-3</sup>) y baja salinidad (34,21 ups), en el resto del día su presencia fue escasa.

Los ejemplares subadultos y adultos fueron registrados a lo largo del día, siendo más importantes entre las 4:00 y 8:00 horas y entre las 12:00 y 20:00

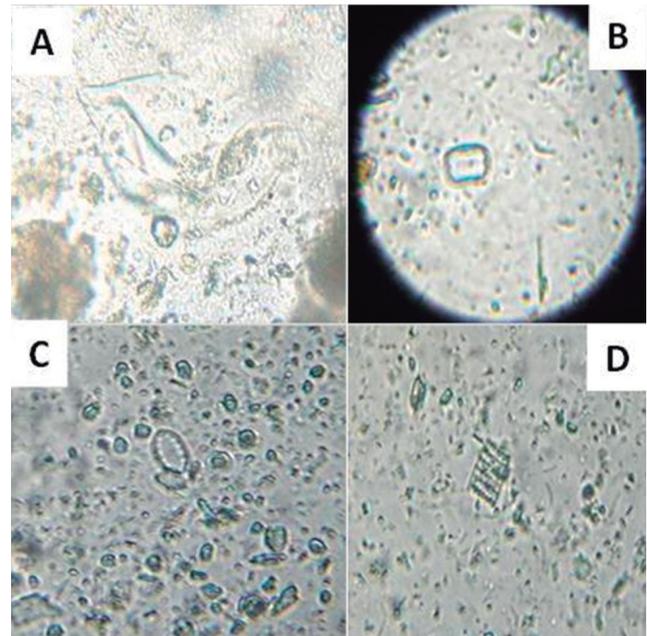


Figura 19.- Contenido gástrico de krill antártico: (A) Tintinidos, (B) *Thalassiosira* sp., (C) *Cocconeis* sp., (D) *Fragilariopsis* sp. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

horas, asociados mayormente a temperaturas más bajas que variaron entre 0,43 y 0,53 °C, volúmenes de fitoplancton entre 1035 y 285 (cel./Lx10<sup>-3</sup>) y salinidades entre 34,21 y 34,31 ups (Fig. 22).

Se observó una relación inversa entre las capturas de krill y los volúmenes de fitoplancton a lo largo del día. Las mayores capturas de esta especie se registraron a las 04:35 y entre las 12:06 y 18:33 horas, asociadas a bajos volúmenes de fitoplancton, debido al pastoreo ejercido por los enjambres de krill (Fig. 23). De manera similar, la relación fue inversa según estratos de profundidad, principalmente a los 33,5 m y entre los 65 y 120 m ya que el krill se alimenta mayormente de diatomeas (Fig. 24).

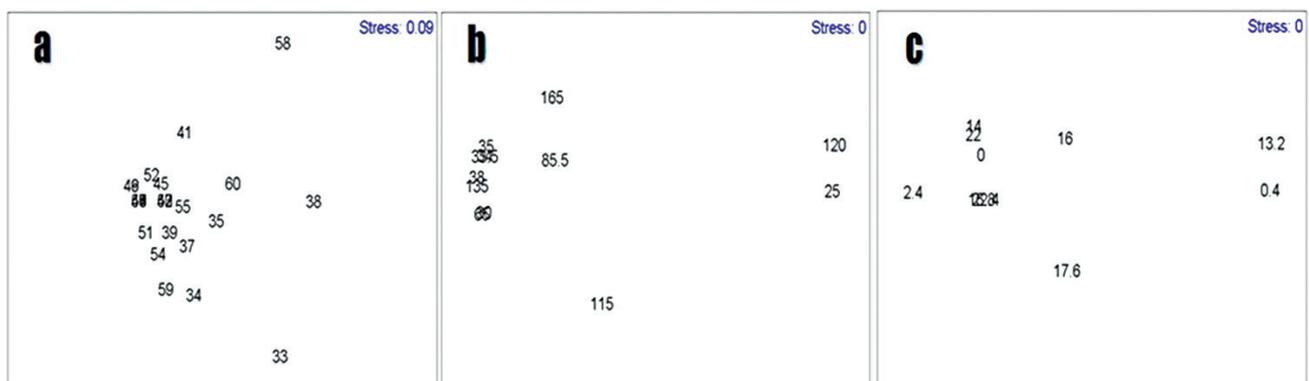


Figura 20.- Análisis de similitud dietaria mediante el análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de la dieta del krill antártico: por talla (a), profundidad de captura (b) y hora de captura (c). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

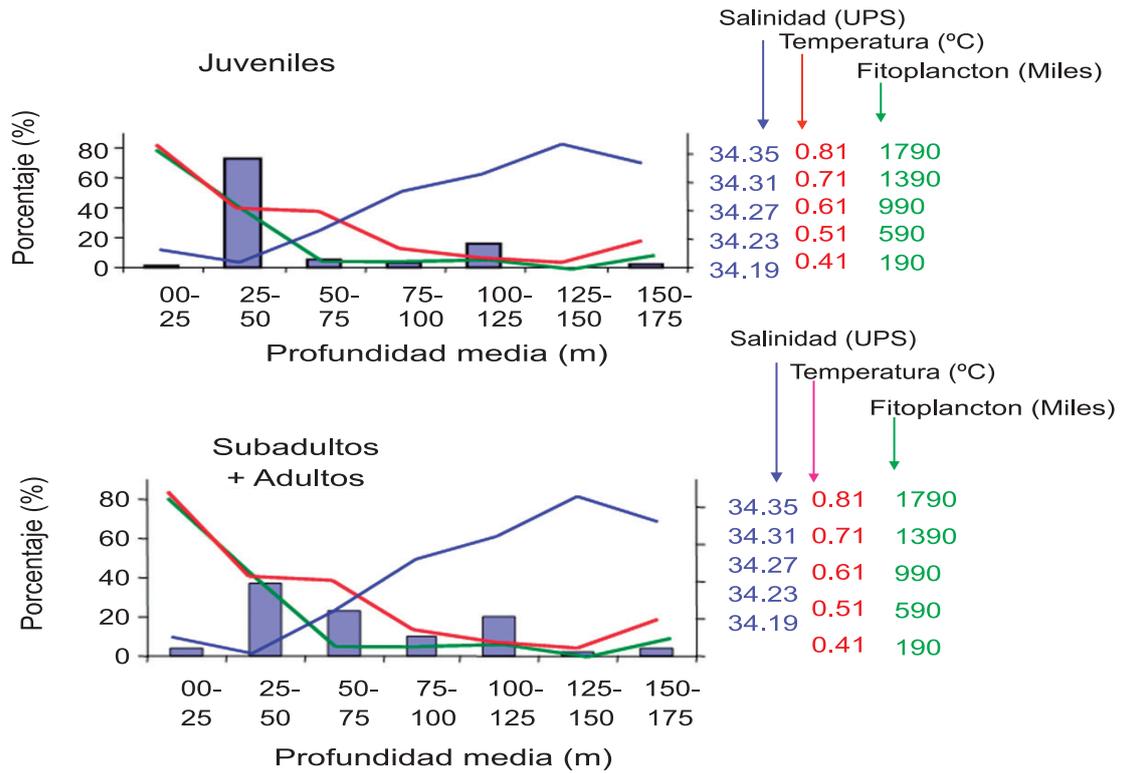


Figura 21.- Relaciones de grupos de individuos de krill antártico con parámetros bióticos y abióticos, según estratos de profundidad en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

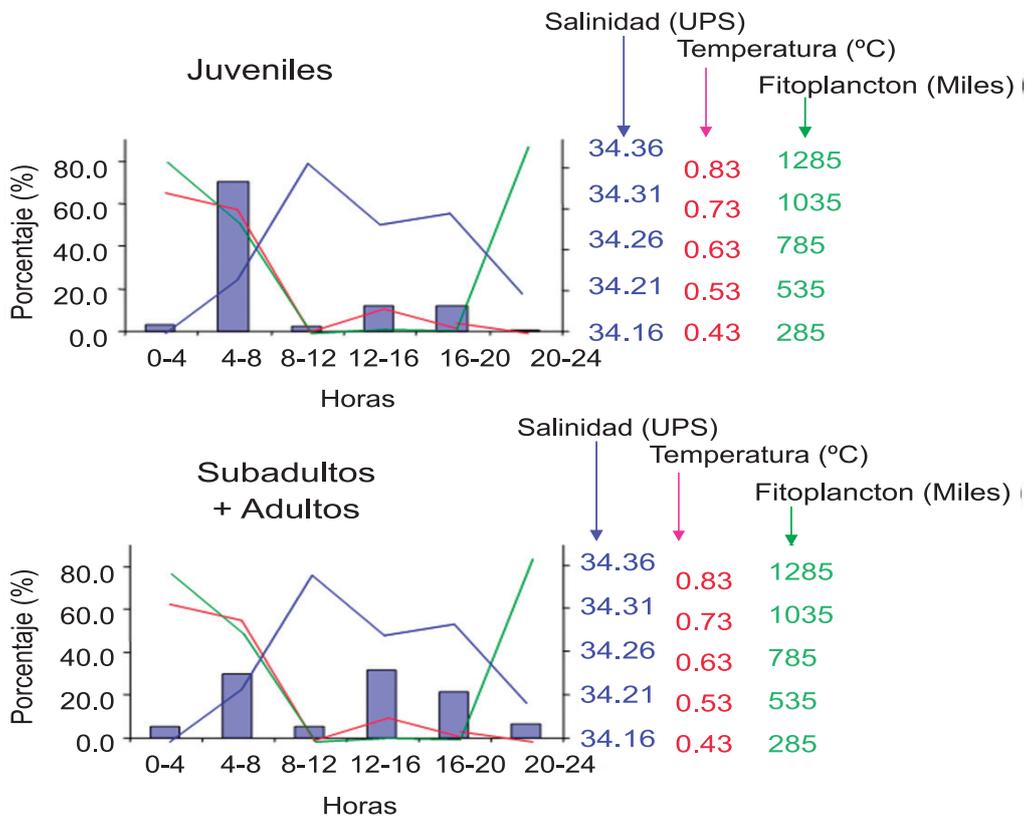


Figura 22.- Relaciones de grupos de individuos de krill antártico con parámetros bióticos y abióticos, según horas en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

Los ejemplares moderada e intensamente alimentados (IA 3-4) se presentaron en relación inversa a los volúmenes de fitoplancton a lo largo del día, con ciertas fluctuaciones en algunas horas, lo que indicaría que no hay preferencia en el tiempo para el pastoreo (Fig. 25). Esta relación inversa también se presentó con relación al estrato de profundidad, al registrarse una disminución marcada de fitoplancton después de los 30 m (Fig. 26).

#### 4. DISCUSIÓN

No se pudo diferenciar cambios en la dieta con respecto de la talla del krill, la hora del día y la profundidad de captura, lo que se puede atribuir

a lo que mencionó FALK-PETERSEN et al. (2000) en el sentido que el krill está bien adaptado al pastoreo del fitoplancton cuya producción se intensifica durante el verano austral. Durante este período con solo ingerir fitoplancton es capaz de incrementar su reserva de lípidos hasta un 50% (FALK-PETERSEN 2000) el cual es transferido a través de la cadena trófica a sus depredadores proporcionándoles las calorías necesarias para la supervivencia en este ecosistema de cambios muy marcados (FALK-PETERSEN et al. 1990). Así mismo, mediante estudios de la dinámica de los lípidos en el krill durante el verano austral, se han encontrado mayormente ácidos grasos típicos del fitoplancton (CRIPPS y HILL 1998, FALK-PETERSEN et al. 2000).

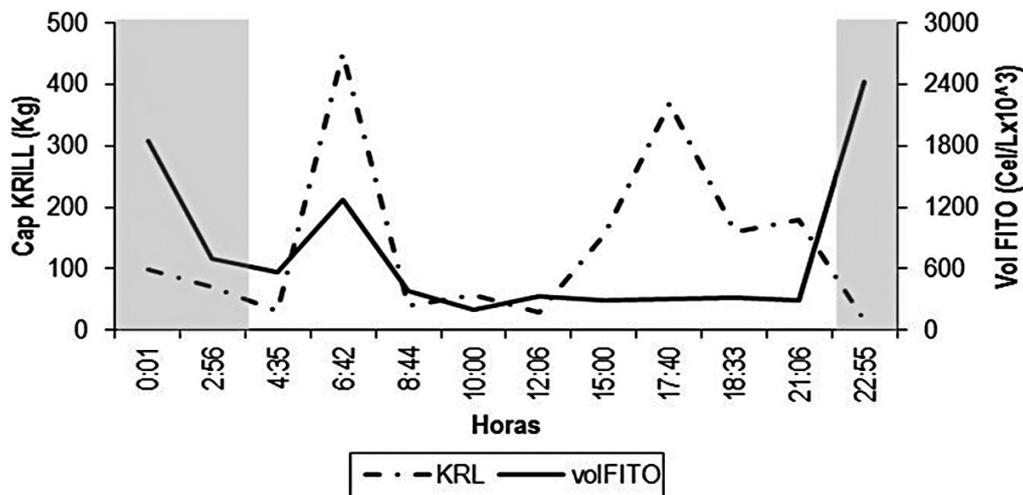


Figura 23.- Relaciones entre las capturas de krill antártico y los volúmenes de fitoplancton, según horas del día en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

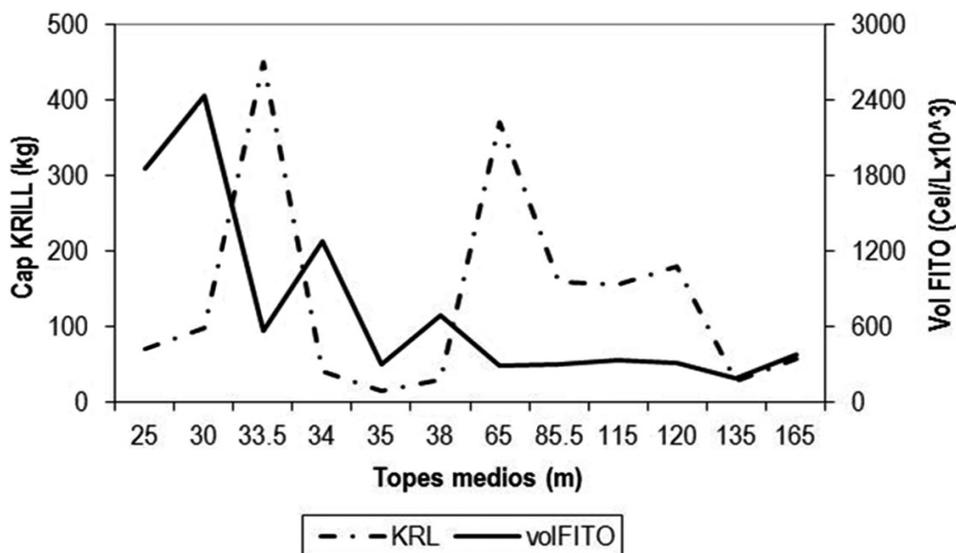
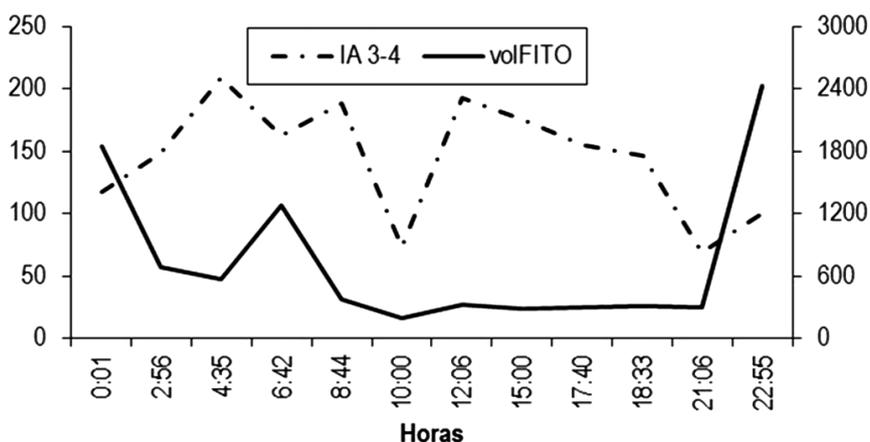


Figura 24.- Relaciones entre las capturas de krill antártico y los volúmenes de fitoplancton, según estratos de profundidad en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

También se debe mencionar que dentro del alimento disponible en el área de estudio han predominado los microflagelados (Ochoa, comunicación personal) los que no fueron encontrados en la dieta. Ante esta probabilidad de error en los análisis de contenido estomacal puesto que no se ha empleado microscopio invertido, debemos tener en cuenta que el krill se alimenta eficientemente de partículas mayores de 20 µm (MEYER y EL-SAYED 1983, BOYD et al. 1984) y entre ellas se consideran a las diatomeas y los demás elementos del fitoplancton encontrados en la dieta.

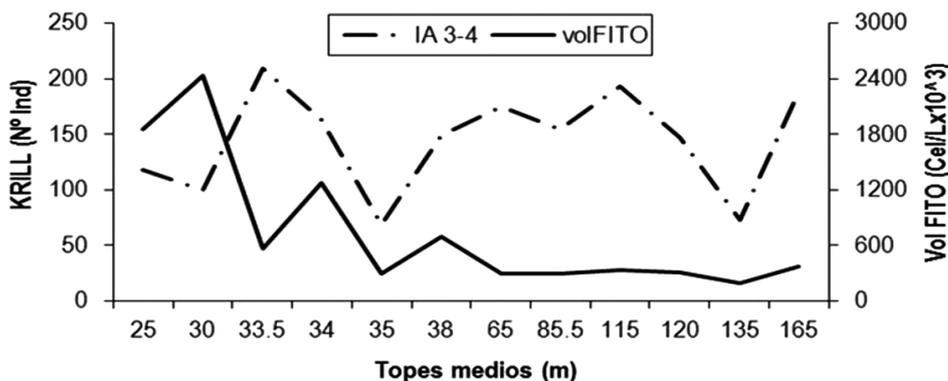
No existe una clara estratificación de tallas según horas del día y estratos de profundidad; sin embargo, cuando se agrupan los individuos teniendo en cuenta lo propuesto por SIEGEL (2000), se ha podido observar que los juveniles se presentaron mayormente entre las 04:00 – 08:00 horas y en profundidades entre 25 y 50 m; mientras que los subadultos y adultos no mostraron mayor cambio en sus tallas durante el día y estratos de profundidad. Se requiere un mayor análisis para confirmar este comportamiento.



**Intensidad Alimentaria (IA)**

- Tipo 1: no alimentado
- Tipo 2: ligeramente alimentado
- Tipo 3: moderadamente alimentado
- Tipo 4: intensamente alimentado

Figura 25.- Relaciones de la intensidad alimentaria Tipo 3-4 con los volúmenes de fitoplancton, según horas del día en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601



**Intensidad Alimentaria (IA)**

- Tipo 1: no alimentado
- Tipo 2: ligeramente alimentado
- Tipo 3: moderadamente alimentado
- Tipo 4: intensamente alimentado

Figura 26.- Relación entre individuos moderado e intensamente alimentados (IA 3-4) y los volúmenes de fitoplancton, según estratos de profundidad en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

## 5. CONCLUSIONES

En toda el área evaluada, la captura total alcanzó los 2.699 kg, con predominio del krill antártico *Euphausia superba* (99%).

Las mejores capturas de krill registradas durante la operación sinóptica, estuvieron asociadas a mayores abundancias de fitoplancton y zooplancton en el frente de Bransfield, principalmente al norte de las islas Rey Jorge y Elefante.

El krill antártico realizó migraciones verticales en la zona del experimento (isla Elefante), concentrándose en la superficie en horas de la noche (22:00-04:00 horas) profundizándose en el día (05:00-21:00 horas), llegando hasta aproximadamente 150 m entre las 07:00 y 10:00 horas.

La estructura por tallas se caracterizó por la mayor presencia de ejemplares adultos, con moda en 49 mm de longitud total.

No existe una clara estratificación de tallas del krill antártico, según horas del día y estratos de profundidad.

La mayor parte de los ejemplares muestreados estuvieron entre ligera a intensamente alimentados.

## 6. REFERENCIAS

- ATKINSON A, SIEGEL V, PAKHOMOV E, ROTHERY P. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* (Vol. 432): 100-103.
- BOYD C M, HEYRAUD M, BOYD C N. 1984. Feeding of the Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Journal of Crustacean Biology* 4 (spec. 1): 123-141.
- BRACCINI J M, GILLANDERS B M, WALKER T I. 2005. Sources of variation in the feeding ecology of the piked spurdog (*Squalus megalops*): implications for inferring predator-prey interactions from overall dietary composition. *ICES Journal of Marine Science* 62: 1076-1094.
- CARMELO R. 1996. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press Inc. New York: 585 pp.
- CCAMLR. 1999. *Manual del observador científico*. CCAMLR, Hobart, Australia.
- CLARKE KR. 1993. Non parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.
- CRIPPS G C, HILL H J. 1998. Changes in lipid composition of copepods and *Euphausia superba* associated with diet and environmental conditions in the marginal ice zone, Bellinghausen Sea, Antarctica. *Deep-Sea Research* 45: 1357-1381.
- FALK-PETERSEN S, HOPKINS C C E, SARGENT J R. 1990. Trophic relationships in the pelagic arctic food web. In *Trophic relationships in the marine environment*. Edited by M. Barnes and R.N. Gibson. Aberdeen University Pressm Aberdeen, Scotland: 315-333.
- FALK-PETERSEN S, HAGEN W, KATTNER G, CLARKE A, SARGENT J. 2000. Lipids, trophic relationships, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57 (Suppl. 3): 178-191.
- FERNANDES L. 1999. Tintininos (Ciliophora - Subordem Tintinnina) de águas subantárticas e antárticas entre Argentina y Península Antártica (35–62°S) (Noviembre 1992). *Rev. Bras oceanogr.* 47(2):155-171.
- FRENGUELLI J. 1943. Diatomeas de las Orcadas del Sur. *Revista del Museo de la Plata, Nueva Serie, Sección Botánica* 5: 221–265.
- FRENGUELLI O, ORLANDO H. 1958. Diatomeas y silicoflagelados del sector antártico sudamericano. *Publicación N° 5*. Instituto Antártico Argentino: 191 pp.
- HYSLOP E J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 415-429.
- MAUCLINE J, FISHER L R. 1969. The biology of euphausiids. *Adv. Mar. Biol.* 7: 1-454
- MEYER M A, EL-SAYED S Z. 1983. Grazing of *Euphausia superba* Dana on natural phytoplankton populations. *Polar Biology* 1: 193-197.
- NISHINO Y, KAWAMURA A. 1994. Winter gut content of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) collected in the South Georgia Area- *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.* 7: 82-90.
- PLATELL M E, POTTER I C. 2001. Partitioning of food resources amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on the lower west coast of Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 261: 31-54.
- SIEGEL V. 2000. Krill demography and variability in abundance and distribution. *Can J Fish Aquat Sci* 57: 151-167.

# CONDICIONES HIDROQUÍMICAS DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD E ISLA ELEFANTE DURANTE EL VERANO AUSTRAL 2006

## HYDROCHEMICAL CONDITIONS BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND DURING THE AUSTRAL SUMMER 2006

Georgina Flores<sup>1</sup>

Jesús Ledesma<sup>1</sup>

### RESUMEN

FLORES G, LEDESMA J. 2016. *Condiciones hidroquímicas del estrecho de Bransfield e isla Elefante durante el verano austral 2006*. *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 39-47.- La expedición peruana a la Antártica (ANTAR XVI), se efectuó en el verano austral 2006 a bordo del BIC/Humboldt, entre el estrecho de Bransfield y la isla Elefante. Se dan a conocer los resultados de las condiciones hidroquímicas a nivel superficial, así como en la columna de agua. El oxígeno disuelto superficial varió de 4,69 a 7,45 mL/L, las concentraciones <6 mL/L se localizaron frente a isla Greenwich y en la isla Elefante, concentraciones que son menores respecto a expediciones peruanas anteriores (ANTAR III, IX, XI, XIII y XIV) cuando predominaron valores de 7,5 a 8 mL/L. Los resultados de los análisis de clorofila-a en expediciones peruanas (ANTAR IX, XI, XIII, XIV y XVI) demuestran variaciones en sus concentraciones en el estrecho de Bransfield, en la zona de convergencia y en la isla Elefante. El valor más alto (2,5 µg/L) se presentó en la zona de convergencia a diferencia de expediciones anteriores, donde los valores variaron entre 0,5 y 1,5 µg/L. Los rangos de nutrientes en la superficie del mar fueron altos (0,52-1,93 µM fosfatos, 6,68-71,46 µM silicatos, 3,36-18,32 µM nitratos, 0,02-0,36 µM nitritos), característicos de esta área de estudio.

PALABRAS CLAVE: Condiciones hidroquímicas, oxígeno, clorofila, nutrientes

### ABSTRACT

FLORES G, LEDESMA J. 2016. *Hydrochemical conditions Bransfield Strait and Elephant Island during the austral summer 2006*. *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 39-47.- The Peruvian Expedition to Antarctica (ANTAR XVI) aboard the R/V Humboldt was carried out on the austral summer 2006. The study area included between Bransfield Strait and Elephant Island. Hydrochemical conditions at the surface and water column were showed. Dissolved oxygen on the sea surface ranged from 4.69 to 7.45 mL/L, concentrations less than 6 mL/L were found both Greenwich Island and Elephant Island, these concentrations were lower than previous Peruvian expeditions (ANTAR III, IX, XI, XIII and XIV) where values from 7.5 to 8 mL/L predominated. The results of chlorophyll analyzes in the Peruvian expeditions (ANTAR IX, XI, XIII, XIV and XVI) showed variations in their concentrations both in Bransfield Strait, convergence zone and Elephant Island. The highest value (2.5 µg/L) occurred in the convergence zone unlike previous expeditions where values ranged between 0.5 and 1.5 µg/L. The ranges of nutrients in the sea surface (0.52-1.93 µM phosphates, 6.68-71.46 µM silicates, 3.36-18.32 µM nitrate and 0.02-0.36 µM nitrites) characteristic of this study area were high.

KEYWORDS: Hydrochemical conditions, oxygen, chlorophyll, nutrients

## 1. INTRODUCCIÓN

La Décima Sexta Expedición Peruana a la Antártida (ANTAR XVI) se llevó a cabo en el verano austral 2006. El muestreo oceanográfico se efectuó entre el 06 y 13 de enero 2006, a bordo del BIC/Humboldt. Los trabajos se iniciaron en el paralelo 62°17,289S y en el meridiano 58°19,589W (frente a isla Livingston) finalizando en el paralelo 61°14,499S y en el meridiano 54°38,166 (frente a isla Elefante).

En los estudios oceanográficos es fundamental conocer la concentración de determinados iones presentes en el agua de mar. Algunos de ellos se usan como marcadores de masas de agua, otros son constituyentes esenciales de la biomasa y muchas

veces la carencia de uno de ellos limita la manutención y el crecimiento de las comunidades de microalgas que forman el plancton.

Las zonas frontales del océano Antártico corresponden no solo a estructuras hidrográficas bien definidas, sino que constituyen límites importantes en la distribución de nutrientes (JONES et al. 1990). Debido al intenso afloramiento que tiene lugar en la Divergencia Antártica, las capas de agua superficiales presentan concentraciones considerables de nutrientes que, generalmente no llegan a ser consumidos hasta alcanzar concentraciones limitantes. De particular interés es la distribución de silicatos, cuyo ciclo en aguas antárticas presenta características muy particulares (JONES et al. 1990, TREGUER y VAN BENNEKON 1991).

<sup>1</sup> Área de Hidroquímica y Productividad Marina-IMARPE. gflores@imarpe.gob.pe





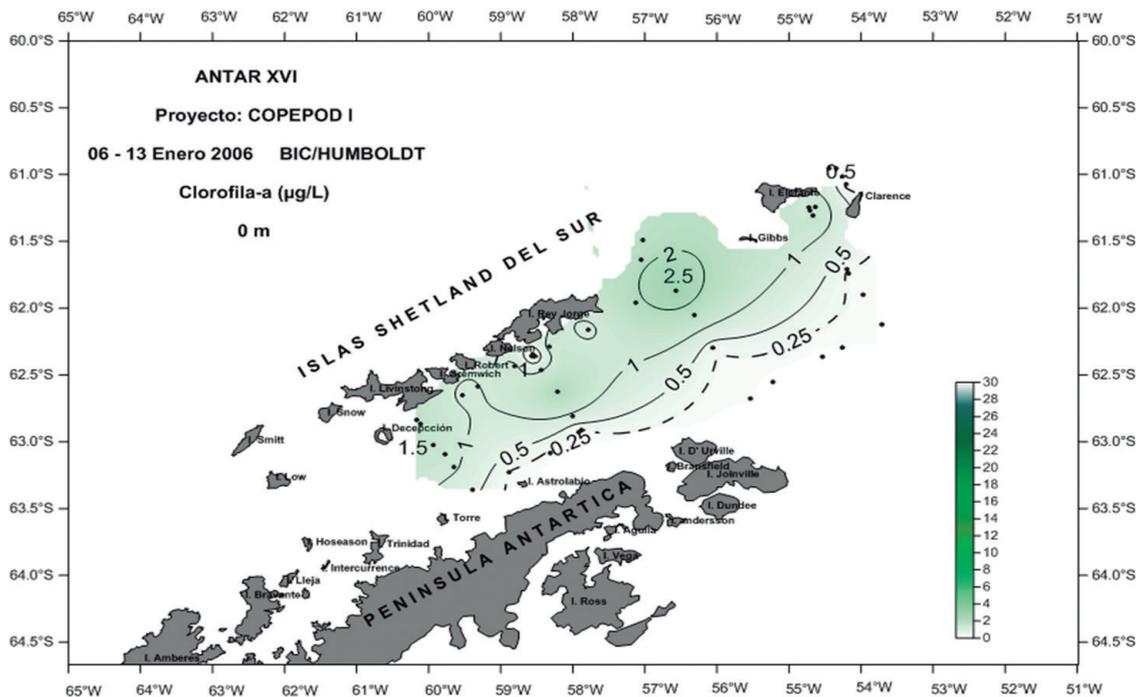


Figura 4.- Distribución superficial de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )

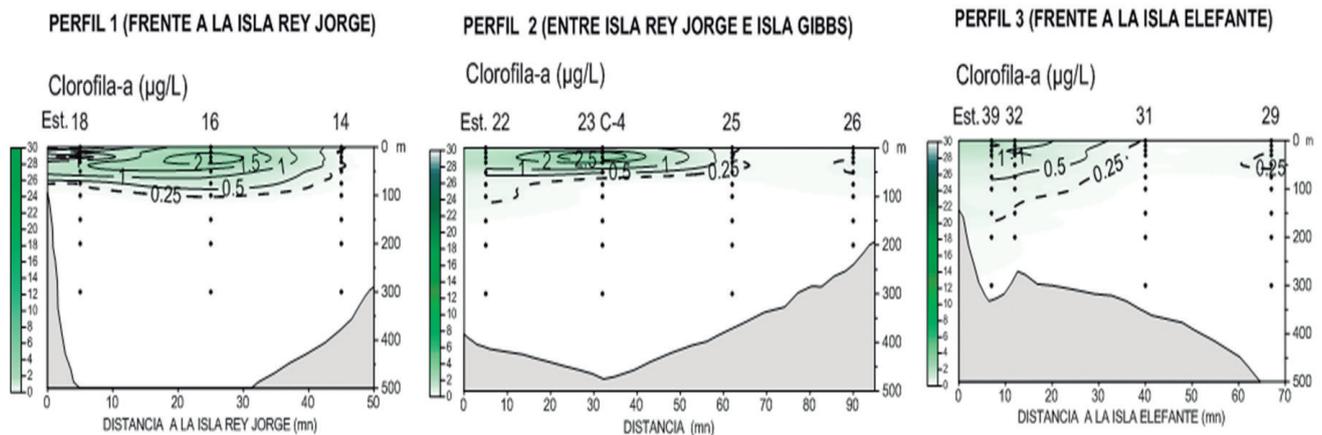


Figura 5.- Distribución vertical de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )

**NUTRIENTES**

El ion fosfato en la superficie del mar varió de 0,52 a 1,93  $\mu\text{M}$ . Las concentraciones  $>1 \mu\text{M}$  estuvieron frente a las islas Shetland del Sur y entre las islas Rey Jorge y Gibbs, valores  $<1 \mu\text{M}$  se encontraron en la parte central del estrecho de Bransfield y al Este de la zona de convergencia (Fig. 6a).

El agua antártica se caracterizó por contener altas concentraciones de silicatos, en superficie se encontraron valores de 6,68 a 71,46  $\mu\text{M}$ . En el área predominaron valores de 50  $\mu\text{M}$ , los núcleos de 40  $\mu\text{g-at/L}$  localizados frente a la isla Livingston y

en el centro de la zona de convergencia estuvieron relacionados a los altos contenidos de clorofila-a (1-2,5  $\mu\text{g/L}$ ) (Fig. 6b).

Los nitratos (3,36-18,32  $\mu\text{M}$ ) presentaron isolíneas de 10  $\mu\text{M}$  entre la isla Livingston y la península Antártica y, frente a las islas Robert y Nelson predominaron núcleos de 15  $\mu\text{M}$  (Fig. 6c).

En el caso de los nitritos el rango fue de 0,02-0,34  $\mu\text{M}$ , localizándose las mínimas concentraciones en toda el área de estudio a excepción de un pequeño núcleo de 0,3  $\mu\text{M}$  que se localizó entre las islas Nelson y Rey Jorge (Fig. 6d).

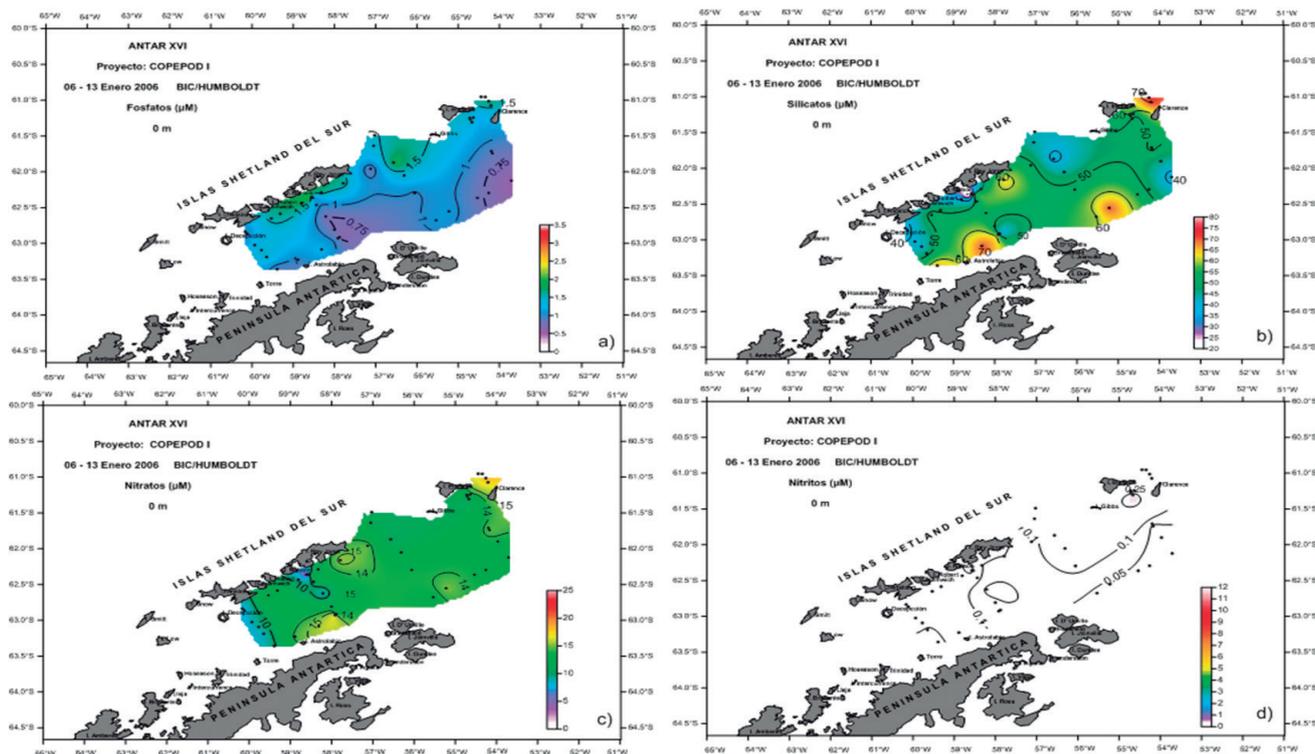


Figura 6.- Distribución superficial de nutrientes ( $\mu\text{M}$ ) a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos

En la distribución vertical los fosfatos se fueron incrementando de acuerdo con la profundidad, en los Perfiles 1 y 3 su distribución mostró valores que fluctuaron entre 1 y  $1,5 \mu\text{M}$ , asociados a la estructura térmica siguiendo el mismo patrón en distribución; sin embargo, características diferentes se presentaron en el Perfil 2 en donde las concentraciones alcanzaron valores hasta de  $2 \mu\text{M}$ .

En el Perfil 1, los silicatos presentaron concentraciones de  $40$  a  $50 \mu\text{M}$ , las de  $40 \mu\text{M}$  se localizaron frente a la península Antártica (Est. 14). Características diferentes se presentaron en el Perfil 2, en donde se encontró una capa (0-300 m) con valores de  $50 \mu\text{M}$  a excepción de un pequeño núcleo de  $60 \mu\text{M}$  que se ubicó a 100 m. En el Perfil 3, las concentraciones variaron entre  $30$  y  $60 \mu\text{M}$ , con un núcleo de  $30 \mu\text{M}$  entre 20 y 50 m en la Est. 29.

En la columna de agua los nitratos tuvieron una distribución semejante a los fosfatos con concentraciones de  $10$  a  $15 \mu\text{M}$  en los 3 Perfiles. Las concentraciones de  $10 \mu\text{M}$  se ubicaron entre 100 y 200 m en el Perfil 1 y pequeños núcleos en los Perfiles 2 y 3 (Fig. 7).

#### POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

Este parámetro, no presentó variaciones en la superficie del mar, el rango fue 7,68–7,91; frente

a la isla Nelson se ubicó la menor concentración y la mayor frente a la isla Rey Jorge (Fig. 8). En la distribución vertical, al igual que en la superficie las variaciones no fueron muy notorias, los rangos variaron entre 7,7 y 7,9 estando muy relacionada con la salinidad.

#### TRANSPARENCIA

Alcanzó valores entre 6 y 15 m de profundidad. La distribución de transparencia indicó dos zonas bien definidas, la de mayor intensidad de luz de la zona eufótica entre 10 y 15 m en la zona de convergencia e isla Elefante y la de menor intensidad (7 y 8 m) frente a las islas Decepción, Robert y Livingston (Fig. 9).

#### EXPERIMENTO FRENTE A LA ISLA ELEFANTE

Las condiciones químicas en la estructura vertical fluctuaron entre 5 y 7 mL/L de oxígeno, no mostrando variaciones, la distribución fue muy semejante a la temperatura y salinidad. La iso-oxígeno de 6 mL/L se encontró entre los 50 y 300 m (Fig. 10).

El krill (adultos, subadultos y juveniles) se encontró asociado a concentraciones de oxígeno de 6 y  $6,5 \text{ mL/L}$ ; temperaturas de  $0,5$  y  $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ; salinidades de  $34,35$ – $34,25$  ups y clorofila de  $0,5$  a  $1 \mu\text{g/L}$ .

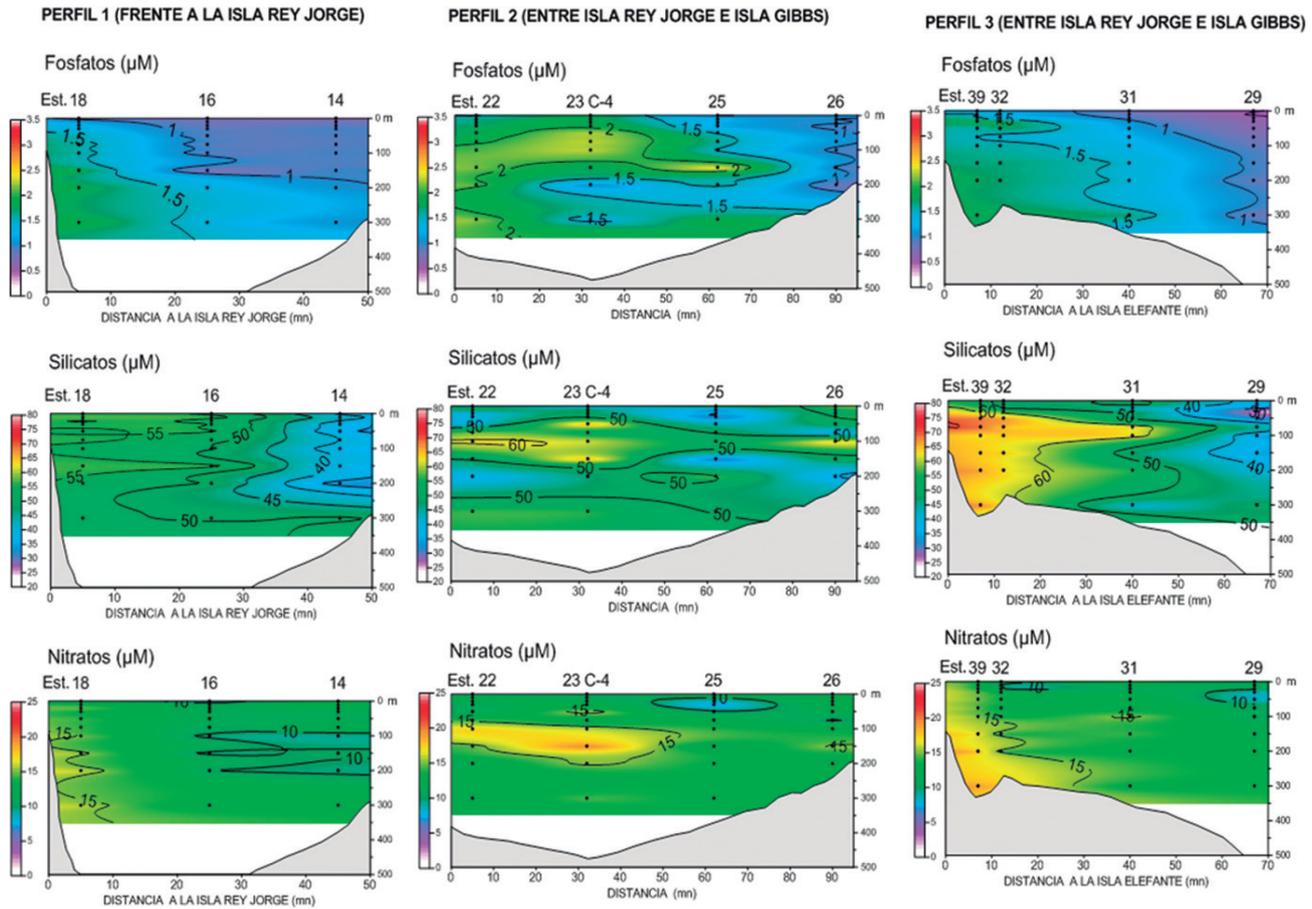


Figura 7.- Distribución vertical de fosfatos, silicatos y nitratos

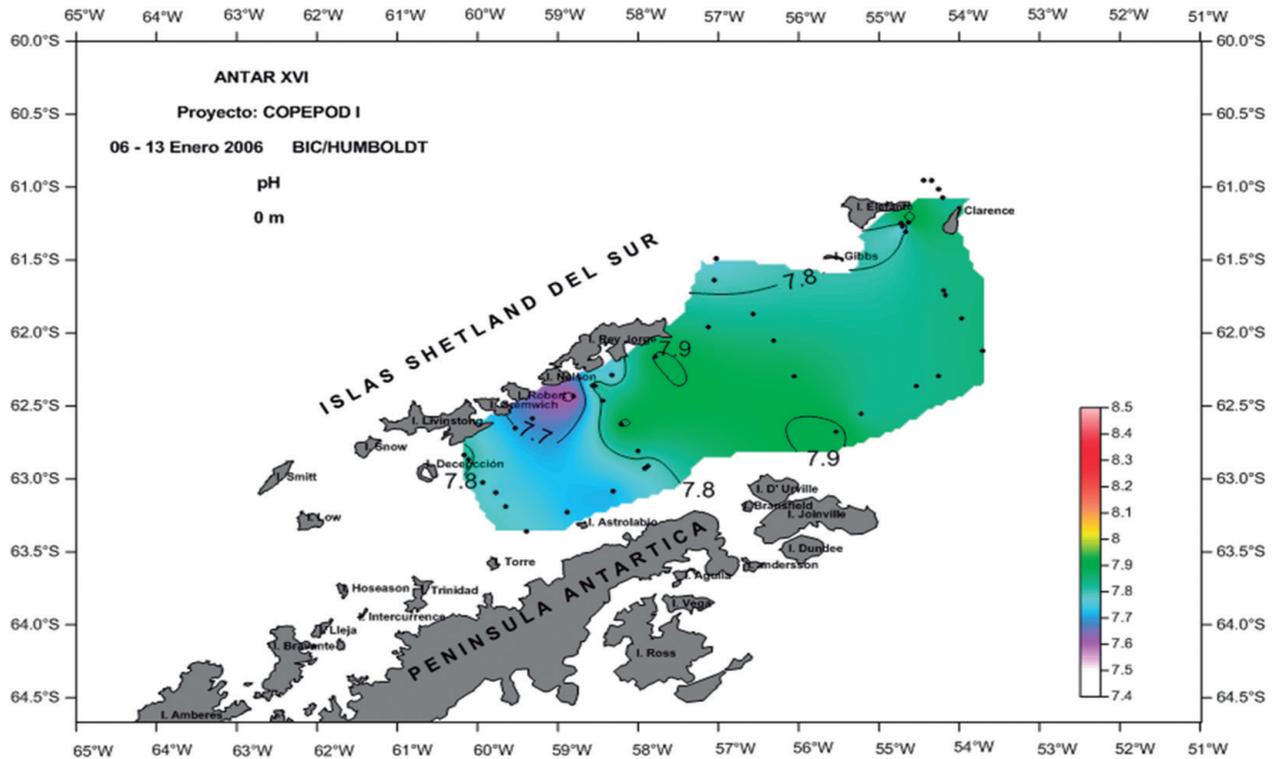


Figura 8.- Distribución superficial de Potencial de Hidrógeno

Respecto a la clorofila-a, las concentraciones >1 µg/L se encontraron por encima de los 50 m y los contenidos de oxígeno variaron de 6,5 a 7 mL/L. Los nutrientes presentaron distribución sin variaciones por la estabilidad en la columna de agua.

#### 4. DISCUSIÓN

Las concentraciones de oxígeno en la superficie del mar presentaron un patrón de distribución diferente al verano del 2002 (ANTAR XIII) y 2003 (ANTAR XIV), caracterizado por la disminución de oxígeno (6 – 7 mL/L) en la superficie y en la capa de 0 a 100 m, el oxígeno disuelto está en función de la temperatura y salinidad, por lo que cualquier cambio en las condiciones termohalinas afecta la distribución de esta variable.

Respecto a la clorofila-a se hallaron núcleos de 1,5; 2 y 2,5 encontrándose la mayor concentración en la zona de convergencia (2,5 µg/L), entre las islas Rey Jorge y Nelson (1,5 – 2,0 µg/L) y frente a la isla Livingston. A nivel subsuperficial concentraciones de 3 µg/L se localizaron a 20 m en la zona de convergencia, por otro lado, la isolínea de 1 µg/L delimitó las áreas de mayor producción de clorofila-a indicando actividad fotosintética en esas áreas estando relacionada con valores de transparencia de 7 a 9 m.

Comparando los resultados con los Antares anteriores (ANTAR III, IX, XIII y XIV) se observó que en la parte central del estrecho de Bransfield, las concentraciones de clorofila fueron <0,5 µg/L, las máximas concentraciones se localizaron frente a las islas Shetland del Sur, otra particularidad es que en la zona de convergencia siempre se encontraron valores de clorofila-a de 1 µg/L y en esta oportunidad (ANTAR XVI) se encontró un núcleo de 2,5 µg/L asociado a 1 °C de temperatura.

Los rangos de nutrientes en la superficie del mar (fosfatos 0,52–1,93 µM, silicatos 6,68–71,46 µM, nitratos 3,36–18,32 µM y nitritos 0,02–0,36 µM) presentaron variaciones en las concentraciones, los que disminuyeron respecto al ANTAR XIII y XIV.

Las bajas concentraciones de silicatos de 40 µM frente a la isla Livingston y en la zona de convergencia, estuvieron relacionadas a altos contenidos de clorofila-a por el consumo de este nutriente por especies fitoplanctónicas, sin embargo los nutrientes no constituyen un limitante para el desarrollo del fitoplancton. El fitoplancton antártico, como lo mencionan SVERDRUP et al. 1942, que si bien por una parte es consumido por el pastoreo de herbívoros, mucho no es utilizado como lo demuestran grandes depósitos de tierra de diatomeas en sedimentos antárticos, con frústulos que no han sido alterados por el tracto digestivo de animales.

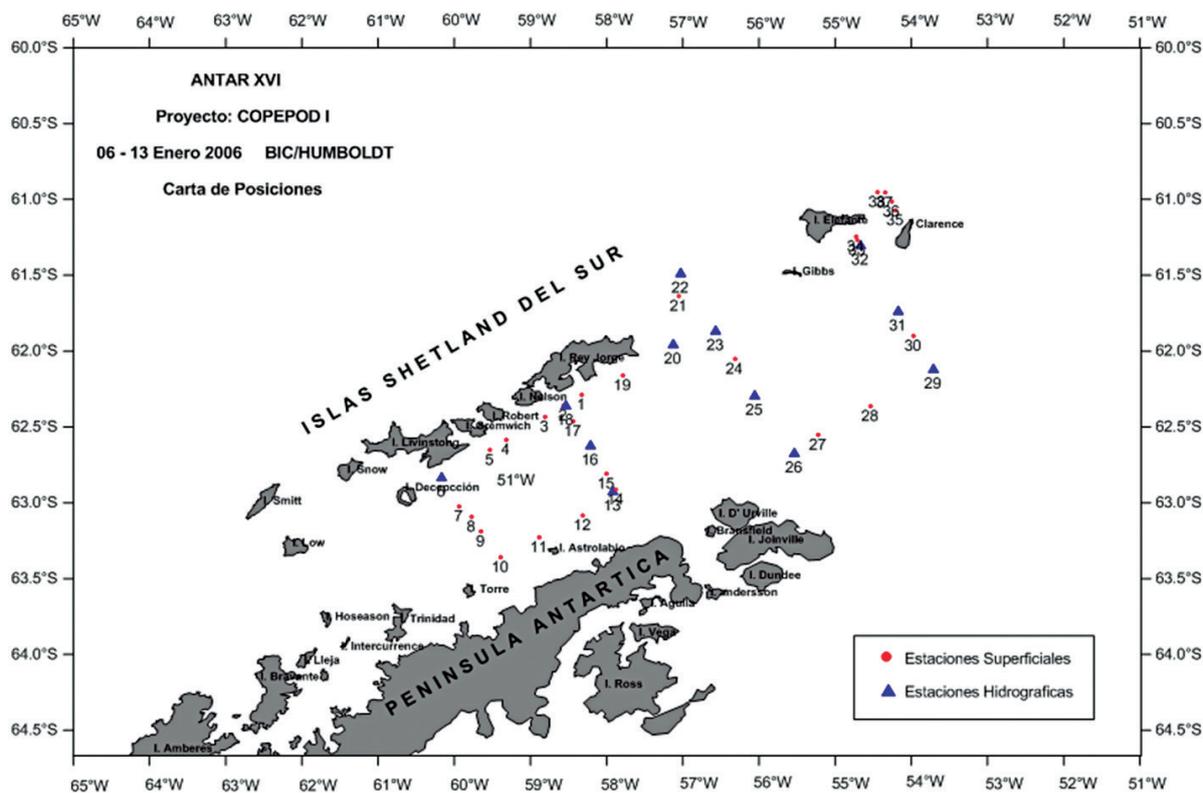


Figura 9.- Distribución de la Transparencia del agua de mar (m)

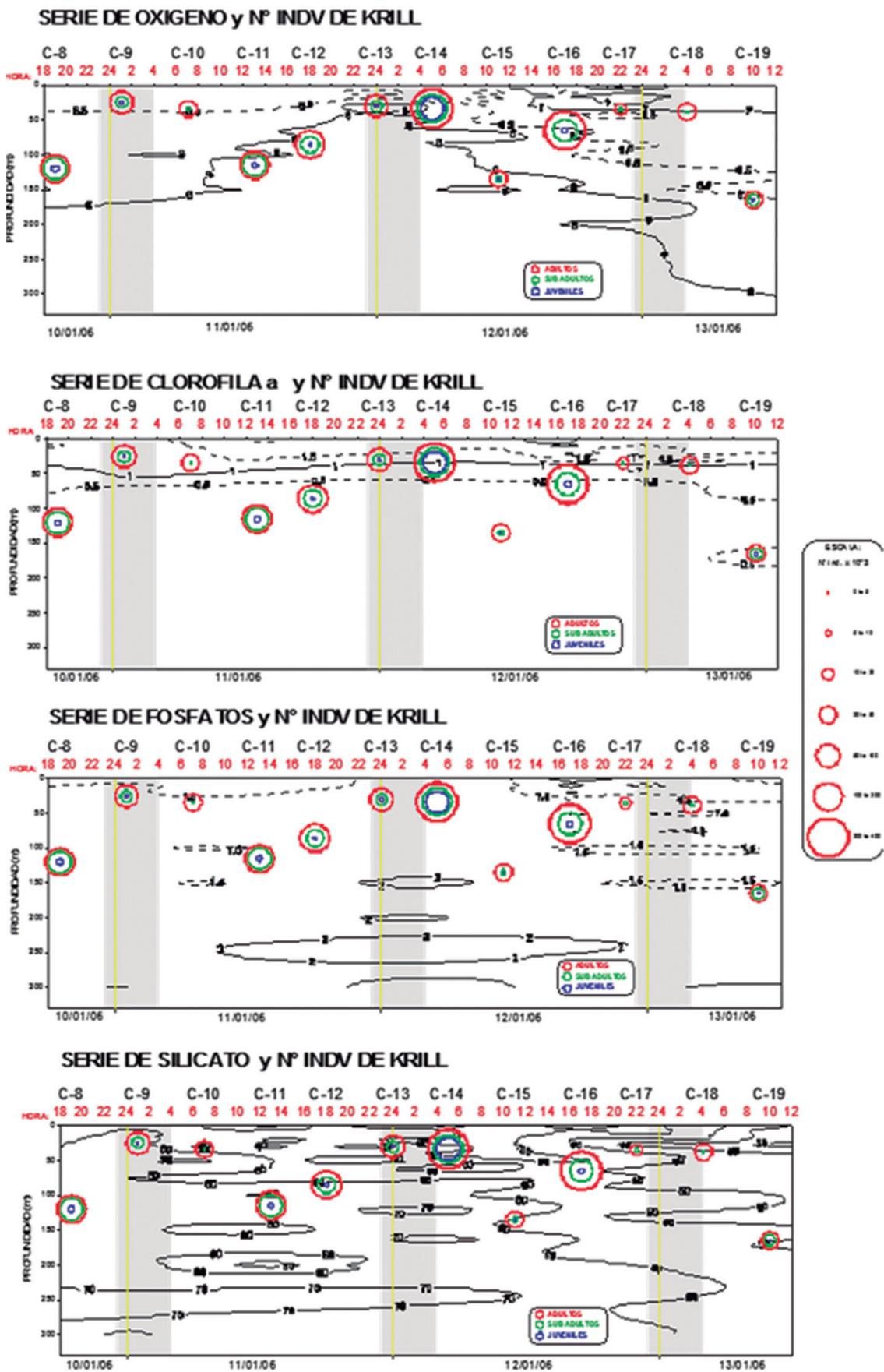


Figura 10.- Serie temporal de oxígeno (mL/L), Clorofila-a (ugL), Fosfatos ug-at/L y Silicatos (ug-at/L)

## 5. CONCLUSIÓN

Los resultados de los análisis de nutrientes, oxígeno y clorofila-a en la superficie del mar, muestran que el área de estudio (estrecho de Bransfield e isla Elefante) se caracterizó por presentar altos contenidos de nutrientes asociados a concentraciones de oxígeno de 4,69 a 7,45 mL/L y clorofila-a de 0,03 a 2,62 µg/L.

En el área evaluada se observó un gradiente de clorofila-a en la parte central del estrecho de Bransfield hacia las islas Shetland del Sur, con los mayores contenidos de clorofila (>1 µg/L) frente a estas islas.

La capa eufótica presentó la menor transparencia (<9 m) frente a las islas Shetland del Sur y estuvo relacionado con altos contenidos de clorofila (>1 µg/L).

## 6. REFERENCIAS

- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and Evaluation of the Winkler Method for determination Dissolved Oxygen in Seawater, Jour. Of Marine Research, Vol. 24 92, pp. 286-318.
- HOLM-HANSEN A, LORENZEN A C, HOLMES R, STRICKLAND J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. J. Cons. Perm. Inst. Explor. Mer. 30: 3-15.
- JONES E P, NELSON D M, TREGUER P. 1990. Chemical Oceanography. En: W.O.Smith (Ed) Polar Oceanography. Part. B. Chemistry, Biology and Geology. Academic Press, San Diego, pp 407-476.
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. A practical handbook of Sea Water Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada, No 167, 311 p.
- SVERDRUP H U, JOHNSON M W, R. FLEMING R (EDS.). 1942. The Ocean, Their physics, chemistry and general biology. Prentice Hall, Inc.: 1098 pp.
- TREGUER P, VAN BENNECKON A J. 1991. The annual production of biogenic silica in the Antarctic Ocean. Mar. Chem., 35:449-459.
- YENTSCH C, MENZEL D. 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. Deep-Sea. 10:221-231.

# ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS DURANTE LA EXPEDICIÓN ANTAR XVI

## OCEANOGRAPHIC ASPECTS DURING EXPEDITION ANTAR XVI

José Tenorio<sup>1</sup>

### RESUMEN

TENORIO J. 2016. *Aspectos oceanográficos durante la Expedición ANTAR XVI*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 48-57.- Las características oceanográficas en el estrecho de Bransfield mostraron mezclas de tres tipos de aguas: aguas del mar de Weddell; aguas del mar de Bellingshausen caracterizada por la presencia de agua Superficial Antártica y agua Circumpolar Profunda; aguas del estrecho de Gerlache. En el estrecho de Bransfield se visualizó el Frente Bransfield (FB), que separa aguas cálidas y de baja salinidad que fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional del estrecho de Bransfield, de aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional. En la zona del experimento (isla Elefante) se observó que entre los parámetros ambientales fue la temperatura, la que mostró una relación significativa entre las mejores concentraciones de fitoplancton (dinoflagelados) y la isoterma de 1,0 °C en las capas superiores a los 20 m de profundidad. Existe también un comportamiento diferenciado del krill, profundizándose durante el día y ascendiendo durante la noche; la mayor presencia de krill estaría asociada a temperaturas de 0,5 °C a 1,0 °C, los individuos serían adultos y sub-adultos, situados entre los 30 y 70 m de profundidad.

PALABRAS CLAVE: Dinámica oceanográfica, temperatura, salinidad, Frente de Bransfield

### ABSTRACT

TENORIO J. 2013. *Oceanographic aspects during Expedition ANTAR XVI*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 48-57.- Oceanographic features in the Bransfield Strait showed the confluence of three types of waters: Weddell Sea waters, Bellingshausen Sea waters characterized by the presence of Antarctic Surface Water and Circumpolar Deep Water, Gerlache Strait waters. In Bransfield Strait the Front Bransfield (FB) was observed, which separates warm - low salty water flowing toward the northeast in the northern half of the Bransfield Strait from cold and more salty water occupying its middle area. In the experiment on Elephant Island, temperature showed a significant correlation with the best concentrations of phytoplankton (dinoflagellates) and the 1.0 °C isotherm in the layers deeper than 20 m depth. A diel pattern of krill was also observed, deepened during the day and ascending at night; the increased presence of krill would be associated with temperatures of 0.5 °C to 1.0 °C, with adults and sub-adult individuals located between 30 and 70 m depth.

KEYWORDS: Dynamic oceanographic, temperature, salinity, Bransfield Front

## 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados en la Antártida, estrecho de Bransfield e isla Elefante, se ejecutaron dentro del proyecto COPEPOD I presentado por el IMARPE, teniendo dentro de sus finalidades evaluar el ambiente marino y la dinámica oceanográfica del estrecho de Bransfield durante el verano austral del 2006, así como el estudio de la distribución de las masas de agua que ocupan el estrecho a partir de sus características hidrográficas a fin de establecer relaciones bio-ambientales.

La estructura hidrográfica del estrecho de Bransfield está relativamente establecida, gracias a esfuerzos previos de otros investigadores, así como las características notorias de divergencia entre aguas cálidas y de baja salinidad y aguas frías y salinas en una región denominada Frente Bransfield (FB).

Una de las particularidades generales de las masas de agua es la profundización de las mismas, como

son las aguas Antártica de fondo que se forman en la superficie de las inmediaciones del continente Antártico, fundamentalmente en los mares de Weddell y de Ross, pero debido a su baja temperatura y alta salinidad se hunden rápidamente a causa de su mayor densidad.

La circulación general en la Antártica está fuertemente afectada por la Corriente Circumpolar Antártica, que abarca gran parte de la columna de agua. Esta corriente, en general, tiene dirección predominante hacia el Este.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la Décima Sexta Expedición Peruana a la Antártida (ANTAR XVI) se llevó a cabo el crucero de investigación en el estrecho de Bransfield y alrededor de la isla Elefante, a bordo del buque de investigación científica BIC Humboldt.

<sup>1</sup> Ecosistemas Acuáticos - WALSH PERU

El proyecto se realizó en dos etapas: la primera para estudiar las condiciones bio-ambientales del estrecho de Bransfield; la segunda fue un experimento adicional al frente de la isla Elefante, investigando tres días en forma continua el ambiente marino y el comportamiento del krill.

El muestreo oceanográfico efectuado del 06 al 13 de enero 2006, fue cubierto por 3 secciones transversales (Fig. 1) perpendiculares a las islas Shetland del Sur, realizando 38 estaciones de muestreo, de las cuales 13 fueron estaciones oceanográficas, en las que se efectuaron lanzamientos del registrador continuo CTD (conductividad, temperatura y profundidad) hasta una profundidad de 550 m, lanzamientos de botellas Niskin a profundidades estándares de 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m de profundidad, para la colecta de muestras para determinar salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila.

Para el estudio de masas y cuerpos de agua presentes en la zona de estudio se utilizó la clasificación propuesta por BIOMASS REPORT 1982 y se consideraron los estudios de SIEVERS 1982, STEIN 1983, KELLY y BLANCO 1986, WILSON et al. 1999, GARCÍA et al. 2002 y GOMIS 2002.

### 3. RESULTADOS

#### ETAPA 1: ESTRECHO DE BRANSFIELD

##### Distribución superficial

**Temperatura.-** La distribución de la temperatura superficial fluctuó entre  $-0,8^{\circ}\text{C}$  a  $2,4^{\circ}\text{C}$ , siguiendo el clásico patrón general, con isotermas paralelas a la orientación del estrecho de Bransfield (Fig. 2).

Las temperaturas más bajas ( $-0,5^{\circ}\text{C}$ ) se presentaron al Este de la plataforma continental de la península Antártica, estas aguas de menor temperatura provienen del mar de Weddell, ingresando al estrecho por el paso antártico. Las temperaturas superficiales más altas, estuvieron próximas a las islas Shetland del Sur, principalmente frente a la isla Rey Jorge presentando un núcleo de altas temperaturas ( $>2,0^{\circ}\text{C}$ ).

**Salinidad.-** Fluctuó entre 33,794 a 34,511 ups, aumentando su concentración hacia la península Antártica (Fig. 3); los valores más altos ( $>34,50$  ups) estuvieron cercanos a la isla D'Urville y la plataforma continental de la península, observándose un fuerte gradiente halino al sureste de las islas Shetland del Sur donde se presentaron los valores mínimos ( $<34,0$  ups).

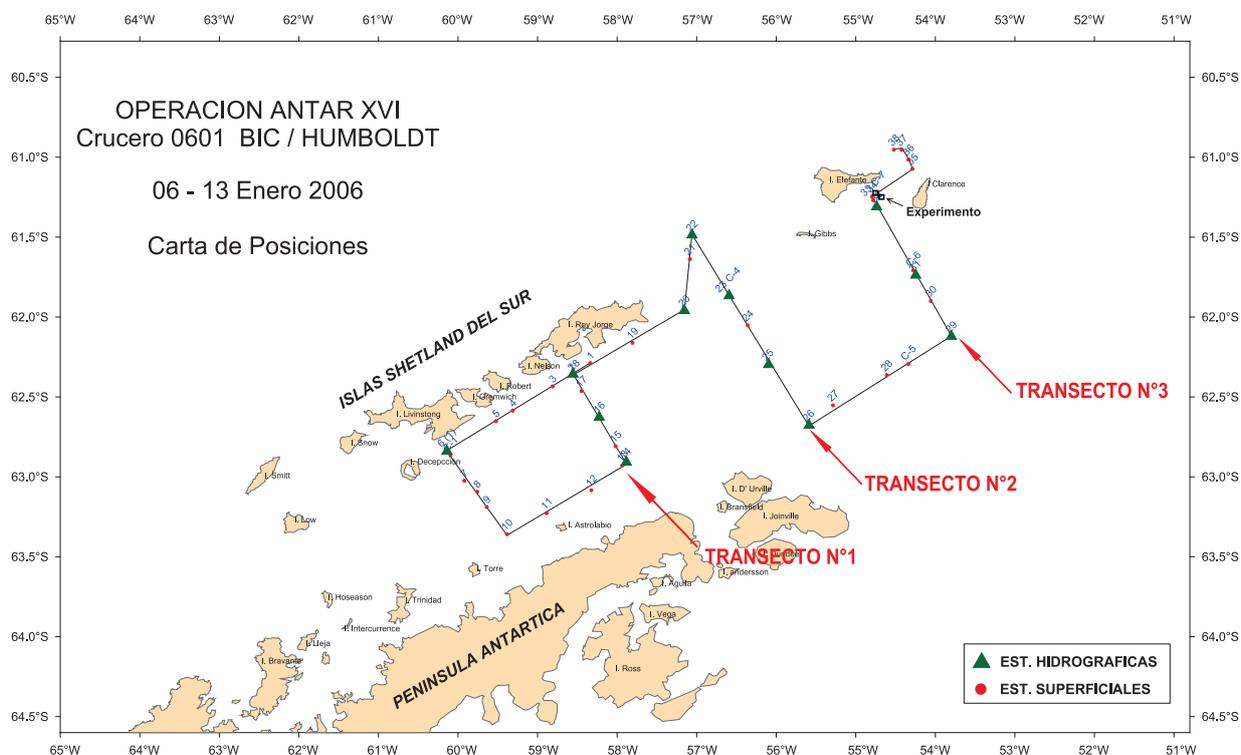


Figura 1.- Carta de posiciones ANTAR XVI, 6-13 enero 2016

En general, el patrón de distribución superficial de salinidades bajas, coincide con las temperaturas superficiales más altas y, los de valores altos con las temperaturas más bajas; esta situación determina, en general, masas de agua bien diferenciadas, con variación significativa de densidades.

**Densidad (Sigma t).**- En la figura 4, se muestra la distribución superficial de densidad. En ella

se puede apreciar una configuración similar a la salinidad, destacándose los valores más altos (>27,6 kg/m<sup>3</sup>) en las cercanías de la península Antártica, especialmente en el paso antártico y en el sector del mar de Weddell. Se aprecia también la zona frontal al suroeste de isla Trinidad, la forma de las isopícnas evidencia un meandro al sureste de la isla Decepción.

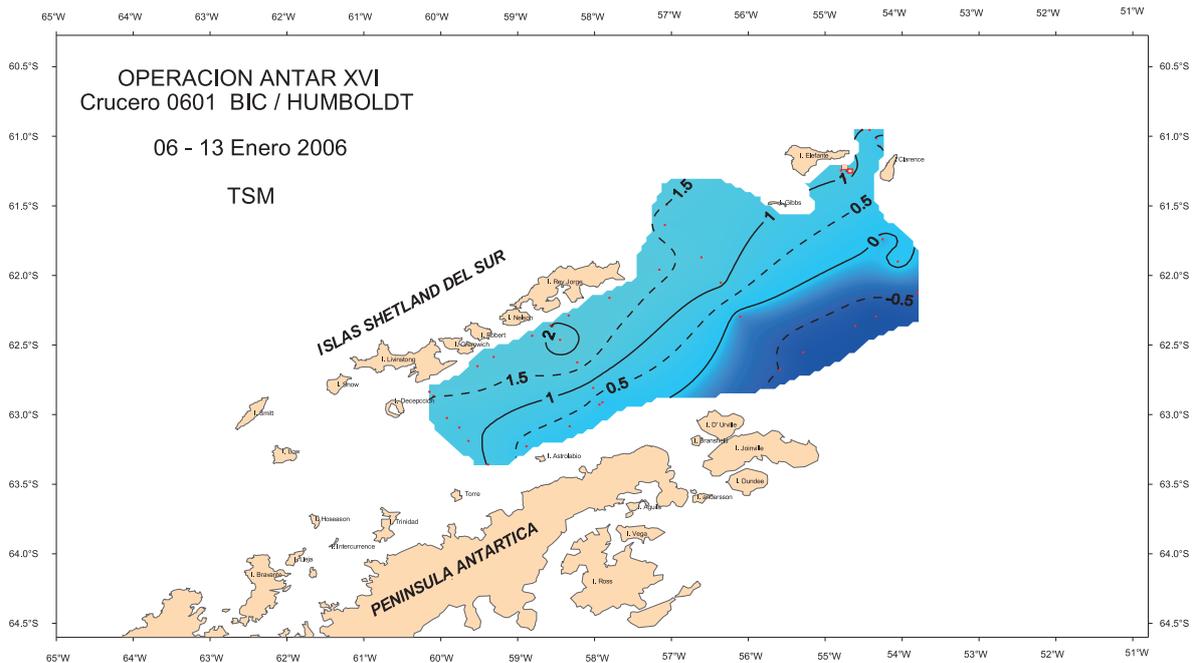


Figura 2.- Distribución de temperatura superficial (°C) ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

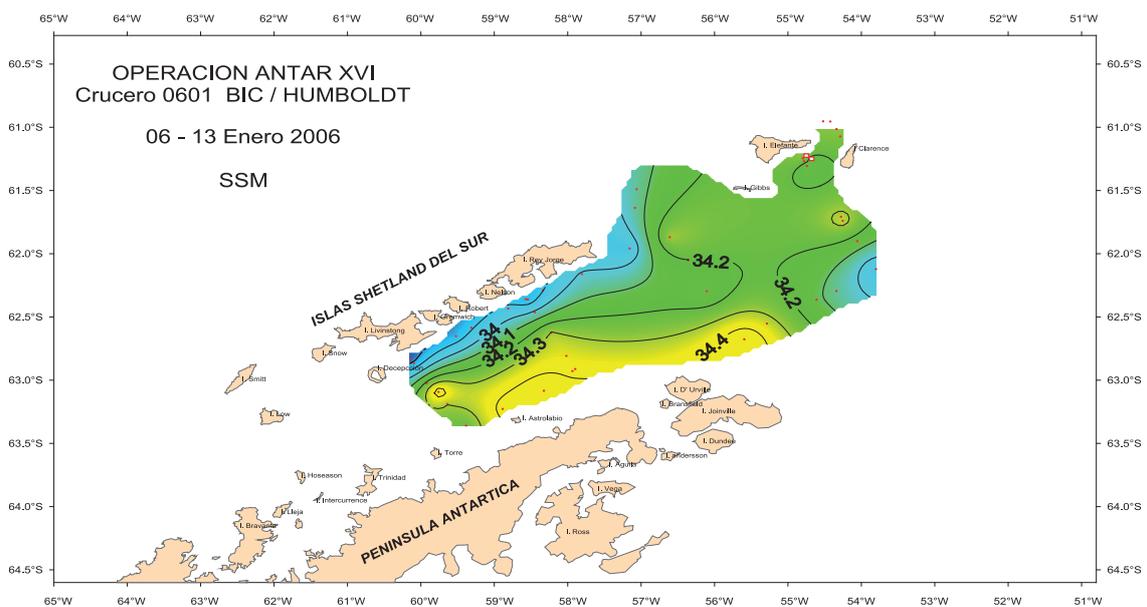


Figura 3.- Distribución de salinidad superficial (ups), ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

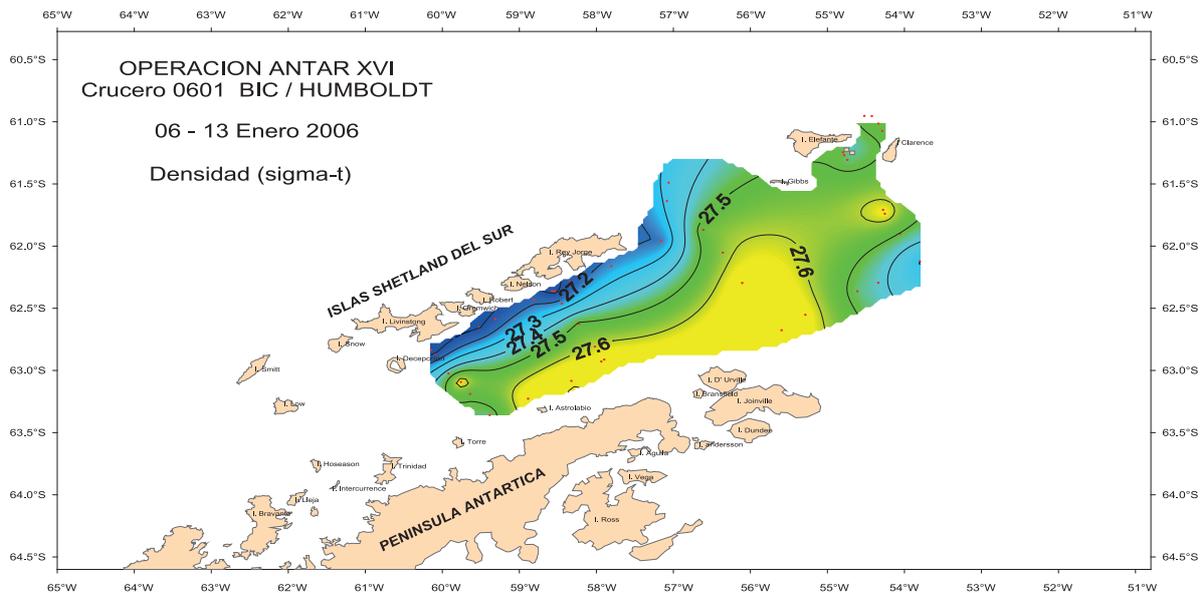


Figura 4.- Distribución de densidad superficial ( $\text{kg/m}^3$ ), ANTAR XVI. 6–13 enero 2006

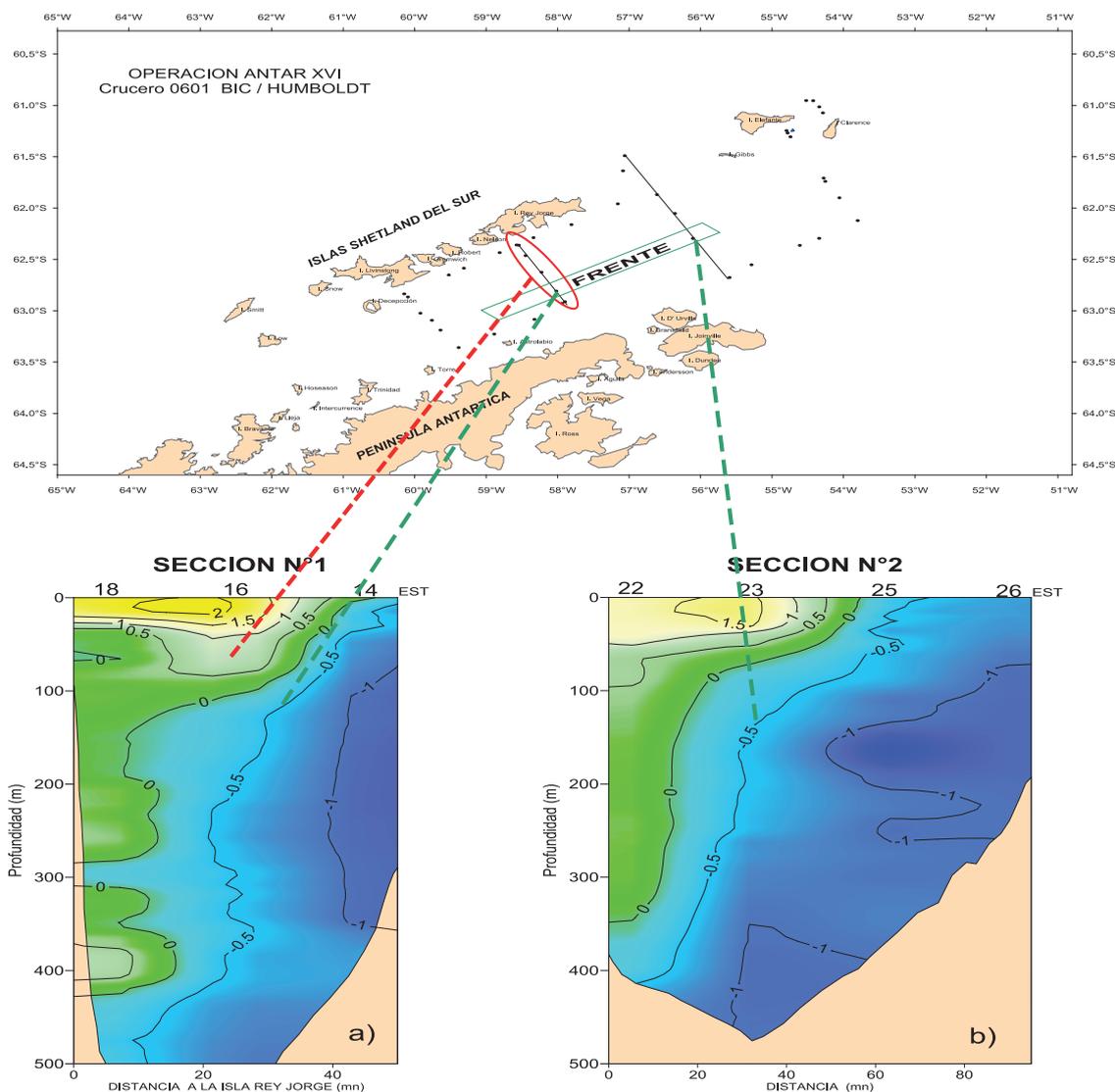


Figura 5.- Frente de Bransfield (FB), estructuras verticales perpendiculares en Bransfield, ANTAR XVI, 6–13 enero 2006

**FRENTE DE BRANSFIELD (FB)**

La estructura hidrográfica del estrecho de Bransfield está relativamente establecida, es así que en el interior del estrecho se logra visualizar la región del Frente de Bransfield (FB), donde se presenta un acoplamiento entre las componentes física y biológica del sistema marino. El Frente separa aguas cálidas y de baja salinidad que fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional del estrecho, de aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional (SANGRÁ y MARTÍNEZ 1999).

Al examinar la estructura vertical térmica a lo largo de la Sección 1 (Fig. 5) se observa entre las estaciones 18 y 14 la señal del FB reflejada en la orientación vertical de las isotermas. A partir de un análisis más detallado de esta sección, se puede apreciar, como en la estación 16, que las isotermas se hunden sugiriendo la presencia de un giro o eddy de núcleo cálido asociado al FB.

La presencia de un posible remolino asociado al FB sería un importante mecanismo de transferencia de propiedades físicas y biológicas a través del Frente.

Este giro estaría asociado a una montaña submarina por lo que sería una estructura cuasi permanente. El FB pudo ser observado también en la Sección 2 y su señal en el campo de temperatura se define por el hundimiento de las isotermas centrado en la estación 23 de la radial perpendicular.

**Distribución vertical**

La distribución vertical (Figs. 5, 6, 7) muestra que en el estrato superficial la temperatura presenta un gradiente ascendente de sur a norte en todas las secciones y, en sentido vertical los valores disminuyen con la profundidad, especialmente los que están más cercanos a la península Antártica. La salinidad en general aumenta con la profundidad pero bajo los 200 m, se observan condiciones homogéneas.

**Sección N°1**

En esta sección, se presenta un mínimo marcado que se profundiza de sur a norte entre los 100 y 400 m con valores inferiores a 0 °C. Además, se aprecia la inversión de temperatura hasta los 75 m de la

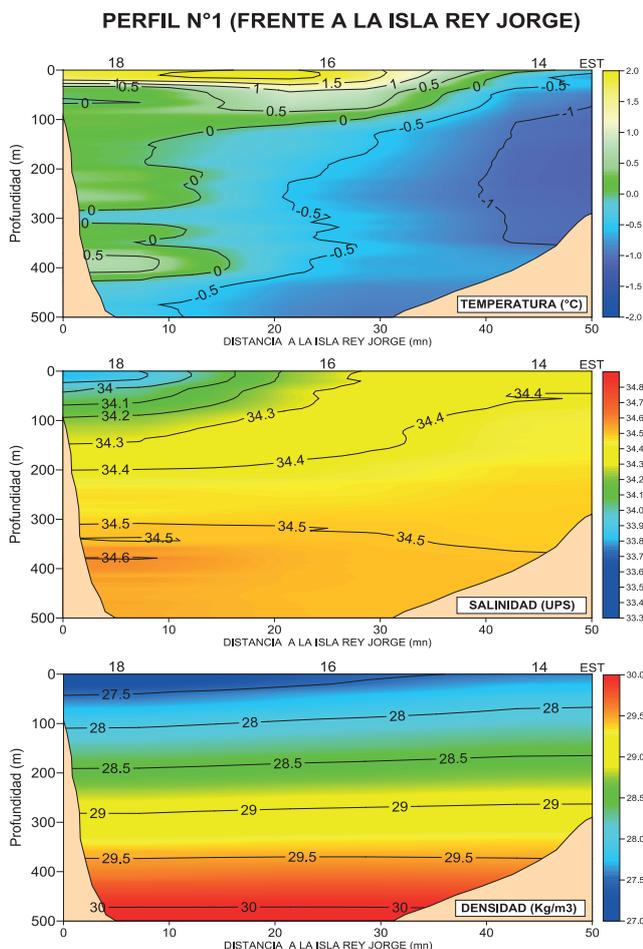


Figura 6.- Sección vertical frente a la isla Rey Jorge a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

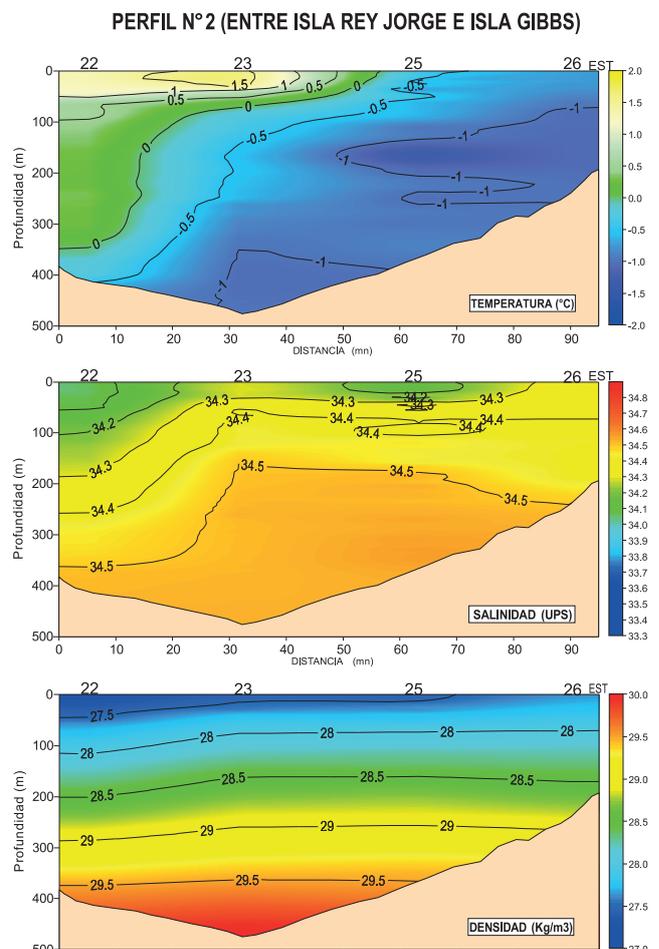


Figura 7.- Sección vertical entre islas Rey Jorge y Gibbs. a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

columna de agua. La zona más cálida del perfil, estaría ubicada en la zona próxima a la isla Rey Jorge hasta aproximadamente 30 mn, con valores mayores a 1,0 °C principalmente sobre los 40 m. Mientras que las más frías (<-1,0 °C) estarían ubicadas por debajo de los 100 m, cercanos a la península Antártica. La salinidad presenta un gradiente en el estrato superficial, entre 0 y 150 m, el que muestra su mayor intensidad en la zona adyacente a la isla Rey Jorge, observándose bajas concentraciones (<33,9 ups) en la superficie, mientras que en la zona próxima a la península Antártica estas concentraciones serían más homogéneas y presentarían sus valores máximos (>34,4 ups). Las densidades presentan una distribución paralela hacia la superficie, ubicando a los máximos valores (>29,5 kg/m<sup>3</sup>) en la zona más profunda, mientras que los mínimos (<27,5 kg/m<sup>3</sup>) estarían situados en la superficie (Fig. 6).

### Sección N°2

En esta sección, se aprecian temperaturas inferiores a -0,5 °C a partir de la superficie en el sector sur y en el sector central por debajo de los 100 m de profundidad. También, se aprecia un ambiente ligeramente cálido en la zona norte con temperaturas mayores a 1,0 °C, observándose una capa de mezcla bien desarrollada hasta aproximadamente 50 m de profundidad, mientras que en la zona sur se mostró un ambiente frío (<-1,0 °C) por debajo de los 100 m de profundidad, aguas asociadas a las aguas frías del mar de Weddell.

La salinidad presenta las máximas concentraciones (>34,2 ups) en la zona norte y centro de la sección vertical, hasta una profundidad de 100 y 50 m respectivamente, produciéndose inversiones de salinidad. Inversiones de menor magnitud se registraron en los primeros 30 m de la columna en la estación 25. La densidad, al igual que en la sección N°1, presenta distribución paralela a la superficie, ubicando los máximos valores en la zonas más profundas y los mínimos en superficie (Fig. 7).

### Sección N°3

En esta sección también se observa el gradiente térmico ascendente de sur a norte (mar de Weddell e isla Elefante), ubicándose las temperaturas más altas (1,0 °C) cerca de la isla Elefante aunque con menores valores respecto a las secciones anteriores, en cambio al sur se mantuvieron por debajo de -0,5 °C. Los valores menores a -1,0 °C están ubicados bajo los 30 m de profundidad de la zona sur. La salinidad presenta mínimos valores en la zona cercana a la isla Elefante y en la zona sur influenciada por las aguas del mar de Weddell, principalmente sobre los 40 m de profundidad. Los bajos tenores halinos en las capas cercanas a la superficie, contribuyeron a disminuir los valores de densidad, siendo estos alrededor de 27,5 kg/m<sup>3</sup>, aumentando paulatinamente con la profundidad (Fig. 8).

### Masas de agua

Para denominar los diagramas T-S de la zona de estudio, se usó la misma clasificación propuesta por BIOMASS REPORT 1982. En la figura 9, se presenta un esquema de masas de agua donde se puede apreciar que las aguas interiores del estrecho Bransfield son mezcla de tres tipos principales (W, B y S) y del agua formada in situ en el sector de la plataforma de la península Antártica.

El tipo denominado W corresponde a aguas del mar de Weddell, caracterizadas por temperaturas bajas (<1 °C) y salinidades que fluctúan entre 33,8 y 34,7 ups. Las menores salinidades superficiales, probablemente se deben a los procesos de fusión de hielo en la zona adyacente a la península Antártica. En profundidad, la salinidad toma los valores altos característicos de este tipo de agua.

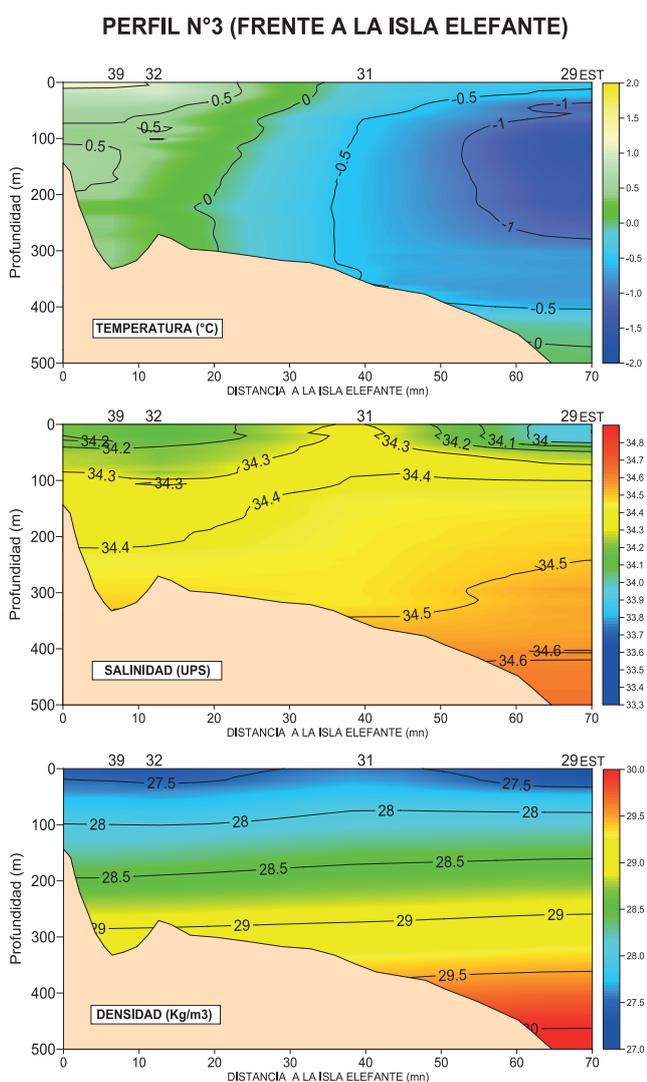


Figura 8.- Sección vertical frente a isla Elefante. a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

El tipo denominado B, representa las aguas del mar de Bellingshausen y se caracteriza por la presencia de agua Superficial Antártica, con su mínima temperatura situada en aproximadamente 40 m de profundidad, y por agua Circumpolar Profunda que produce un aumento de la temperatura y salinidad con la profundidad, alcanzando valores de temperaturas superiores a los 2 °C y 34,6 ups de salinidad en profundidades superiores a los 200 m.

El tipo denominado S, corresponde a aguas del estrecho de Gerlache, las que presentan altas temperaturas (>2 °C) y bajas salinidades (<33,6 ups) en superficie, probablemente debido a efectos de la radiación solar y a la fusión de hielos, ambas características van cambiando hacia mayores profundidades, disminuyendo la temperatura y aumentando la salinidad.

Otro tipo de agua que tiene especial relevancia en la plataforma de la península Antártica es la que se ha denominado W1 (t=-0,5 °C y S=34,5 ups), que se forma en la zona más adyacente a la península Antártica (BIOMASS REPORT 1983) e influye en toda la zona sur del estrecho de Bransfield, indicando una dirección de mezcla hacia el SW (Br W).

El agua del mar de Bellingshausen (B y B1) se mezcla con aguas del estrecho de Bransfield, especialmente en el sector más adyacente a las islas Shetland del Sur dando origen a las curvas T-S tipo BrS en las cuales se pueden distinguir tres masas de agua: la Superficial Antártica con su mínimo de temperatura cercano a

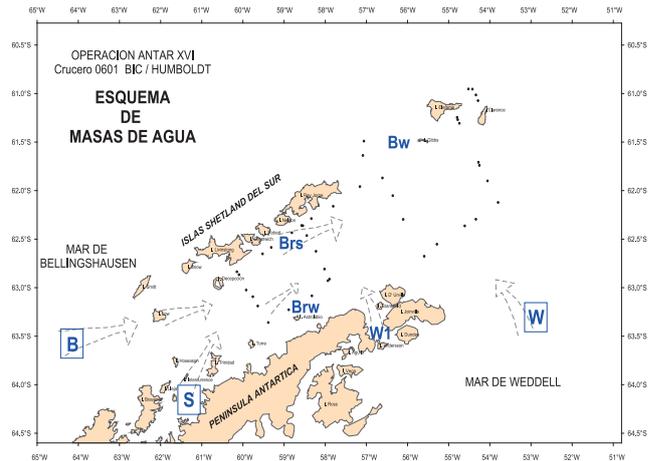


Figura 9.- Esquema de distribución de masas de agua, ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

los 100 m, el agua Circumpolar Profunda y el agua de Fondo del estrecho de Bransfield. Esta mezcla presenta una dirección NE y pierde su identidad a la altura del estrecho de Nelson, para aparecer en las aguas entre las islas Rey Jorge y Elefante (BW) probablemente debido a advección por el norte de las islas Shetland del Sur.

En general, el sentido de mezcla, inferido de los diagramas T-S, reafirma lo encontrado por CLOWES 1934, GORDON y NOWLIN 1978, SIEVERS 1982 y por los talleres de trabajo de FIBEX (BIOMASS REPORTS) (Figs. 10, 11).

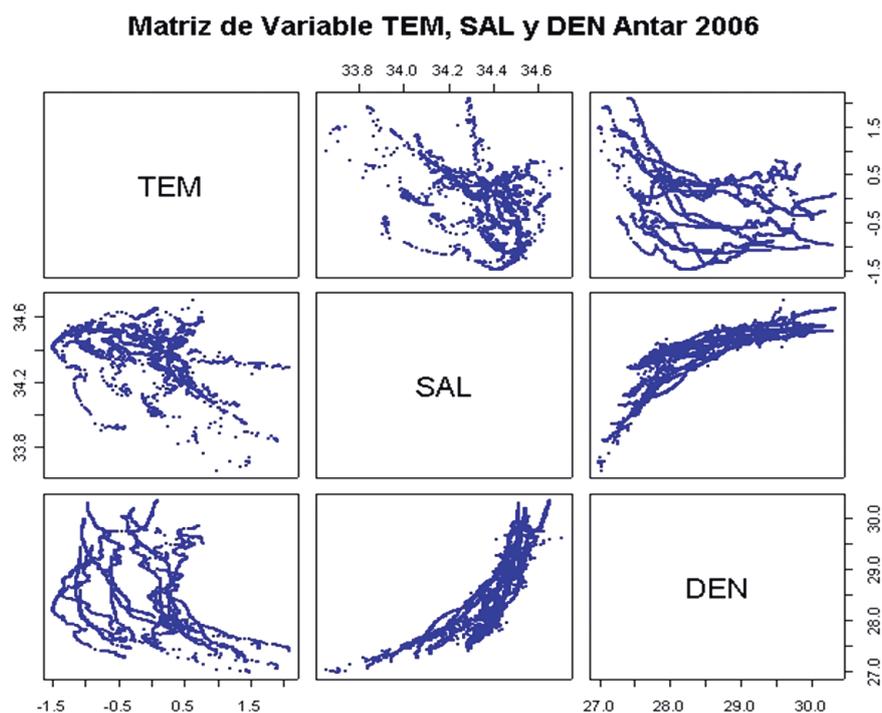


Figura 10.- Matriz de variables físico-oceanográficas, masas de agua. ANTAR XVI. 6-13 enero 2006

**ETAPA 2: ISLA ELEFANTE**

Acoplado al Crucero Antar XVI y dentro del proyecto COPEPOD I, se realizó un experimento de registro continuo de datos oceanográficos durante tres días, en el cual se realizaron 12 estaciones hidrográficas con lanzamientos de CTD y botellas Niskin frente a la isla Elefante, obteniéndose series de tiempo de la estructura vertical de la variación termohalina.

Las condiciones registradas en la estructura vertical de la serie de tiempo (Fig. 12), no muestra variación termohalina significativa, situando a los valores

térmicos mayores a 1,0 °C sobre los 20 m de profundidad, esta isoterma tendría un comportamiento horario profundizándose en el día (aproximadamente entre las 10 y 18 horas) hasta 30 m de profundidad y ascendiendo en la noche (23:00 y 04:00 horas) hasta 5 m de profundidad, esta isoterma estaría estrechamente relacionada a mínimos valores halinos (<34,2 ups) pero sin presentar comportamiento horario. Mientras que por debajo de los 100 m de profundidad los comportamientos térmico y halino se mantienen mucho más estables con valores menores a 0,5 °C y 34,3 ups.

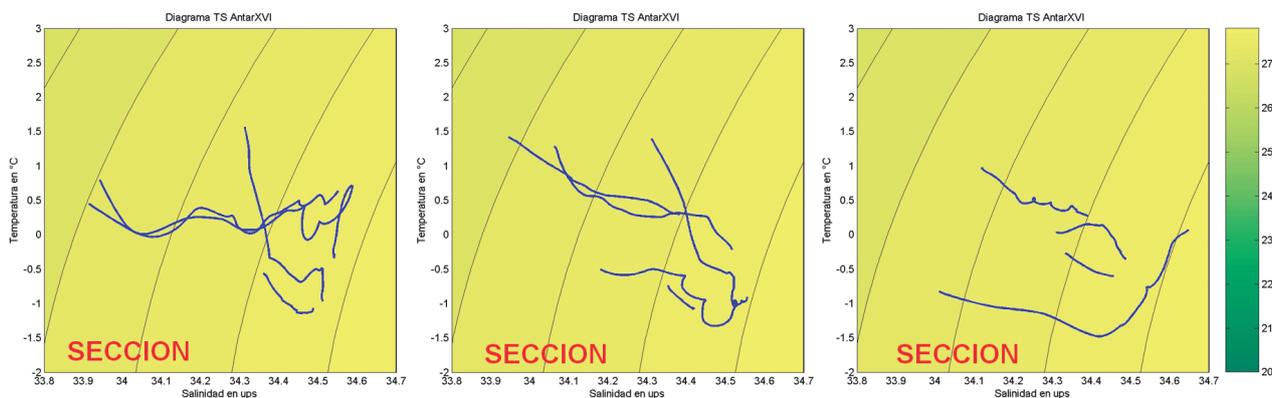


Figura 11.- Distribución de los diagramas de TS para los diferentes perfiles oceanográficos. ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

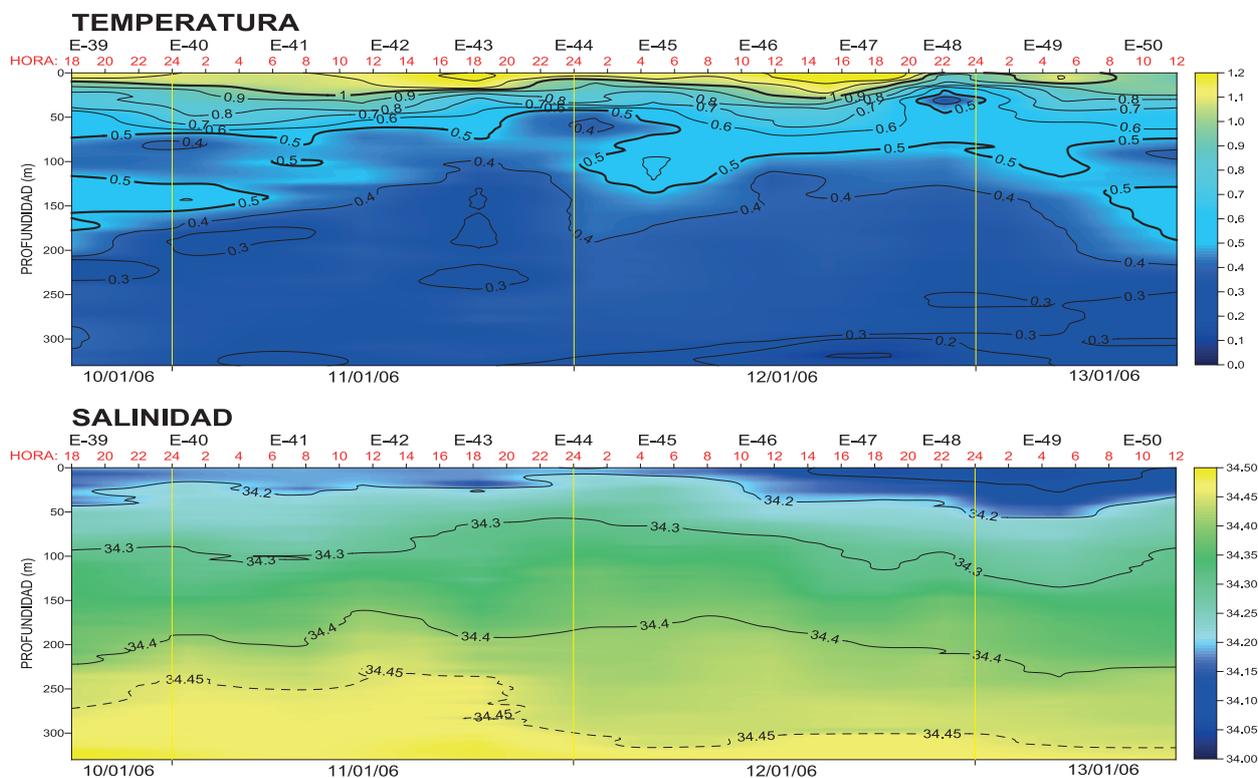


Figura 12.- Serie de tiempo de la distribución termo-halina, frente a isla Elefante, ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

En el diagrama TS del experimento (Fig. 13) se pudo observar la gran influencia de las aguas del mar de Weddell, caracterizadas por temperaturas bajas ( $<1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y salinidades que fluctúan entre 33,8 y 34,7 ups, además de la presencia de las aguas del estrecho de Bransfield, formada por la mezcla de agua Superficial Antártica, agua Circumpolar Profunda y aguas de fondo del estrecho Bransfield, descritas anteriormente.

Se han relacionado los parámetros ambientales con la distribución de fitoplancton (totales de diatomeas, dinoflagelados y flagelados) anexados a la distribución de individuos de krill (adultos, sub-adultos y juveniles) en cada una de las estaciones y calas correspondientes donde la distribución de temperatura mantiene una mejor asociación con los parámetros biológicos. El comportamiento diurno del krill muestra que se profundiza durante el día (aprox. 80 a 140 m de profundidad) y asciende durante la noche (30 a 50 m de profundidad), esta mayor presencia de krill estaría asociado a temperaturas fluctuantes entre 0,5 a 1,0  $^{\circ}\text{C}$  y principalmente los individuos serían adultos y sub-adultos, la mayor presencia habría estado situada entre los 30 y 70 m de profundidad del día 12/01/2006 muy asociados a la isoterma de 0,7  $^{\circ}\text{C}$ .

Con relación al fitoplancton, el krill no presenta una asociación significativa, por el contrario las concentraciones de dinoflagelados mostrarían una relación directa con la temperatura, donde se muestra

que las mayores concentraciones de dinoflagelados estarían muy ligadas a la isoterma de 1,0  $^{\circ}\text{C}$  y en capas superiores a los 20 m de profundidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos, resaltan los valores y rasgos estructurales de la temperatura en el área de estudio, mostrando en general, situaciones similares a las descritas por otros investigadores y a las obtenidas durante expediciones peruanas anteriores como SOLDI et al. 1988, LAOS et al. 1989.

#### 4. CONCLUSIONES

El agua del interior del estrecho Bransfield presenta mezcla de tres tipos principales: aguas de los mares de Weddell y de Bellingshausen y del estrecho de Gerlache. También es importante el agua formada en el sector más adyacente a la península Antártica que domina el sector meridional del estrecho.

Las aguas del mar de Weddell (W) están caracterizadas por temperaturas bajas ( $<1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y salinidades de 33,8 a 34,7 ups; las del mar de Bellingshausen (B) se caracterizan por el mínimo de temperatura del agua Superficial Antártica y por el aumento de ésta en profundidad correspondiente al agua Circumpolar Profunda; las del estrecho de Gerlache (S) presentan altas temperaturas ( $>2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y bajas salinidades ( $<33,6$  ups) en superficie, producto de la fusión de hielos, características que varían rápidamente con la profundidad, bajando la temperatura a menos de 0  $^{\circ}\text{C}$  y aumentando la salinidad sobre 34,5 ups.

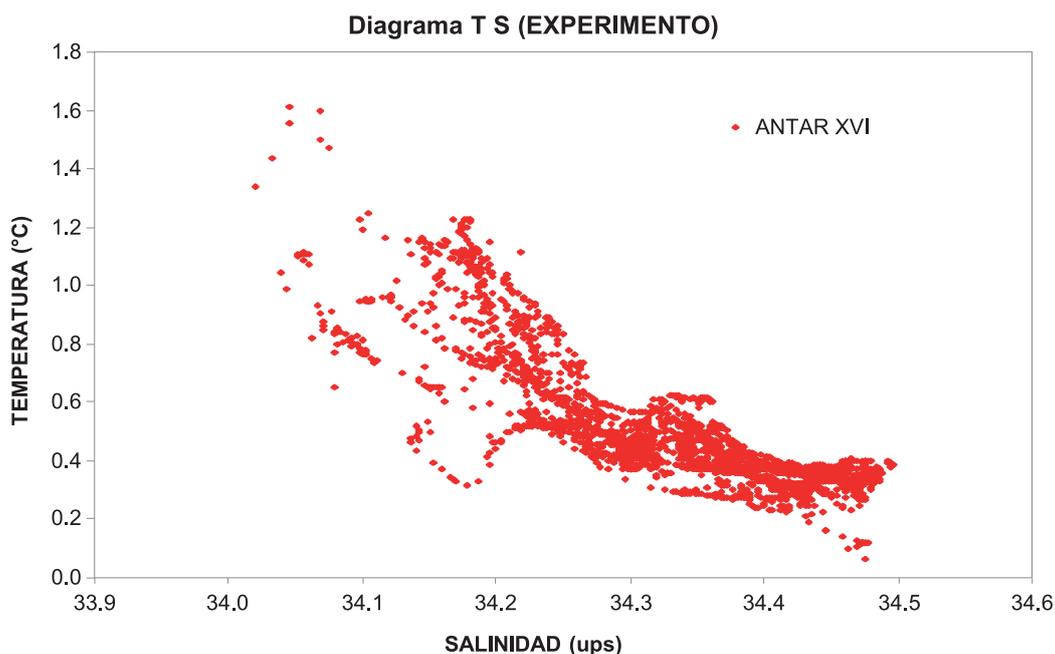


Figura 13.- Diagrama de TS, experimento frente a la isla Elefante. ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

La circulación superficial del estrecho, obtenida por la configuración de densidades, muestra una dirección general hacia el NE, afectada por la Corriente Circumpolar Antártica.

La profundización de las isotermas con valores negativos, que proceden del mar de Weddell, en medio del estrecho, es producto del encuentro de masas de agua que provienen del estrecho de Gerlache y del mar de Bellingshausen, aumentando hacia las islas Shetland del Sur y hacia el mar de Bellingshausen.

Los valores de temperatura más altos, fueron especialmente notorios en el sector cercano a las islas Nelson y Rey Jorge, donde se produjo un frente de temperaturas mayores de 2 °C. En profundidad, se apreció el aumento de las temperaturas hacia el sector del mar de Bellingshausen, siendo claro el hundimiento de las isotermas, esto tiene su origen en la convergencia entre las aguas frías de fondo del estrecho Bransfield y las aguas más cálidas provenientes del mar de Bellingshausen.

El agua mezclada del mar de Bellingshausen, influye sólo en el sector más adyacente a las islas Shetland del Sur, especialmente al sur de la isla Livingston y del estrecho Nelson, lo que indicaría el paso de este tipo de agua desde el norte por el mencionado estrecho.

En el experimento, la relación mejor acentuada entre los parámetros ambientales y biológicos fue la temperatura, que mantiene relación significativa entre las concentraciones de fitoplancton y la isoterma de 1,0 °C.

## 5. REFERENCIAS

- BIOMASS SCAR/SCOR/IABO/ACMRR. 1982. First Post-FIBEX Hydrographic Data Interpretation Workshop. Hamburg, F.R.G. Sept. 1982. BIOMASS Report Series 30.
- BIOMASS SCAR/SCOR/IABO/ACMRR. 1983. Second Post-FIBEX Data Interpretation Workshop. Hamburg, F.R.G. May 1983. BIOMASS Report Series 31.
- CLOWES A J. 1934. Hydrology of the Bransfield Strait. Discovery Reports 9:1-64. Cambridge University Press. London.
- GARCÍA M A, CASTRO C G, RÍOS A F, DOVAL M D, ROSON G, GOMIS D, LÓPEZ O. 2002. Water masses and distribution of physic-chemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral summer 1995/96. Deep-Sea Research II 49, 585-602.
- GOMIS D, GARCÍA M A, LÓPEZ O, PASCUAL A. 2002. Quasi-geostrophic 3D circulation and mass transport in the western sector of the South Shetland Islands. Deep-Sea Research II 49, 603-621.
- GORDON A I, NOWLIN W D. 1978. The basin waters of the Bransfield Strait. Journal of Physical Oceanography 8, 258-264.
- KELLY R, BLANCO J L. 1986. Hidrografía del estrecho Bransfield durante el verano austral 1985 (SIBEX-FASE II). Ser. Cient. INACH 35: 7-30.
- LAOS G, SALVÁ A. 1989. Oceanografía Dinámica del Estrecho de Bransfield en el Verano de 1988. Informe Científico de la Segunda Expedición Peruana a la Antártida: 121-149.
- SANGRÁ P, MARTÍNEZ A. 1999. Diario de Campaña. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de La Palmas de Gran Canaria - España. Equipo científico de la campaña CIEMAR 99/00.
- SIEVERS H. 1982. Descripción de las condiciones oceanográficas físicas, como apoyo al estudio de la distribución y comportamiento del krill. Ser. Cient. INACH 28: 87-36.
- SOLDI H, LAOS G, MORÓN O, CONOPUMA C. 1988. Condiciones oceanográficas en el Estrecho de Bransfield durante el verano de 1988. Informe Científico de la Primera Expedición Peruana a la Antártida: 7-46.
- STEIN M. 1983. The distribution of water masses in the South Shetland Islands area during FIBEX. In: Proceedings of the BIOMASS Colloquium in 1982. T. Nemoto and T. Matsuda Ed. Memoirs of National Institute of Polar Research, Tokyo, Special Issue 27: 16-23.
- WILSON C, KLINKHAMMER G P, CHIN C S. 1999. Hydrography within the Central and East Basins of the Bransfield Strait, Antarctica. Journal of Physical Oceanography, 465-479.

# FITOPLANCTON DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD E ISLA ELEFANTE DURANTE EL VERANO AUSTRAL 2006

## PHYTOPLANKTON OF BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND DURING AUSTRAL SUMMER OF 2006

Noemí Ochoa<sup>†</sup>Olga Gómez<sup>1</sup>Maribel Baylón<sup>1</sup>

### RESUMEN

OCHOA N, GÓMEZ O, BAYLÓN M. 2016. *Fitoplancton del estrecho de Bransfield e isla Elefante durante el verano austral 2006*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 58-63.- Durante el verano austral 2006, se estudió la distribución y estructura de la comunidad fitoplanctónica en el estrecho Bransfield y la isla Elefante. Las muestras de agua se tomaron con botella Niskin a diferentes profundidades. El análisis cuantitativo se realizó según el método de sedimentación de Utermöhl. Los valores integrados de densidad para la columna de agua de la superficie a 100 m de profundidad, mostraron valores mayores de  $300,000 \text{ cel} \times 10^3 \cdot \text{m}^{-2}$ . Las especies dominantes fueron: *Fragilariopsis* sp., *Thalassiosira antarctica*, *Pseudonitzschia prolongatoides*, *P. delicatissima* y *Porosira glacialis*. Verticalmente las mayores densidades se encontraron entre 0 y 30 m de profundidad. Con pocas excepciones el fitoplancton estuvo dominado por los microflagelados (78%), el segundo grupo en importancia fue el de las diatomeas (18%). Los valores del índice de diversidad fueron menores de 1,6 bits/cel. En el área de estudio el fitoplancton mostró alta homogeneidad evidenciada por alta similaridad entre muestras (90%).

PALABRAS CLAVE: Fitoplancton, estructura comunitaria, Antártida, distribución, diversidad

### ABSTRACT

OCHOA N, GÓMEZ O, BAYLÓN M. 2016. *Phytoplankton of Bransfield Strait and Elephant Island during austral summer of 2006*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 58-63.-The distribution and structure of the phytoplankton community in Bransfield Strait and Elephant Island were studied during Austral Summer of 2006. The seawater samples were collected using a Niskin bottle at different depths. The quantitative analysis was performed by the Utermöhl sedimentation method. The integrated values of density in the water column, from the surface to a depth of 100 m, were higher than  $300,000 \text{ cel} \times 10^3 \cdot \text{m}^{-2}$ . The dominant species were *Fragilariopsis* sp., *Thalassiosira antarctica*, *Pseudonitzschia prolongatoides*, *P. delicatissima* and *Porosira glacialis*. Vertically, the higher densities were recorded from surface to a depth of 30 m. With a few exceptions the phytoplankton was dominated by microflagellates (78%) while the diatoms were the second group in importance (18%). The diversity index values were lower than 1.6 bits/cel. In the evaluated area the phytoplankton showed a high homogeneity denoted by the high similarity among samples (90%).

KEYWORDS: Phytoplankton, community structure, Antarctica, distribution, diversity

## 1. INTRODUCCIÓN

La realización de la XVI Campaña Antártica en el verano Austral del 2006 entre el 6 y 13 de enero, a bordo del Buque de Investigación Científica Humboldt dentro del Proyecto COPEPOD I tuvo como objetivo principal estudiar la biología y ecología de las principales comunidades pelágicas del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, entre ellos investigar algunos aspectos de la producción primaria como es el caso de la biomasa fitoplanctónica que constituye el eslabón más importante de la cadena alimenticia del cual depende el krill que a su vez sustenta a todos los integrantes del ecosistema marino antártico.

En este trabajo se analiza la composición y distribución de la biomasa fitoplanctónica, del estrecho de Bransfield.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo se realizó del 6 al 13 de enero del 2006. Las muestras de agua de mar se tomaron con botellas Niskin en 1 estación fija y 12 estaciones (Fig. 1) a las profundidades de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 70 y 100 m, en 3 estaciones a 0 m, durante tres días y cada seis horas, obteniéndose 171 muestras.

Los análisis cuantitativos se hicieron según la técnica de sedimentación de Utermöhl (HASLE, 1978), los resultados se expresan en número de células por litro.

La diversidad fue calculada según la fórmula de SHANNON y WEAVER (1963):  $H' = -\sum (p_i \cdot \log_2 p_i)$  donde  $P_i = N/n_i$ ;  $N$  = abundancia total;  $n_i$  = abundancia relativa de cada especie.

<sup>†</sup> Dejó de existir en mayo 2015

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM

Antes de realizar el análisis de clasificación se integraron los valores de densidad celular de la columna de agua y se transformaron a  $\log(x+1)$  para aproximarlos a una distribución normal.

El análisis de clasificación jerárquica (cluster) se hizo en base a una matriz de similitud entre muestras, elaborada a partir de los índices de Bray-Curtis y expresado en un dendrograma usando el método de agrupamiento UPGMA aplicando el programa PRIMER.

La distribución espacial se graficó utilizando el programa de interpolación SURFER. Para la identificación de las especies fueron consultados los trabajos de SUNDSTRÖM 1986, PRIDDLE y FRYXELL 1985, MEDLIN y PRIDDLE 1990, HASLE et al. 1996, THRÖNDSSEN y HEIMDAL 1993, FRENGUELLI 1943, FRENGUELLI y ORLANDO 1958 para el grupo de diatomeas y, BALECH 1976 y SOURNIA et al. 1979 para los dinoflagelados.

### 3. RESULTADOS

#### DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON

La distribución de los valores integrados de las densidades en la columna de agua (Fig. 2) muestra que el fitoplancton total presenta mayor abundancia al norte del área estudiada (de 75.159 a 386.815x10<sup>3</sup>cel.m<sup>-2</sup>) y menores valores en la parte sur y la isla Elefante. Similar patrón de distribución presentan los microflagelados (de 8.607 a 322.065x10<sup>3</sup>cel.m<sup>-2</sup>), las diatomeas (de 5.895 a 76.729x10<sup>3</sup> cel.m<sup>-2</sup>) y los dinoflagelados (de 474 a 13.155x10<sup>3</sup>cel.m<sup>-2</sup>) disminuyendo hacia el sur. El grupo dominante en el área fue el de los microflagelados, seguidos de las diatomeas. Los dinoflagelados fueron frecuentes pero en bajas densidades.

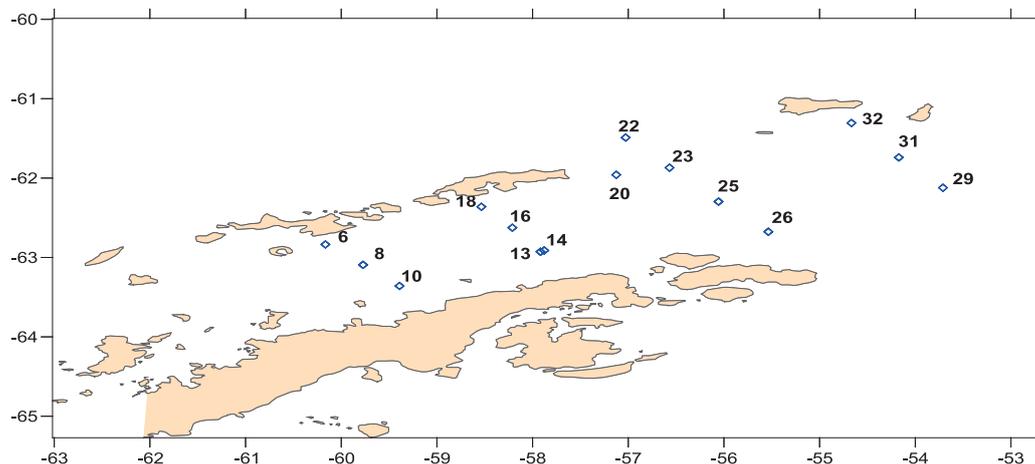


Figura 1.- Carta de posiciones (Expedición ANTAR XVI), 6-13 enero 2006

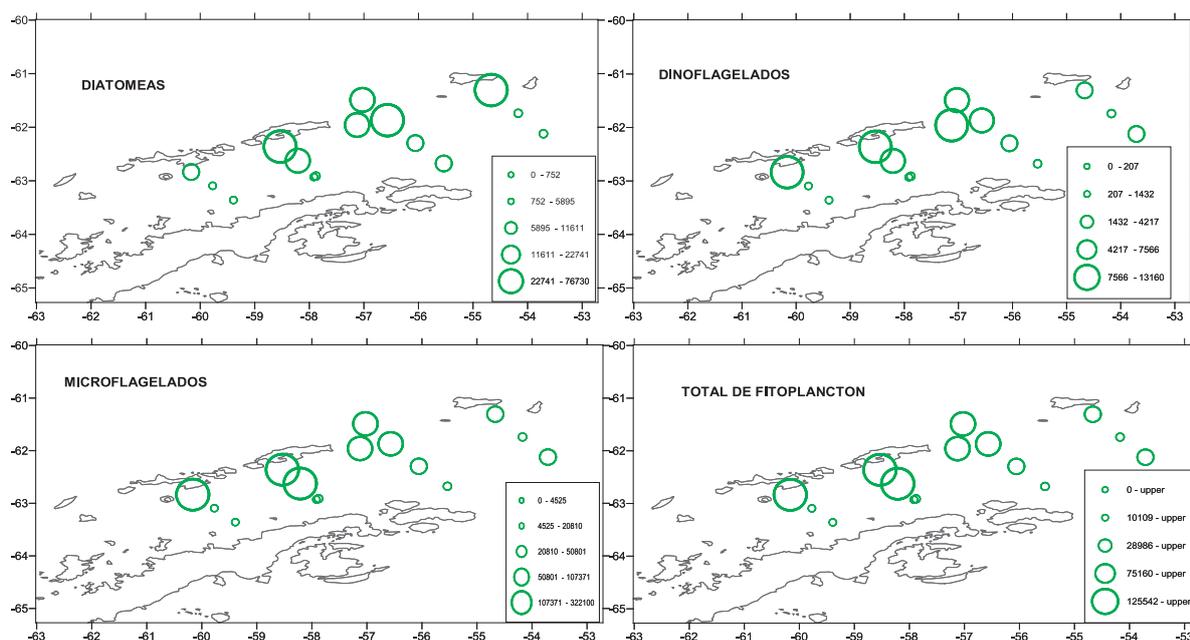


Figura 2.- Distribución de fitoplancton en la columna de agua, N° celx10<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

La distribución vertical del fitoplancton total (Figs. 3, 4, 5) muestra que mayores densidades se concentran arriba de los 30 m de profundidad con valores de  $131$  a  $24.672 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$  en la sección A, de  $86$  a  $2.807 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$  en la sección B y de  $127$  a  $2.897 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$  en la sección C. La distribución vertical tanto del fitoplancton como

de los diferentes componentes muestran valores altos cerca de la costa, en la subsuperficie en el transecto A y B, con excepción de las diatomeas que en el transecto B se distribuyen hasta la superficie. En el transecto C el fitoplancton y sus componentes son más abundantes en la superficie.

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA**

Se identificaron 101 taxa, 71 diatomeas, 27 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, además de un grupo de microflagelados desnudos que fueron agrupados bajo la denominación general de microflagelados. Numéricamente, el grupo más importante fue el de los microflagelados que representó el 79% del fitoplancton, seguido de diatomeas (17%) y dinoflagelados (4%) (Figs. 6, 7). Entre las diatomeas las especies más abundantes fueron *Fragilariopsis* sp., *Pseudonitzschia prolongatoides* y *Thalassiosira antarctica* y entre los dinoflagelados *Prorocentrum pelagicum*, *Gymnodinium* sp. y *Gyrodinium lachryma*.

En la superficie, la diversidad es baja con valores generalmente  $< 1,4$  bits/cel, el menor valor (0,3 bits/cel) se encontró en la estación 16, con clara dominancia de microflagelados. El mayor valor (1,4 bits cel.) se encontró en la estación 20. Verticalmente, la diversidad fue menor que 1,6 bits/cel (Figs. 8, 9).

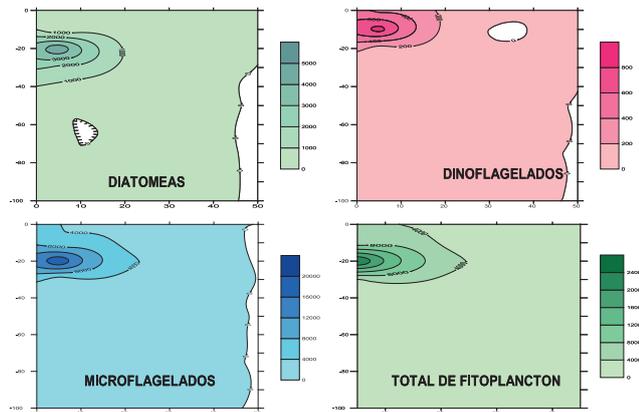


Figura 3.- Distribución vertical de fitoplancton y sus componentes principales en el transecto A ( $\text{N}^\circ \text{ cel} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$ )

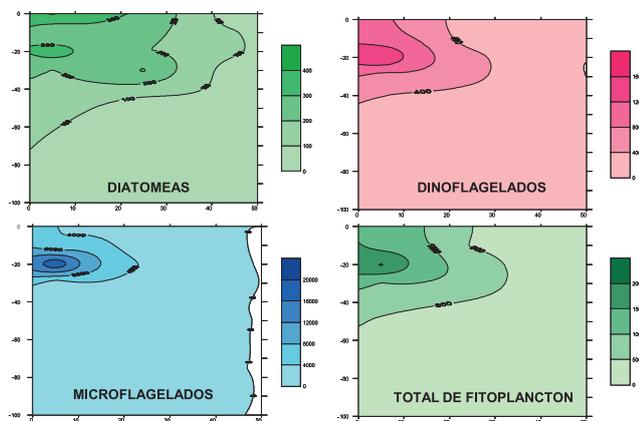


Figura 4.- Distribución vertical de fitoplancton y sus componentes principales en el transecto B ( $\text{N}^\circ \text{ cel} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$ )

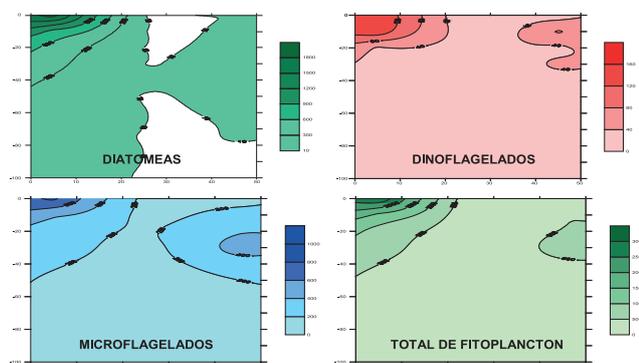


Figura 5.- Distribución vertical de fitoplancton y sus componentes principales en el transecto C ( $\text{N}^\circ \text{ cel} \times 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$ )

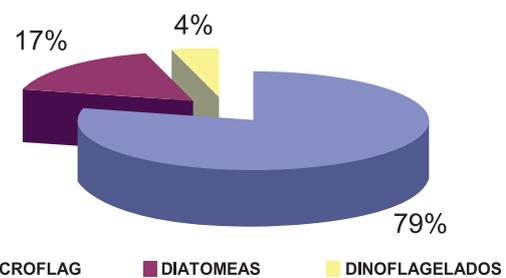


Figura 6.- Composición porcentual de fitoplancton en la columna de agua, estrecho de Bransfield

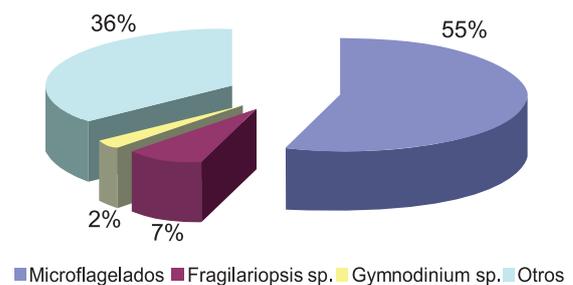


Figura 7.- Principales especies de fitoplancton (valores totales integrados en la columna de agua, estrecho de Bransfield)

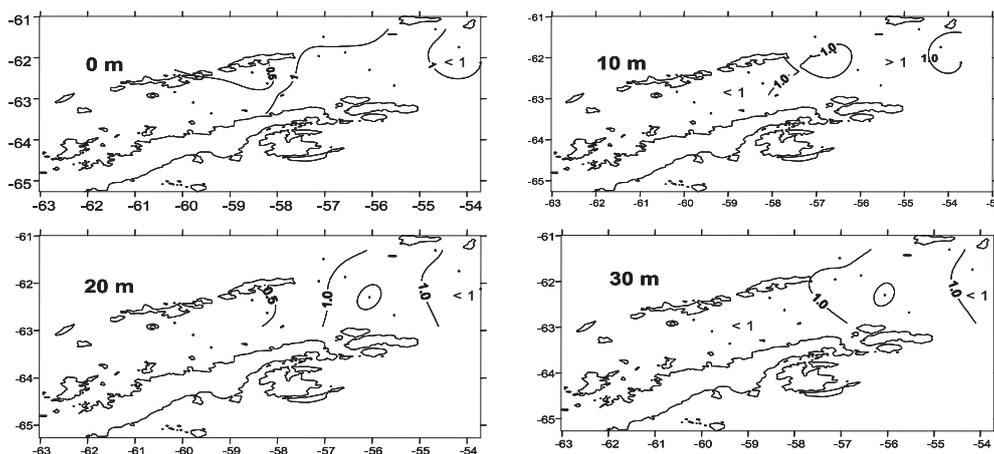


Figura 8.- Índice de diversidad (Bits/cel)

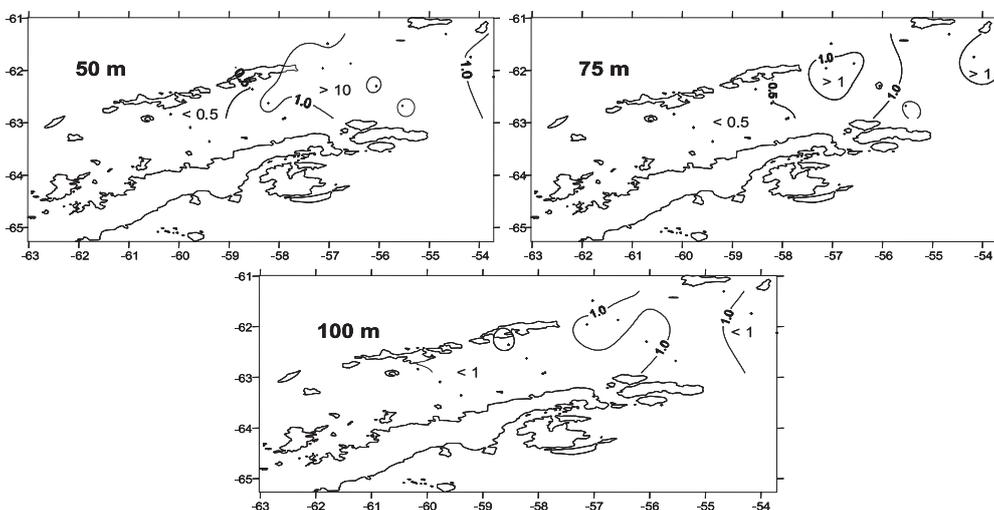


Figura 9.- Índice de diversidad (Bits/cel)

El análisis de clasificación (Fig. 10) indica alta homogeneidad de la comunidad fitoplanctónica (unión de todas las estaciones a un 90% de similaridad), no obstante se pueden discriminar 3 grupos, grupo A formado por las estaciones 26, 14 y 31; grupo B por las estaciones 6 y 18; grupo C por las estaciones 16, 20, 22, 23, 25, 29 y 32.

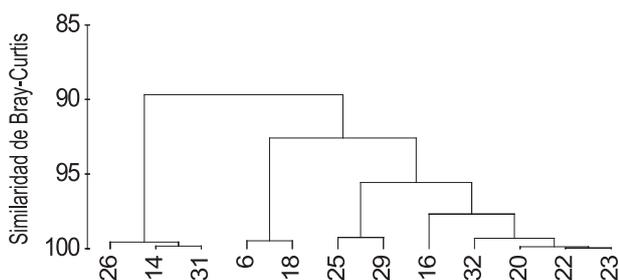


Figura 10.- Análisis de clasificación de los datos integrados de abundancia fitoplanctónica en el estrecho de Bransfield

## ISLA ELEFANTE

### Variación temporal a pequeña escala

En la estación fija se encontró que no hay una marcada variación temporal a pequeña escala ni en el total ni en los diferentes componentes (Fig. 11). Las mayores concentraciones se encuentran, en general, arriba de los 30 m. En el caso de las diatomeas y los microflagelados, las concentraciones máximas se registraron sobre los 10 m, debido a que en la antártica durante el verano austral la radiación solar es casi uniforme durante el día, con una pequeña penumbra en la noche.

La composición en esta área es diferente. Las diatomeas son el componente principal de 0 a 20 m de profundidad y los microflagelados de 30 a 100 m de profundidad.

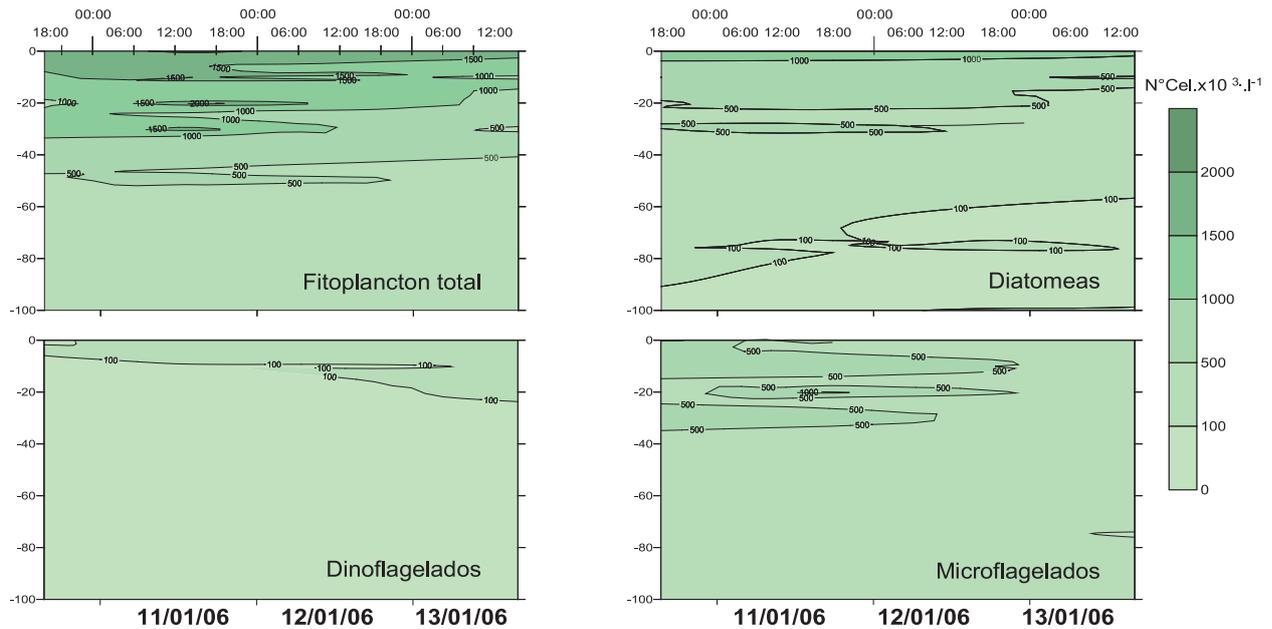


Figura 11.- Variación diaria de fitoplancton

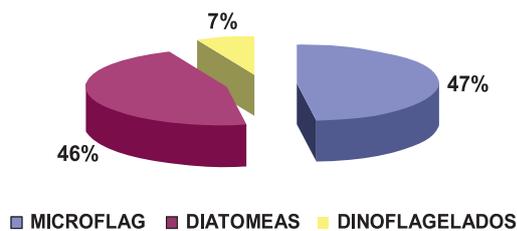


Figura 12.- Composición porcentual de fitoplancton en la columna de agua. Isla Elefante

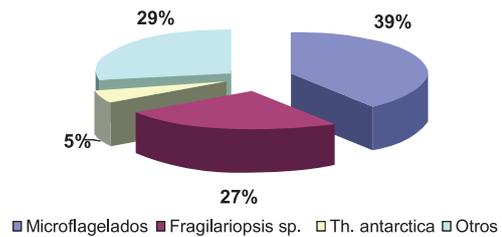


Figura 13.- Principales especies de fitoplancton (valores totales integrados en la columna de agua). Isla Elefante

Las especies principales fueron las diatomeas *P. prolongatoides*, *T. antarctica*, *Fragilariopsis* sp. y *P. delicatissima* y los dinoflagelados: *Pronoctiluca pelagica* y *Gymnodinium* sp. (Figs. 12, 13).

#### 4. DISCUSIÓN

En general, las mayores abundancias de fitoplancton en el área estudiada coinciden con temperaturas >0 °C, transparencias <9 m y salinidades <34,2 ups. Las máximas concentraciones se registraron en las estaciones 6 ( $25.219 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>) y 18 ( $24.673 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>) a 20 m de profundidad y estuvieron asociadas a temperaturas de 22 °C y salinidades de 33,9 ups, en ambos casos con dominancia de microflagelados.

Un factor importante que influye en la estructura del fitoplancton es el pastoreo del meso-y microzooplancton (VANUCCI y MANGONI 1999). Así mismo, URIBE (1982) indica que las bajas concentraciones de fitoplancton en la parte central del estrecho de Bransfield, no se deben a la escasez de nutrientes, que son abundantes

y homogéneamente distribuidos en el área, sino al pastoreo del krill. Lo mismo fue observado por LILLO y GUZMÁN 1982, quienes encontraron bajos valores de clorofila asociados a una gran concentración de nutrientes. Meyer y El-Sayed 1983, en BRANDINI y KUTNER 1986, trabajando con experimentos en laboratorio encontraron que *Euphausia superba* se alimenta principalmente de partículas mayores de 20 µm como diatomeas y ciliados microplañctónicos.

La distribución del fitoplancton hasta los 100 m de profundidad y la pequeña variación diaria se debe a la intensa radiación solar durante el verano austral que ingresa hasta esa profundidad y, a la ausencia del periodo de oscuridad en esta época del año.

Los factores que controlan la distribución del fitoplancton en aguas antárticas son, sobre todo, de tipo físico y se relacionan con la estabilidad de la columna de agua y su interacción con los valores de irradiancia y presencia y variabilidad de la cubierta de hielo (ESTRADA 1985).

Los organismos nano planctónicos en aguas antárticas son los mayores contribuyentes de la producción fitoplanctónica (PERRIN et al. 1987, DETMER y BATHMANN 1997). En este estudio y en 1999 (PINTO et al. 1999) el fitoplancton se caracterizó por estar constituido por una gran proporción de organismos del nanoplancton como fitoflagelados, pequeños dinoflagelados y pequeñas diatomeas como *Fragilariopsis* ofreciendo un aspecto típico de una fase final del florecimiento (ESTRADA 1985).

Sin embargo la diversidad específica fue baja, con valores generalmente menores de 1,6 bits/cel. Lo que significa que la comunidad fitoplanctónica se encuentra en un estado de activo desarrollo (MARGALEF 1972). La menor diversidad estuvo asociada a altas densidades de microflagelados.

La alta similaridad entre muestra, >90%, evidenció que la comunidad se encontró homogéneamente distribuida.

## 5. REFERENCIAS

- BALECH E. 1976. Clave Ilustrada de Dinoflagelados Antárticos. Publicación N°11. Instituto Antártico Argentino. Buenos Aires. 1-99.
- BRANDINI F, KUTNER M B. 1986. Composition and Distribution of Summer Phytoplankton in the Bransfield Strait, Antarctica. An. Acad. Cienc., 58 (Suplemento).
- DETMER A E, BATHMANN U V. 1997. Distribution patterns of autotrophic pico- and nanoplancton and their relative contribution to algal biomass during spring in the Atlantic sector of the Southern Ocean. Deep Sea Res. 44: 299-320.
- ESTRADA M. 1985. Biomasa y producción fitoplanctónica en el mar de Weddell y costas de la Península Antártica. Actas del Primer Simposio Español de Estudios Antárticos.: 175-188.
- FRENGUELLI J. 1943. Diatomeas de las Orcadas del Sur. Revista del Museo de la Plata Tomo V, Botánica N° 21. La Plata. Argentina.
- FRENGUELLI J, ORLANDO H. 1958. Diatomea y Silicoflagelados del sector Antártico Sud Americano. Publicación N° 5. Instituto Antártico Argentino. Buenos Aires.
- HASLE G R. 1978. The inverted-microscope method. En: (Ed. A. Sournia) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris, Oceanographic Methodology 6: 88-96.
- HASLE G, STEINDINGER K, SYVERTSEN E, TANGEN K. 1996. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Editor. Carmelo, R. Tomas. Academic Press, Inc. A Division of Harcourt Brace & Company. San Diego.
- LILLO S, GUZMÁN O. 1982. Estudio de la abundancia y comportamiento del Krill (*Euphausia superba*) aplicando técnicas hidroacústicas. Pub. Inst. Antártico. Chil. Ser. Cie. N° 28: 23-55.
- MARGALEF R. 1972. Regularidad de la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del Mar Caribe. Invest. Pesq. 26(2): 241-264.
- MEDLIN L, PRIDDLE J. 1990. Polar Marine Diatoms. British Antarctic Survey. Natural Environment Research Council.
- PERRIN R A, LU P, MARCHANT H J. 1987. Seasonal variation in marine phytoplankton and ice algae at a shallow Antarctic coastal site. Hydrobiologia 146: 33-46.
- PINTO G, AGUIRRE A, CALIXTO R. 1999. Estudio de la Línea base ambiental de la Ensenada Mackellar. CONCYTEC Inf. Actividades Cient. X Exp. Antar. Perú.
- PRIDDLE J, FRYXELL G. 1985. Handbook of the Common Plankton Diatoms of the Southern Ocean. Centrals except the Genus *Thalassiosira*. British Antarctic Survey. Natural Environment Research Council.
- SHANNON C, WEAVER W. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press Urbana. 125 pp.
- SOURNIA A, GRALL J R, JACQUES G. 1979. Diatomées et Dinoflagellés planctoniques d'une coupe méridienne dans le sud de l'océan Indien (campagne Antiprod I du Marion-Dufresne, mars 1977). Botanique Marina. Vol. XXII, pp. 183-198.
- SUNDSTRÖM B G. 1986. The Marine Diatom Genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Doctoral Dissertation, Lund University, Sweden. 117 pp, 39 plates.
- THRÖNDSSEN J, HEIMDAL B. 1993. Marine Phytoplankton. A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorid. Editor. Carmelo R. Thomas. Academic Press, Inc. A Division of Harcourt Brace & Company. San Diego.
- URIBE E. 1982. Influence of the phytoplankton and primary production of the Antarctic waters in relationship with the distribution and behavior of krill. INACH, Scientific Series 28: 147-163.
- VANUCCI S, MANGONI O. 1999. Pico and Nano phytoplankton Assemblages in a Sub Antarctic Ecosystem: The Strait of Magellan. Botanica Marina Vol. 42: 563-572.

# COMUNIDAD DEL ZOOPLANCTON ANTÁRTICO EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE: ENERO 2006. PERÚ ANTAR XVI

## ANTARCTIC ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND: JANUARY 2006. PERU ANTAR XVI

Noemí Ochoa<sup>†</sup>Jessica Bonicelli<sup>1</sup>Diana López<sup>2</sup>

### RESUMEN

OCHOA N, BONICELLI J, LÓPEZ D. 2016. Comunidad del zooplancton antártico en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante: Enero 2006. Perú ANTAR XVI. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 64-70.- Se realizaron dos análisis, uno espacial y otro temporal de la estructura comunitaria del zooplancton, basado en 44 muestras (22 para cada análisis) colectadas con red Bongo (300 y 500 micras) y arrastres oblicuos (0–200 m) en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, durante el crucero ANTAR XVI 0601 BIC/Humboldt. En el primer análisis, la abundancia total de zooplancton varió entre 485 y 8947 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 micras, y entre 33 y 8821 ind/1000 m<sup>3</sup> para la de 500 micras. Se obtuvo un total de 15 grupos, los copépodos fueron los más abundantes y frecuentes, seguidos de eufáusidos (*Thysanoessa* sp.) y quetognatos (*Eukhronia hamata*). Las salpas presentaron baja frecuencia (27,27%) y abundancia (33 ind/1000 m<sup>3</sup>), y se registraron 2 especies en el ictioplancton, *Nototheniops larseni* fue la más abundante y frecuente (36,36%) seguido de *Pleuragramma antarcticum* (27,27%). El volumen total fluctuó entre 1,10 y 39,73 mL/1000 m<sup>3</sup> (malla de 300 micras) y entre 0,04 y 33,82 mL/1000 m<sup>3</sup> (malla de 500 micras). Los valores de Diversidad (H') estuvieron entre 1,09 y 3,76 bits, y entre 0,93 y 3,19 bits para la malla de 300 y 500 micras. El primer análisis de comunidades resultó en la presencia de tres grupos: Grupo 3 ubicado al norte del estrecho de Bransfield, Grupo 2 al centro y Grupo 1 más cerca de la península Antártica y al Mar de Wedell. *Calanus propinquus* (Grupo 1: 54,01%), *Metridia gerlachei* (Grupo 2: 33,81%) y *C. propinquus* y *Ctenocalanus* sp. (Grupo 3: 43,04%) fueron las especies que más contribuyeron a tal agrupamiento. Se presentaron valores muy bajos en abundancia y volumen total de zooplancton, particularmente en las zonas costeras; copépodos y eufáusidos dominaron todo el área de estudio, con gran abundancia de pequeños copépodos (*M. gerlachei* y *Ctenocalanus* sp.). En el segundo análisis, se obtuvo un total de 11 grupos. La mayor abundancia, se encontró a las 00:14 y 04:04 horas. Los copépodos no mostraron ningún tipo de patrón en su distribución temporal dentro de los 200 m, a excepción de *M. gerlachei*, que se encontró en mayor abundancia a las 00:14. Los eufáusidos sólo se encontraron durante la noche, indicando que presentan una migración diaria a mayores profundidades.

PALABRAS CLAVE: Comunidad zooplanctónica, Antártida

### ABSTRACT

OCHOA N, BONICELLI J, LÓPEZ D. 2016. Antarctic zooplankton community in the Bransfield Strait and Elephant Island: January 2006. Peru ANTAR XVI. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 64-70.-Two analyzes, one spatial and other temporal zooplankton community structure, from 44 samples (22 for each analysis) collected with Bongo net (300 and 500 µm mesh) and oblique tows (0-200 m), were carried out in the Strait Bransfield and around Elephant Island during the cruise ANTAR XVI 0601 BIC Humboldt. In the first analysis, the total zooplankton abundance showed values between 485 and 8947 ind/1000 m<sup>3</sup> for 300 µm mesh, and between 33 and 8821 ind/1000 m<sup>3</sup> for 500 µm mesh. A total of 15 groups were identified and Copepods were the most abundant and frequent, followed by Euphausiids (*Thysanoessa* sp.) and Chaetognaths (*Eukhronia hamata*). Salps showed low frequencies (27.27%) and abundance (33 ind/1000 m<sup>3</sup>). Also, two species were recorded in the ichthyoplankton, *Nototheniops larseni*, that was the most abundant and frequent (36.36%) than *Pleuragramma antarcticum* (27.27%). Total volumes fluctuated between 1.10 and 39.73 mL/1000 m<sup>3</sup>, and between 0.04 and 33.82 mL/1000 m<sup>3</sup> for 300 µm and 500 µm mesh, respectively. Diversity (H') values ranged from 1.09 to 3.76 bits, and from 0.93 and 3.19 bits to 300 µm and 500 µm mesh. Community analysis showed three biologically established groups. Group 3 was located north of the Bransfield Strait, Group 2 was in the center and the Group 1 closer to the Antarctic Peninsula and Weddell Sea. *Calanus propinquus* (Group 1: 54.01%), *Metridia gerlachei* (Group 2: 33.81%) and *C. propinquus* and *Ctenocalanus* sp. (Group 3: 43.04%) were the major contributors to this grouping. Finally, total values of zooplankton abundance and volumes were recorded, especially in coastal areas, and copepods and euphausiids dominated throughout the study area, with high abundance of small copepods (*M. gerlachei* and *Ctenocalanus* sp.). In the second analysis, a total of 11 groups was obtained. The highest abundance was found at 00:14 and 4:04 pm. Copepods not show any pattern in their timing within 200 meters, except for *M. gerlachei*, with higher abundance at 00:14. Euphausiids were only found overnight, indicating a daily migration to greater depths.

KEYWORDS: Zooplankton community, Antarctic

† Dejó de existir en mayo 2015

1 Laboratorio de Zooplancton-IMARPE

2 Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM

### 1. INTRODUCCIÓN

El zooplancton cumple un rol importante dentro del ecosistema marino al constituirse como consumidor primario y por consiguiente el principal responsable de la producción secundaria del mar. Una de las especies fundamentales de este ecosistema es *Euphausia superba* más conocida como krill, dada su abundancia y el nivel que ocupa en la cadena trófica, habiendo sido intensamente estudiada en algunos aspectos por diversas expediciones realizadas por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) en el estrecho de Bransfield en los últimos veinte años. Para conocer el comportamiento de esta especie, es necesario entender la dinámica tanto espacial como temporal de los otros componentes de zooplancton, que de una u otra forma influyen en ella al ser componentes de su dieta.

Con este trabajo se da a conocer la abundancia, diversidad y distribución espacial de las comunidades zooplanctónicas en el estrecho de Bransfield, y su variación temporal en un punto cercano a la isla Elefante. Este trabajo contó con el apoyo del Instituto Antártico Peruano (INANPE) dentro del proyecto COPEPOD I.

### 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Entre el 6 y el 13 de enero 2006, se llevó a cabo muestreos para determinar la distribución espacial de las comunidades zooplanctónicas en el estrecho de Bransfield, entre la península Antártica y las islas Shetland del Sur y un experimento para analizar su distribución temporal entre las islas.

**Islas Clarence y Elefante** (Fig. 1).- El experimento consistió en un transecto en forma de ocho en un área

de 36 mn<sup>2</sup> donde se realizaron 10 repeticiones, uno cada tres horas aproximadamente. Fueron colectadas 22 muestras para cada análisis (distribución espacial y temporal). Se realizaron arrastres oblicuos desde 200 m de profundidad hasta la superficie utilizando una red bongo con mallas de 300 y 500 micras de abertura, operada con barco en movimiento a 3 nudos. Se utilizaron dos flujómetros; un General Oceanic y un Hidrobyos. Las muestras fueron fijadas y preservadas con formalina al 2%. Este análisis se realizó en el laboratorio de Ecología Acuática de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Algunos grupos como los copépodos, eufáusidos, anfípodos y quetognatos se determinaron hasta el nivel de especie, y el resto hasta grupo, género o familia; para ello se tomaron las referencias de BOLTOVSKOY 1981 y KELLERMAN 1990. Además, se determinaron los estadios de las especies más relevantes de copépodos y del eufáusido *Euphausia superba*. Los volúmenes de zooplancton se obtuvieron utilizando el Método de Desplazamiento de Yashnov (1959) y modificado por Robertson (1970). La abundancia y el volumen de los organismos se expresaron en número de individuos/1000 m<sup>3</sup> y mL/1000 m<sup>3</sup>.

Con el programa Surfer 8, se hicieron mapas de distribución de las estaciones, volúmenes y abundancias. Además, con el programa Excel se hicieron gráficos para relacionar algunas variables. Para el análisis de diversidad, se utilizó el índice de Shannon-Weaver (H') sumándose todos los estadios por especie. Para el análisis de comunidades se utilizó el programa Primer 5 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research).

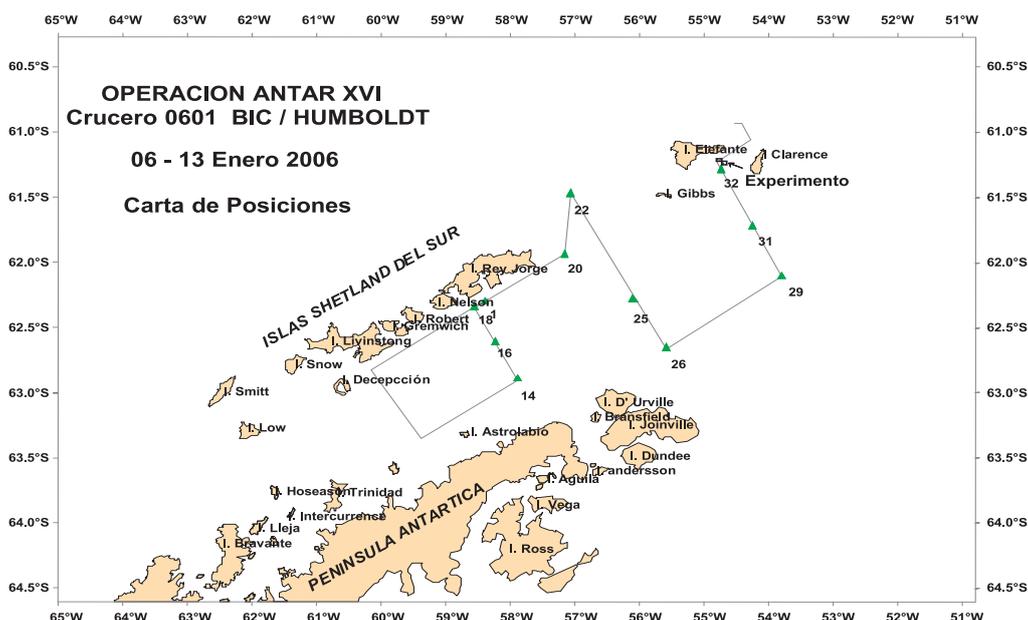


Figura 1.- Carta de posiciones (Expedición ANTAR XVI) 6-13 enero 2006

Para la estandarización de los datos se utilizó la transformación de raíz cuadrada. Se obtuvo el índice de similaridad de Bray Curtis y el ordenamiento de las muestras se efectuó mediante el análisis de conglomerados (Cluster) para estudiar la afinidad entre las especies del zooplancton y las estaciones.

Se realizó el análisis MDS (Non-metric multidimensional scalling) y se determinó arbitrariamente el agrupamiento de las estaciones. Con este agrupamiento se realizaron los análisis de ANOSIM y SIMPER, para determinar la significancia de las diferencias entre los grupos y para identificar las especies que más contribuyeron en la similaridad dentro de los grupos. Se realizó el mismo procedimiento tomando en cuenta todos los estadios de copépodos y eufáusidos, para saber cómo los estadios de las especies alteran los patrones básicos de distribución, que resultaron del análisis inicial.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES ZOOPLANCTÓNICAS EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD

##### Abundancia total de zooplancton

Se obtuvo 15 grupos, de los cuales los copépodos fueron los más abundantes y frecuentes seguido por los eufáusidos y quetognatos (Fig. 2).

Las abundancias de zooplancton presentaron valores entre 485 ind/1000 m<sup>3</sup> y 8947 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 µ y, entre 33 ind/1000 m<sup>3</sup> y 8821 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 500 µ (Figs. 3, 4). Las abundancias más altas se distribuyeron en la zona centro del estrecho, entre las islas Rey Jorge y Elefante y próximas a esta última.

#### Copépodos

Se encontraron 21 especies, de las cuales, las más relevantes tanto por su abundancia como por su frecuencia fueron *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, *Metridia gerlachei*, *Ctenocalanus* sp., *Oithona frigida*, *Rhincalanus gigas* y *Euchaeta antarctica*. Dentro de este grupo la especie más abundante fue *M. gerlachei*, determinando el volumen en algunas estaciones (estaciones 31, 32, 39). Los adultos de las especies antes mencionadas fueron más abundantes que sus copepoditos (estadios I, II, III, IV y V) con excepción de *E. antarctica*, que al igual que *C. acutus*, presentó valores altos de abundancia en sus estadios II y III.

El estadio I de *R. gigas* y *C. acutus* no se encontró en ninguna estación, debido a que el pico de desove para estas dos especies ocurrió en meses anteriores. Algunas especies de copépodos como *Ctenocalanus* sp. y *R. gigas* presentaron los valores más altos de abundancia en la zona norte del estrecho y cerca de la isla Elefante

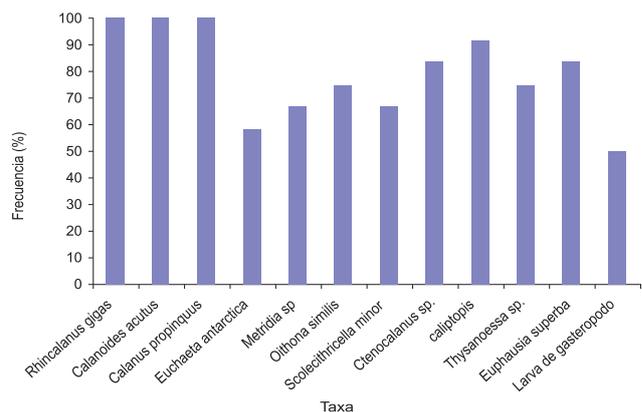


Figura 2.- Taxa con frecuencias mayores a 50%

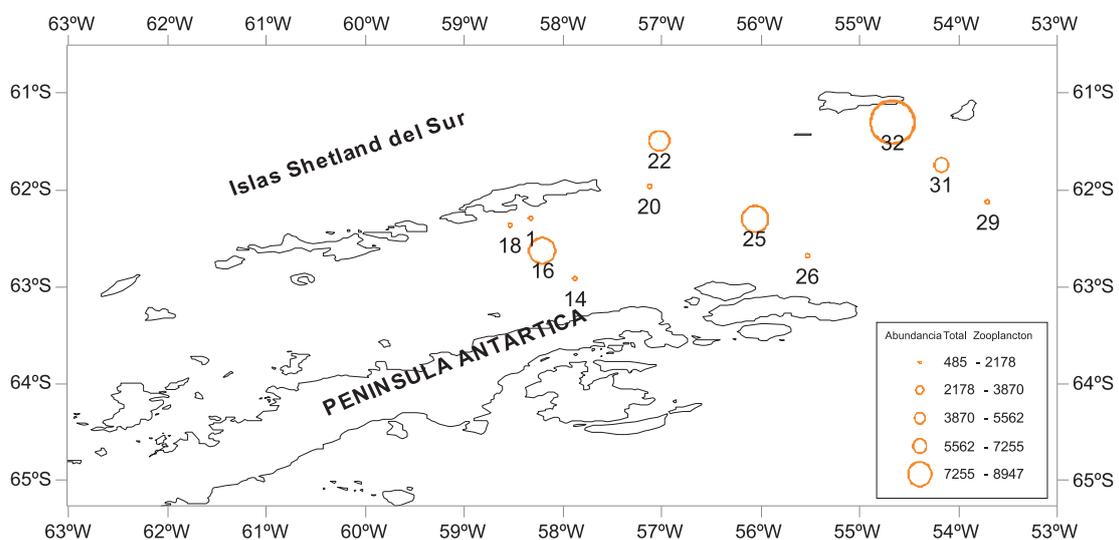


Figura 3.- Distribución de abundancia del zooplancton antártico (ind/1000 m<sup>3</sup>) (Bongo 300 µ)

coincidiendo con los valores de temperaturas y fitoplancton más elevados. Por otro lado, se obtuvieron algunos copépodos como *C. propinquus* y *C. acutus* que presentaron una distribución más amplia y también alta abundancia en esa zona; sin embargo, resultaron ser abundantes en las estaciones próximas a la península antártica, donde las temperaturas fueron menores a 0 °C. Finalmente, la especie *M. gerlachei*, mostró altos valores de abundancia en la zona centro del estrecho y cerca de la isla Elefante, coincidiendo con las abundancias más altas de zooplancton (Fig. 5). *E. antarctica* también mostró la misma distribución pero en menor abundancia (Fig. 6).

### Salpas

A comparación de otras expediciones (JURADO y CARDOSO 1988) las salpas presentaron bajas frecuencias (27,27%) y abundancias (33 ind/1000 m<sup>3</sup>), encontrándose solo en las estaciones 1, 18 y 22, cerca de la isla Rey Jorge y entre ésta y la isla Elefante donde las temperaturas oscilaron entre 1,5 °C y 2 °C.

### Eufáusidos

Para los eufáusidos sólo se encontraron tres especies, resultando *Thysanoessa* sp. la más abundante (949 ind/1000 m<sup>3</sup>, malla de 300 µ) y frecuente (81,82%). A comparación de esta especie, *E. superba* no mostró altas abundancias y frecuencias (Fig. 7), pero esto no quiere decir que su abundancia en la zona haya sido baja, ya que esta estimación no es confiable debido a que sólo se procesaron datos obtenidos mediante la red de zooplancton y estos individuos tienden a evadir dichas redes, además, debido a su distribución en parches, es necesario aplicar otro tipo de muestreo. Por lo tanto, para completar la información obtenida mediante el análisis de muestras provenientes de redes de plancton, es necesario relacionarla con los datos acústicos y así poder obtener resultados más confiables.

### Quetognatos

*Eukhronia hamata* fue la especie más abundante (1006 ind/1000 m<sup>3</sup>), también se encontraron las especies *Sagitta gazellae* y *Sagitta* sp., pero en abundancias menores. *E. hamata* se distribuyó cerca de la isla Elefante, entre ésta y la isla Rey Jorge y cerca al mar de Wedell (Fig. 8).

### Ictioplancton

Sólo dos especies de la familia Notothenidae *Nototheniops larseni*, *Pleuragramma antarcticum*, que presentaron bajos valores de abundancia y frecuencia.

### Volumen de zooplancton

El volumen de zooplancton presentó valores entre 1,10 mL/1000 m<sup>3</sup> y 39,73 mL/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 µ y entre 0,04 mL/1000 m<sup>3</sup> y 33,82 mL/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 500 µ (Figs. 9, 10).

En algunas estaciones, como la 14 ubicada cerca de la península Antártica, el volumen fue más alto que la abundancia. Indicando que en esta estación se hallaron organismos de mayor tamaño como *Euphausia superba* y otros eufáusidos como *Thysanoessa* sp. (Fig. 11).

### Diversidad del zooplancton

Los valores de diversidad (H') de zooplancton estuvieron entre 1,09 y 3,76 bits para la malla de 300 µ (Fig. 12) y entre 0,93 y 3,19 bits para la malla de 500 µ (Fig. 13).

Las comunidades zooplanctónicas menos diversas se distribuyeron en la zona centro del estrecho y cerca de la península Antártica. Los valores más altos se encontraron cerca de las islas Elefante y Rey Jorge y en tres estaciones próximas al mar de Weddell.

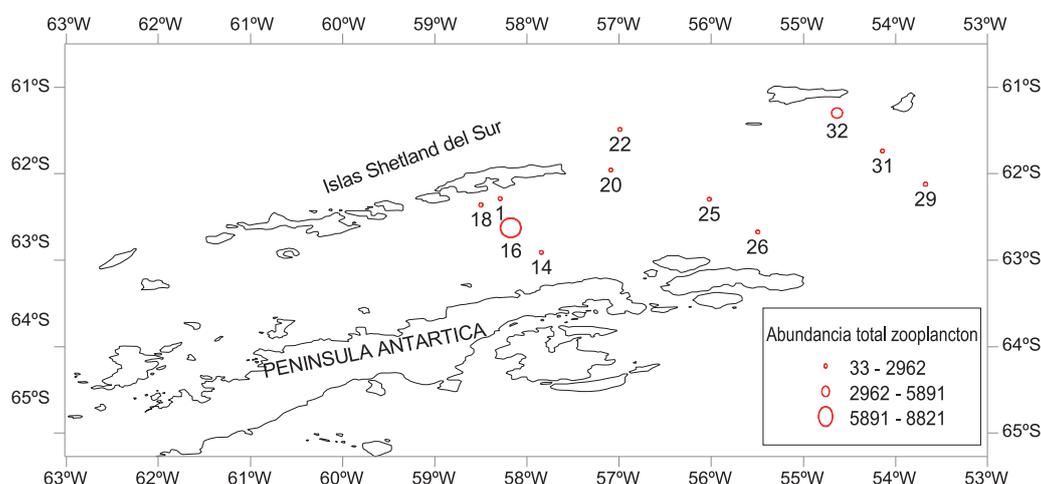


Figura 4.- Distribución de abundancia total del zooplancton antártico en ind/1000m<sup>3</sup>. (Bongo 500 µ)

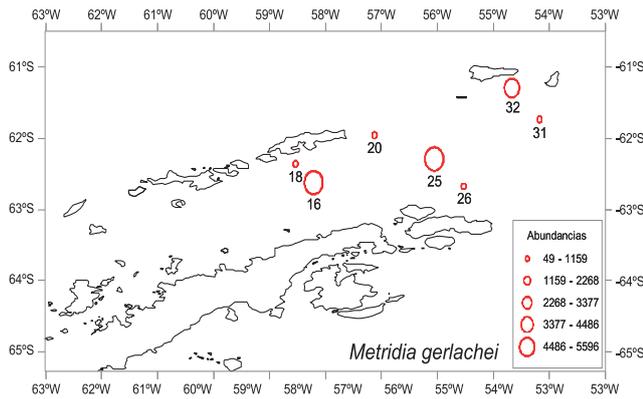


Figura 5.- Distribución de abundancia de *Metridia gerlachei* (ind/1000 m<sup>3</sup>) (Bongo 300 µ)

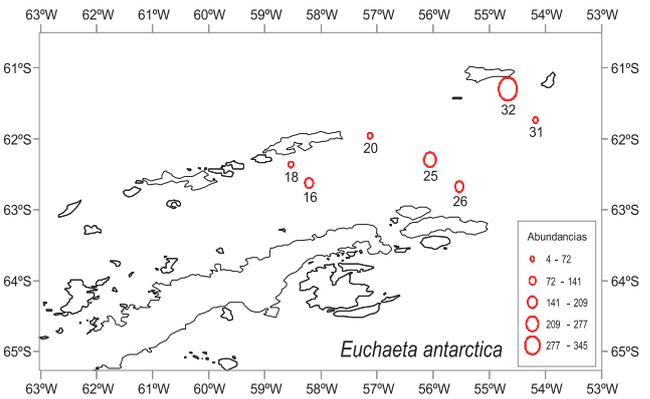


Figura 6.- Distribución de abundancia de *Euchaeta antarctica* (ind/1000 m<sup>3</sup>) (Bongo 300µ)

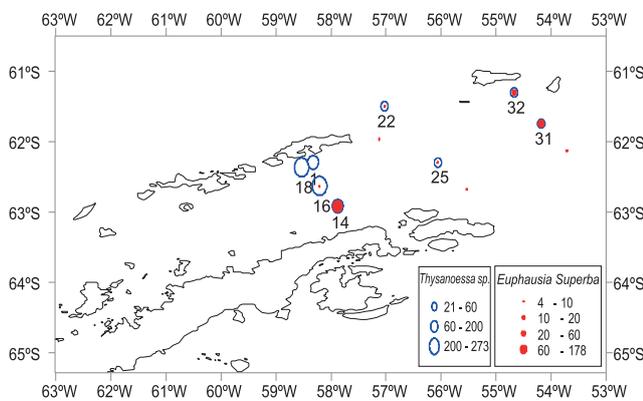


Figura 7.- Distribución de abundancias totales de 2 especies de eufáusidos en N° ind/1000 m<sup>3</sup> (Bongo 300µ)

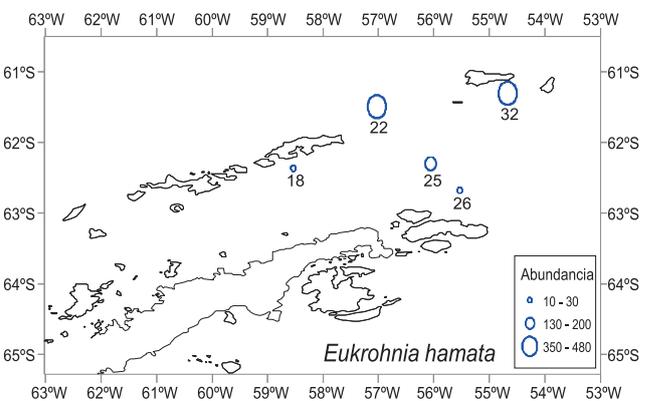


Figura 8.- Distribución de abundancia de *Eukrohnia hamata* (N° ind/1000 m<sup>3</sup>) (Bongo 300 µ)

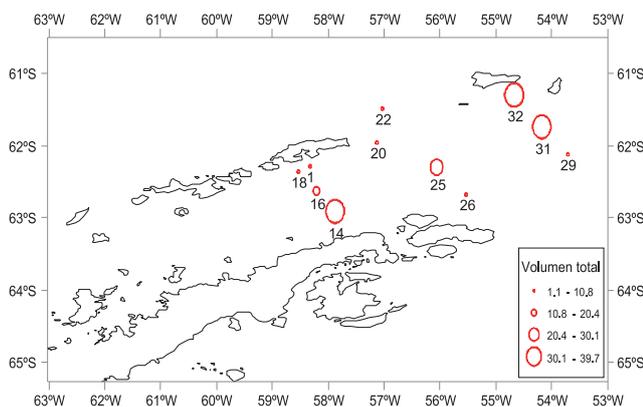


Figura 9.- Distribución de volúmenes de zooplancton (mL/1000 m<sup>3</sup>) (Bongo 300 µ)

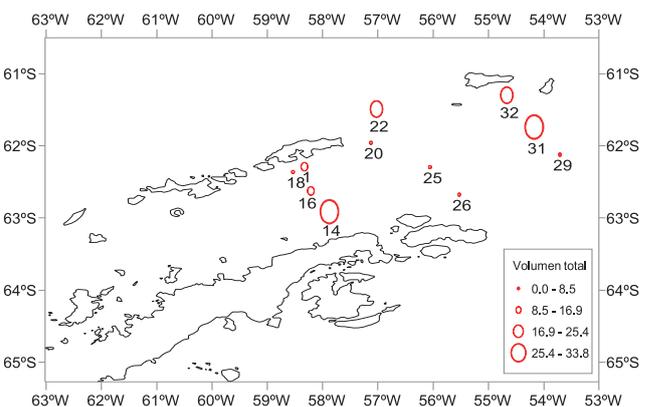


Figura 10.- Distribución de volúmenes de zooplancton (mL/1000 m<sup>3</sup>) (Bongo 500 µ)

### Análisis de comunidad

Se diferenciaron biológicamente tres grupos con los datos totalizados por especie, tanto para la malla de 300 µ (Fig. 14) como para la malla de 500 µ (Fig. 15).

Se analizaron los datos provenientes de la malla de 300 micras y los totales por especie, donde *C. propinquus* (Grupo 1: 54,01%), *M. gerlachei* (Grupo 2: 33,81%) y *C.*

*propinquus* y *Ctenocalanus* sp. (Grupo 3: 43,04%) fueron las especies que más contribuyeron al agrupamiento de las muestras. Estos grupos se distribuyeron de norte a sur; el Grupo 3 estuvo ubicado al norte del estrecho de Bransfield, el Grupo 2 al centro y el Grupo 1 más cerca de la península Antártica y del mar de Weddell, y asociados a una gradiente descendente de temperatura de norte a sur.

Al comparar los análisis, realizados con los totales y con los estadios por especie, de MDS y SIMPER, se pudo observar que el adulto de la especie *M. gerlachei* tuvo una distribución más amplia en toda el área de muestreo, a comparación de los estadios menores que fueron localizados en el centro y

cerca de la isla elefante. También se encontró que el adulto del eufáusido *Thysanoessa* sp. tuvo una distribución restringida, dentro del estrecho, cerca de las costas de la península Antártica e isla Rey Jorge. Se presentaron valores muy bajos de volúmenes y abundancia total de zooplancton, particularmente en las zonas costeras (Schloss et al. 1997), y copépodos y eufáusidos dominaron el zooplancton en todo el área de estudio, con gran abundancia de pequeños copépodos (*M. gerlachei* y *Ctenocalanus* sp.).

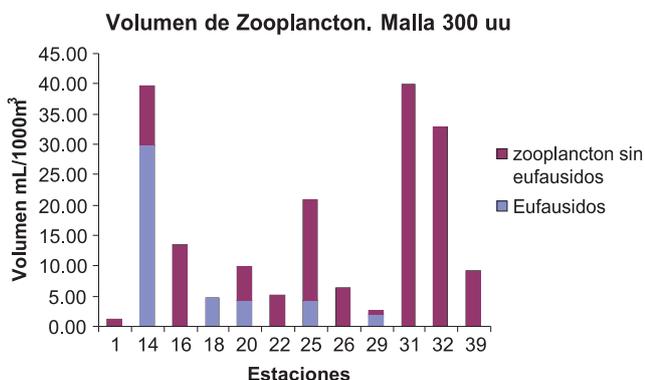


Figura 11.- Volúmenes de zooplancton. ANTAR XVI. 6-13 enero 2006

### EXPERIMENTO EN ISLA ELEFANTE

Se obtuvo 11 grupos de los cuales los copépodos fueron los más abundantes y frecuentes seguido por los eufáusidos y quetognatos. La abundancia de zooplancton presentó valores entre 32 ind/1000 m³ y 16460 ind/1000 m³ para la malla de 300 μ y entre 845 ind/m³ y 11408 ind/m³ para la malla de 500 μ (Fig. 16).

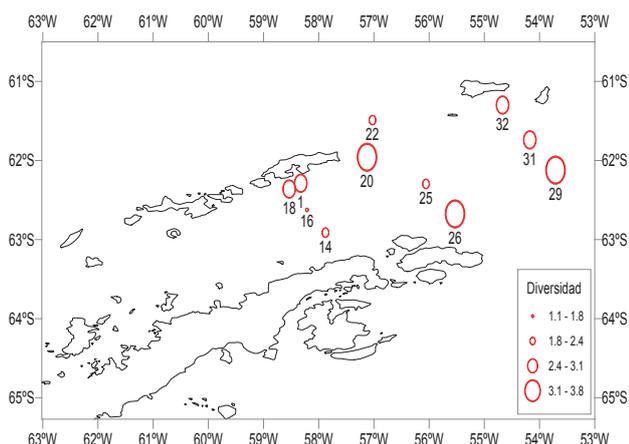


Figura 12.- Distribución de la diversidad de zooplancton en bits (Bongo 300μ)

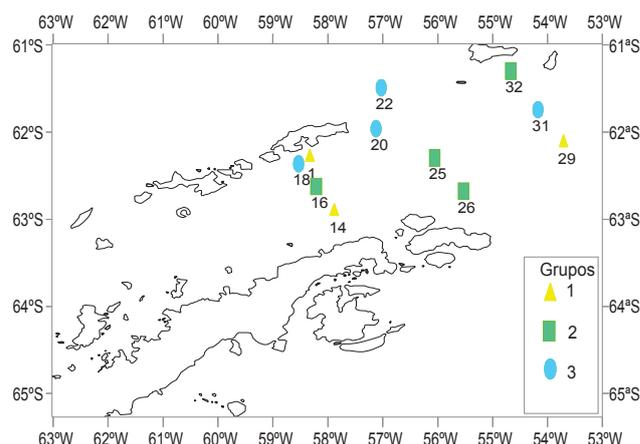


Figura 14.- Distribución de MDS (Bongo 300 μ)

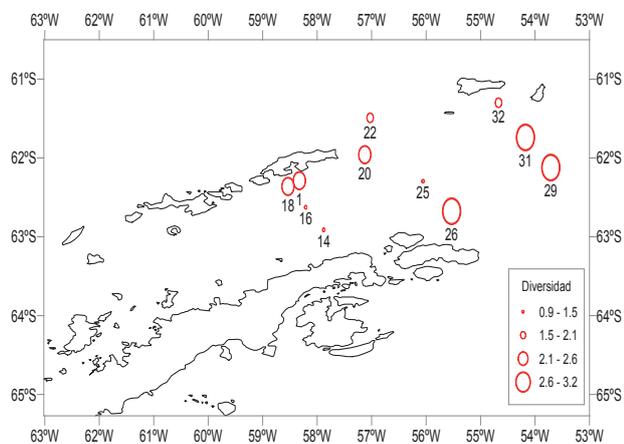


Figura 13.- Distribución de la diversidad de zooplancton en bits (Bongo 500 μ)

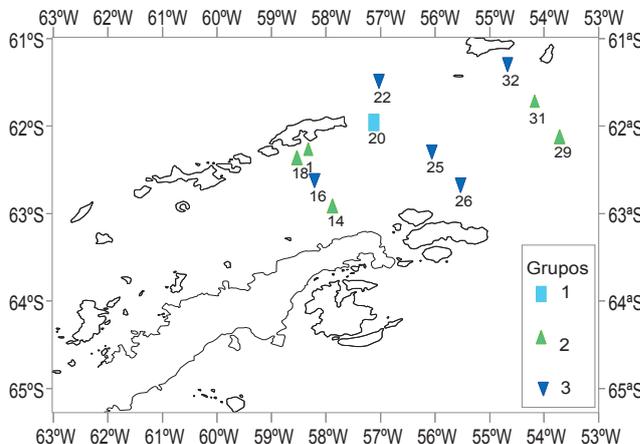


Figura 15.- Distribución de MDS (Bongo 500 μ)

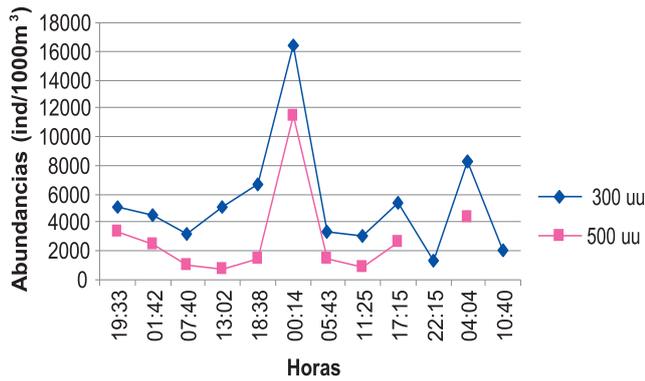


Figura 16.- Análisis temporal de abundancia de zooplancton

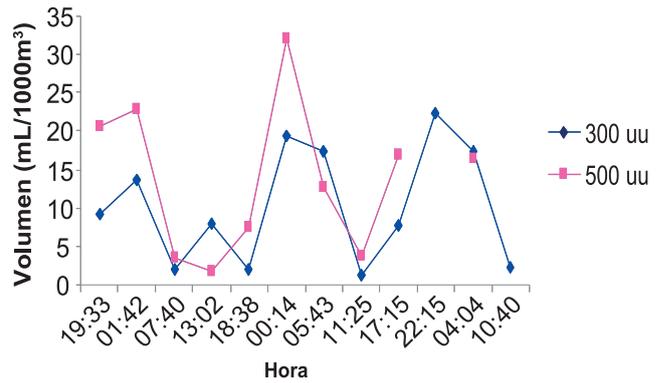


Figura 17.- Análisis temporal de volúmenes de zooplancton

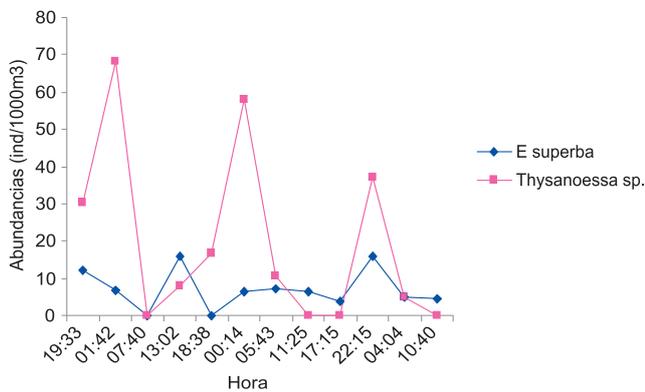


Figura 18.- Análisis temporal de volúmenes de eufáusidos (Bongo 300  $\mu$ )

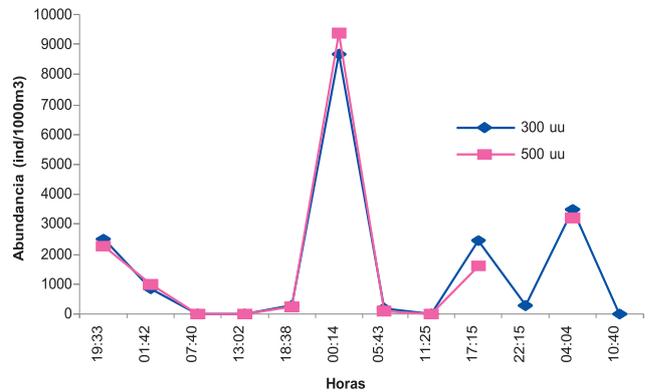


Figura 19.- Análisis temporal de los volúmenes de *Metridia gerlachei*

La mayor abundancia de zooplancton se encontró entre las 00:14 y las 04:04 horas, el volumen estuvo de acuerdo con la abundancia (Fig. 17) en la mayoría de las estaciones; sólo en las estaciones que fueron tomadas a las 1:42 y 22:15 horas, no coincidieron, resultando el volumen con mayor valor que la abundancia, debido a que ahí se encontró mayor cantidad de eufáusidos, los que determinaron el volumen para esas estaciones (Fig. 18).

Las especies más relevantes de copépodos tanto por su frecuencia como por su abundancia no difirieron a las que se encontraron en el estrecho de Bransfield. Estas especies no mostraron ningún tipo de patrón en su distribución temporal, a excepción de *M. gerlachei*, que se encontró en alta abundancia dentro de los 200 m a las 00:14 (Fig. 19), coincidiendo con la hora en la que se halló la mayor abundancia de zooplancton. Sin embargo, los eufáusidos solo se encontraron en la noche dentro de la columna de 200 m, ya que estos organismos sí presentan una migración diaria a mayores profundidades, a comparación de los copépodos que más bien tienen migración diaria dentro de los 200 m de la columna de agua, la cual resultaría imposible apreciar en este muestreo. Esto no indica que solo se distribuyan dentro de los 200 m ya que ha sido reportado que la especie *Calanoides acutus* puede migrar más allá de los 500 m pero estacionalmente (SHREEVE et al. 2005, ATKINSON et al. 1997).

#### 4. REFERENCIAS

ATKINSON A, SCHNACK-SCHIEL S B, WARD P, MARIN V. 1997. Regional differences in the life cycle of *Calanoides acutus* (Copepod: Calanoides) within the Atlantic sector of the Southern Ocean. Mar Ecol Prog Series 150: 99-111.

BOLTOVSKOY D. (ed). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino.

JURADO E, CARDOSO F. 1988. The salps in the Bransfield strait during southern summer of 1988. En Scientific Report of first Peruvian Expedition to Antarctic. National Commission of Antarctic Research: 193-204.

KELLERMAN A. 1990. Catalogue of early life stages of Antarctic Notothenidae fishes. En: A. Kellerman (Ed: Identification key and catalogue of larval Antarctic Fishes).

SCHLOSS I, KLÖSER H, FERREYRA G A, MERCURI G, PINOLA E. 1997. Factors governing phytoplankton and particulate matter variation in Potter Cove, King George Island. Antarctica: 135-141. En B. Battaglia, J. Valencia, y D. W. H. Walton, eds. Antarctic Communities. Cambridge University Press.

SHREEVE R S, TARLING G A, ATKINSON A, WARD P, GOSS A, WATKINS J. 2005. Relative production of *Calanoides acutus* (Copepod: Calanoida) and *Euphausia superba* (Antarctic Krill) at South Georgia, and its implications at wider scales. Mar Ecol. Prog Series 298: 229-239.

# AVES Y MAMÍFEROS MARINOS ANTÁRTICOS RELACIONADOS CON LA BIOMASA DE KRILL *Euphausia superba*, ESTRECHO DE BRANSFIELD E ISLA ELEFANTE

## ANTARCTIC SEABIRDS AND MARINE MAMMALS RELATED TO KRILL BIOMASS *Euphausia superba*, BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND

Luis Alza<sup>1</sup>Francis Van Oordt<sup>1</sup>Gisella Yataco<sup>1</sup>

### RESUMEN

ALZA L, VAN OORDT F, YATACO G. 2016. *Aves y mamíferos marinos antárticos relacionados con la biomasa de krill Euphausia superba, estrecho de Bransfield e isla Elefante. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 71-75.*- Se realizaron observaciones de aves y mamíferos marinos en el estrecho de Bransfield y alrededores de las islas Piloto Pardo, en enero de 2006, durante la XVI expedición del Perú en la Antártida. Se identificaron 17 especies de aves marinas y 7 especies de mamíferos marinos; estas observaciones fueron agrupadas en UBM (0,25 mn) teniendo un total de 636 UBM. Los avistamientos de aves y mamíferos marinos se analizaron en relación a la presencia y biomasa de su principal presa, el krill (*Euphausia superba*). De las especies de aves y mamíferos registradas, se observó que 7 especies de aves y 2 de mamíferos mostraron una asociación significativa con la presencia de krill. Se encontraron diferencias altamente significativas en la media de la abundancia de aves entre las UBM donde se registró y no se registró krill. Al comparar la media de biomasa de krill por UBM entre las diferentes variables consideradas para las aves no se encontraron diferencias significativas. Utilizando una clasificación arbitraria de la biomasa de krill, se observó que las variables: número de aves, Oceanitidae y *Fulmarus glacialoides* presentaron una asociación con la categoría muy disperso y disperso de la clasificación de krill. Los resultados encontrados muestran que la familia Spheniscidae, el *Pygoscelis antarctica* y *Fulmarus glacialoides*, serían buenos indicadores de la presencia de krill; la familia Oceanitidae no sería buena indicadora. En el caso de los mamíferos marinos debido al número reducido de avistamientos las pruebas no mostraron diferencias significativas.

PALABRAS CLAVE: Aves marinas, krill, disponibilidad, abundancia, ecología de forrajeo

### ABSTRACT

ALZA L, VAN OORDT F, YATACO G. 2016. *Antarctic seabirds and marine mammals related to krill biomass Euphausia superba, Bransfield Strait and Elephant Island. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 71-75.*- During the XVI Peruvian Antarctic Expedition on summer of 2006 seabirds and marine mammals observations were conducted at the Bransfield Strait and around the Piloto Pardo Islands. 17 species of seabirds and 7 species of marine mammals were identified. The Sampling Basic Unit (SBU) was 0.25 nm, having at the end of the track, a number of 636 SBU. Seabirds and marine mammals' observations were analyzed in relation to the presence and biomass of its main prey, krill (*Euphausia superba*). Seven species of seabirds and two species of mammals showed a significant association between its presence and krill. There were found highly significant differences in the seabirds abundance mean between the SBU's that presented krill and the SBU that did not present it. On the other side, when comparing krill's biomass mean per SBU with seabirds no difference was found. Results indicate that the *Pygoscelis antarctica*, *Fulmarus glacialoides* and Spheniscidae family could be considered good indicators of the presence of krill. Due to the few marine mammals observations conducted during the expedition, no significant differences were found.

KEYWORDS: Marine birds, krill, availability, abundance, foraging ecology

## 1. INTRODUCCIÓN

La distribución y abundancia de organismos son afectadas por comportamientos como la selección de hábitat, alimentación, y reproducción. (ALONZO et al. 2003). Entre estos, es ampliamente reconocido que la disponibilidad de alimento en el medio es el principal factor (SAFINA y BURGER 1988), por lo que se puede considerar que la presencia de las aves y mamíferos en el mar está relacionada principalmente a la obtención del alimento, pudiendo ser buenos indicadores de sistemas de alta productividad (TRITES 1997, BALANCE et al. 2001, BERTA et al. 2006).

El estudio de depredadores que se especializan en uno o pocos tipos de presas, muestran que la densidad de aves marinas es un buen indicador de la probabilidad de la presencia de presas (OBST 1985). Asimismo, se distribuyen selectivamente de acuerdo a los patrones de distribución horizontal (p. e. conjunto de enjambres), vertical (p. e. migración) y a las estructuras por tallas de sus presas (HEINEMANN et al. 1989, AINLEY et al. 1993, ALONZO et al. 2003, TAKAHASHI et al. 2003a) en el caso del krill.

<sup>1</sup> Unidad de Investigaciones de Aves y Mamíferos Marinos. IMARPE

Las observaciones realizadas a bordo de embarcaciones permiten obtener una visión de la distribución de depredadores en el mar, llenando el vacío sobre el conocimiento que todavía existe (REID et al. 1999). Estas observaciones se han visto complementadas con la incorporación de métodos hidroacústicos para evaluar las presas, permitiendo probar hipótesis que las relacionen con la abundancia y distribución de aves y mamíferos marinos (HUNT 1991).

El presente trabajo tiene por objetivo responder de modo preliminar la hipótesis de la selectividad por parte de los depredadores superiores sobre la biomasa de krill; es decir, que la presencia y la abundancia de aves en el estrecho de Bransfield e islas Piloto Pardo están asociadas con la presencia y la abundancia de krill.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Obtención de datos

Los datos de aves marinas consideraron a las tres principales familias (Spheniscidae, Procellariidae y Oceanitidae) y a las siete principales especies que las conforman: *Pygoscelis papua*, *Pygoscelis antarctica*, *Macronectes giganteus*, *Daption capense*, *Fulmarus glacialisoides*, *Oceanites oceanicus* y *Fregatta tropica*, estas familias representaron más del 96% del número de individuos por especies observados. En el caso de los mamíferos marinos se consideró a la familia más importante (Balaenopteridae) y a las dos especies más abundantes y frecuentes como son la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* y la ballena de Minke antártica *Balaenoptera bonaerensis*.

Los datos de la biomasa de krill fueron calculados sobre los datos acústicos por unidad básica de muestreo (UBM) o celdas (0,25 mn) recorridas durante el crucero y los datos de tallas y pesos de krill, obtenidos de las calas de comprobación. Estos datos por UBM representan el valor de biomasa para toda la columna de agua.

Tanto para los datos de aves y mamíferos como para los de biomasa de krill sólo se utilizaron las UBM de los transectos que son las líneas recorridas perpendiculares a la costa.

### Análisis de datos

Los análisis utilizados pertenecen a la estadística no paramétrica, debido a que las variables, no transformadas y transformadas (log 10) no presentaron una distribución normal en su distribución de frecuencias por UBM.

Para explorar la asociación entre la presencia (cualitativa) y abundancia (cuantitativa) de aves y mamíferos marinos, y la presencia y abundancia (categorías) de krill; se probó si existía asociación y diferencias entre

grupos de variables tanto numéricas (abundancia) como categóricas (presencia y ausencia).

Para las aves y los mamíferos mencionados, se procedió a determinar si existe diferencia en la frecuencia de la presencia de estos y la presencia de krill, utilizando para ello la prueba de Chi cuadrado. Luego, se determinó diferencias en las medias del número y abundancia de las especies de aves y mamíferos observadas en presencia y ausencia de krill, y si existen diferencias en las medias de la biomasa de krill en los eventos de presencia y ausencia de depredadores, utilizando la prueba de Wilcoxon.

Además, se probó si existen diferencias entre la media de la biomasa de krill correspondiente a las variables categóricas (grupos) de las aves (número de aves, familias y especies) y las diferencias entre la abundancia para cada variable (familias y especies de aves) y las categorías de biomasa de krill (agrupaciones arbitrarias utilizadas por el área de Detección y Comportamiento), utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. El programa utilizado para el cálculo de las pruebas estadísticas no paramétricas fue el S-PLUS versión 6.1.

## 3. RESULTADOS

Se registró presencia de krill en 63,83% (406) de las 636 UBM que comprendieron los momentos de observación de aves marinas en los transectos.

Se determinó que existe asociación altamente significativa entre la presencia del krill con el número de individuos de todas las especies de aves, los pingüinos y pingüino de barbijo (Chi-cuadrado; GL = 1; p <0,01) y asociación significativa entre la presencia del petrel gigante y el fulmar (Chi-cuadrado; GL = 1; p <0,05). Se observó que el 70,08% de 264 UBM donde se obtuvieron registros de aves, fueron en zonas con presencia de krill. En la Tabla 1, se muestra el número de avistamientos de los principales grupos y especies de aves y la presencia o ausencia de krill.

Tabla 1.- Número de avistamientos de familias y especies de aves en presencia y ausencia de krill, estrecho de Bransfield e islas Piloto Pardo (Enero 2006)

Familias y especies	Krill	
	presencia	ausencia
Total aves	185	79
Familia Spheniscidae	67	16
Familia Procellariidae	72	29
Familia Oceanitidae	69	41
<i>Pygoscelis papua</i>	5	0
<i>P. antarctica</i>	56	9
<i>Macronectes giganteus</i>	17	2
<i>Daption capense</i>	23	17
<i>Fulmarus glacialisoides</i>	37	9
<i>Oceanites oceanicus</i>	42	29
<i>Fregatta tropica</i>	33	13

Luego, con las variables que presentaron significancia en la prueba Chi-cuadrado, se procedió a explorar la diferencia de medias dentro de cada variable (UBM sólo con presencia de aves) agrupada por la presencia y ausencia de krill. Se encontraron diferencias altamente significativas en la media de la abundancia de aves por UBM donde se registró y donde no se registró presencia de krill (Wilcoxon;  $p < 0,01$ ) para todas las variables que presentaron asociación, es decir mayor abundancia ante la presencia de krill.

Se encontró que no existen diferencias significativas entre las medias de la biomasa de krill (UBM sólo con presencia de krill) registradas en las diferentes variables de familias y especies de aves marinas (significativas en las pruebas anteriores) como categorías (Kruskal-Wallis;  $GL = 5$ ;  $p = 0,62$ ) (Fig. 1).

La abundancia de krill calculada en toneladas por UBM fue agrupada en 9 categorías (agrupaciones

arbitrarias utilizadas por el área de detección del IMARPE) que pueden ser descritas como: muy disperso (0-5, 5-10 y 10-50), disperso (50-100, 100-250 y 250-500) y abundante (500-750, 750-1000 y 1000-15000). Estas agrupaciones sirvieron para explorar si existen diferencias entre las medias de las abundancias de las variables (UBM sólo con presencia de aves) entre categorías de abundancia de krill. Las medias de las variables entre categorías presentaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis;  $p < 0,05$ ).

En el caso de mamíferos marinos, el número de avistamientos durante los transectos fue muy reducido ( $n=6$ ), por lo que las pruebas no mostraron ninguna diferencia significativa. En posteriores análisis en los que se consideren inter-transectos y se trabaje con los enjambres de krill, podrían encontrarse mejores relaciones y resultados más concluyentes.

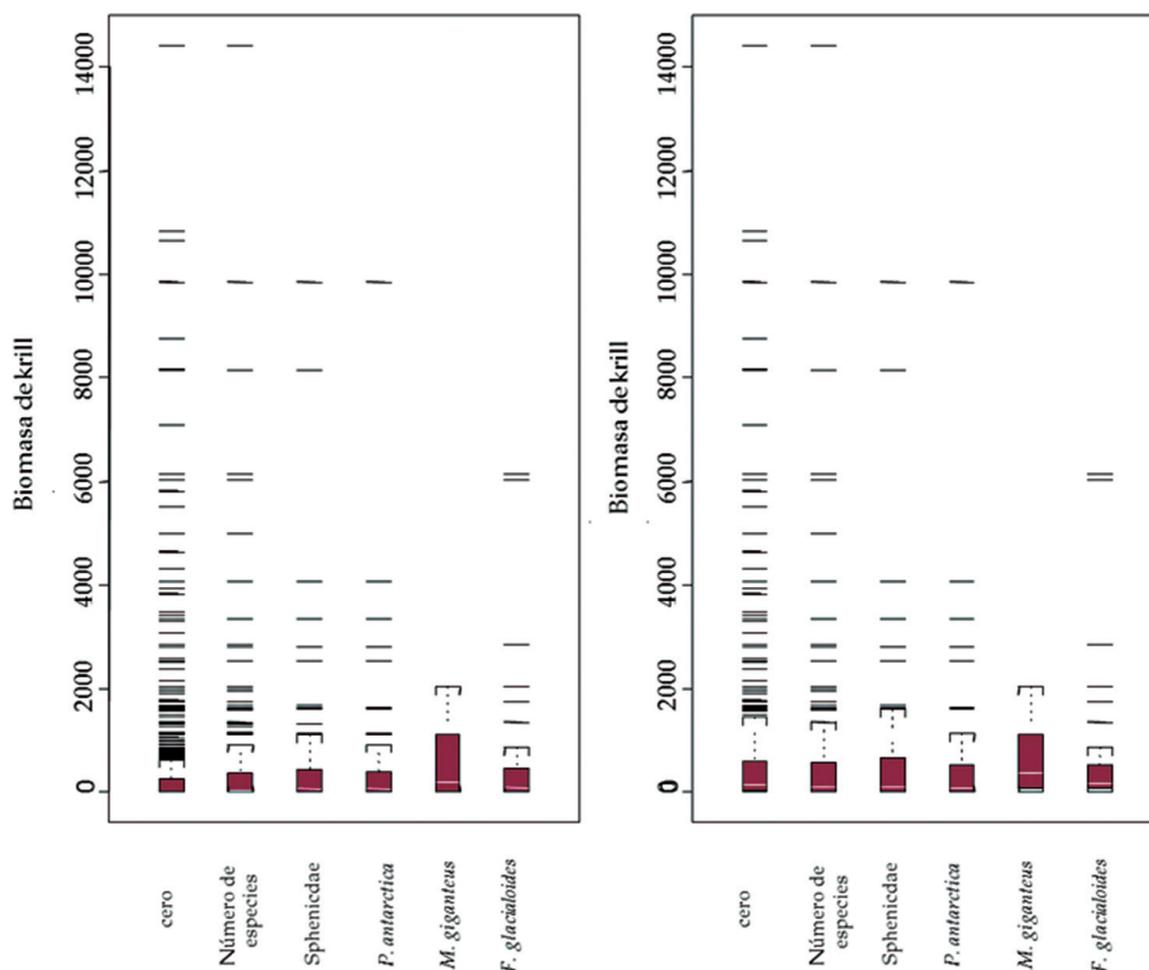


Figura 1.- Diferencias en la biomasa de krill. Se muestra la biomasa de krill por UBM según las variables familia y especie de aves. Se consideran todas las UBM (izquierda) y sólo las UBM con presencia de krill (derecha), esta última resultó no significativa y es la considerada en los resultados.

Esta figura fue utilizada para interpretar los resultados de la prueba Kruskal-Wallis. Solo se utilizaron las variables significativas en la prueba Chi-Cuadrado

#### 4. DISCUSIÓN

En estudios acerca de la ecología de forrajeo de las aves marinas, se espera encontrar una fuerte correlación entre la distribución de las aves y sus presas sobre un amplio rango de escala temporal y espacial debido a dos razones: primero, la biomasa de aves marinas es constantemente más alta en hábitats con alta biomasa de presas; segundo, quizá la competencia por alimento podría favorecer a una eficiente localización y rastreo de la presa (HEINEMANN et al. 1989).

Nuestros resultados concuerdan con lo antes mencionado, pero no de modo evidente. Se han encontrado correlaciones significativas entre la presencia de krill y la presencia y abundancia de aves marinas. Las asociaciones altamente significativas se presentaron en especialistas en krill, como en el caso de la familia Spheniscidae y *Pygoscelis antarctica*, esta especie es una de las mayores consumidores de krill (>95% de la dieta) tanto en la región de la península Antártica como fuera de ella (JANSEN et al. 1998, TAKAHASHI et al. 2003, TRIVELPIECE et al.1990). La presencia de *Pygoscelis papua*, también especialista en krill, debió ser altamente significativa con el krill; sin embargo, nuestros resultados fueron afectados por los escasos avistamientos de la especie en los transectos durante la evaluación.

Para *Fulmarus glacialoides* la asociación fue significativa con la presencia de krill, esto se explica debido a su preferencia por el krill que puede llegar al 85% de su dieta. Para el caso del *Daption capense* a pesar de tener aproximadamente la misma proporción de krill en la dieta no hubo significancia.

La asociación no significativa para el caso de *Oceanites oceanicus* con la presencia de krill puede ser explicada por la variación estacional de la dieta con la época reproductiva, la proporción de krill en su dieta disminuye durante la reproducción (diciembre-marzo), temporada dentro de la cual se realizó la evaluación. La *Fregetta tropica* no es especialista en el krill (CROXALL et al.1985, HAHN 1998), por lo que los resultados pueden ser explicados.

Las pruebas de Chi-cuadrado y Wilcoxon, permitieron explorar relaciones principalmente cualitativas entre la presencia de krill y la abundancia y presencia de aves marinas, a pesar de no ser cuantitativas las asociaciones encontradas coinciden y son respaldadas con investigaciones previas lo cual nos permite considerar estos resultados como válidos.

Los resultados de las pruebas de Kruskal-Wallis, parecen mostrar que entre las variables (grupos de familias y de especies) no se presentan diferencias entre ellas en las medias de biomasa de krill cuando

estas fueron registradas; es decir, los datos de registro de krill y de observación de aves no mostraron una asociación o coincidencia, ni con valores de biomasa menores o mayores, que pudieran diferenciar a las familias o especies. Estos resultados no deben ser considerados concluyentes debido al dato de biomasa utilizado (el cual considera la biomasa del alto de toda la columna de agua).

Utilizando la clasificación arbitraria por categorías de la biomasa de krill, se exploró la diferencia en las abundancias de cada familia y especie de aves entre las categorías (prueba de Kruskal-Wallis); de estos resultados, se puede sugerir una posible asociación entre las abundancias de las variables tales como: número de aves Oceanitidae y *Fulmarus glacialoides* con algunas categorías; ciertas categorías (muy disperso y disperso) presentaron mayor abundancia de aves marinas. En general, tanto para las variables que presentaron diferencias significativas en abundancia como las que no las presentaron, se pudo observar una tendencia no-lineal en las medias de abundancias por categorías, lo cual permite sugerir el uso posterior de análisis no-lineal en la asociación de depredadores y presas, posible patrón en los datos de selección de presas.

Los resultados de selectividad de depredadores sobre presencia y abundancia de sus presas para el caso de las últimas pruebas (Kruskal-Wallis) deben ser considerados como exploratorios, debido a que los valores de biomasa para el krill utilizados son los registrados para toda la columna de agua, valor que no considera la disponibilidad (profundidad del krill) de la presa. Se requiere confirmar estos resultados con análisis que consideren no sólo la abundancia y la distribución espacial sino también la disponibilidad de las presas.

#### 5. REFERENCIAS

- AINLEY D G, RIBIC C A, SPEAR L B. 1993. Species-habitat relationships among Antarctic seabirds: a function of physical or biological factors? *Condor* 95:806-816.
- ALONZO S, SWITZER P, MANGEL M. 2003. Ecological games in space and time: The distribution and abundance of Antarctic krill and penguins. *Ecology* 84(6): 1598-1607.
- BALANCE L T, AINLEY D G, HUNT G L Jr. 2001. Seabird Foraging Ecology. Pages 2636-2644 En: *Encyclopedia of Ocean Sciences*, vol. 5. Editado por: J. H. Steele, S. A. Thorpe y K. K. Turekian. Academic Press, London.
- BERTA A, SUMICH J, KOVACS K. 2006. *Marine Mammals. Evolutionary Biology*. Elsevier, Second Edition. 547 pp.
- CROXALL J P, PRINCE P A, RICKETTS C. 1985. Relationship between prey life-cycles and the extent, nature and timing of seal and seabird predation in the Scotia Sea. In: Siegfried, W. R., Conroy, P. R. Laws, R. M. (ed.) *Antarctic nutrient cycles and food webs*. Springer-Verlag, Berlin, p. 516-533

- HAHN S. 1998. The food and chick feeding of black bellied storm petrel (*Fregetta tropica*) at King George Island, South Shetlands Polar Biology. Volume 19, Number 5
- HEINEMANN D, GEORGE H, EVERSON I. 1989. Relationships between the distributions of marine avian predators and their prey, *Euphausia superba*, in Bransfield Strait and Southern Drake passage, Antarctica. Mar. Ecol. Prog. Ser. 58, 3-16.
- HUNT G L Jr. 1991. Marine ecology of seabirds in polar oceans. Amer. Zool. 31: 131-142.
- JANSEN J K, BOVENG P L, BENGTON J L. 1998. Foraging modes of chinstrap penguins: contrasts between day and night. Mar Ecol Prog Ser. 165: 151-172.
- OBST B S. 1985. Densities of Antarctic seabirds at sea and the presence of the krill *Euphausia superba*. The Auk 102: 540-549.
- REID T A, HULL C L, EVADES D W, SCOFFED R P, KOEHLER E J. 1999. Shipboard observations of penguins at sea in the Australian Sector of the Southern Ocean, 1991-1995. Marine Ornithology 27: 101-110.
- SAFINA C, BURGER J. 1985. Common Tern Foraging: Seasonal Trends in Prey Fish Densities and Competition with Bluefish. Ecology 66: 1457-1463. Series 250: 279-289.
- TAKAHASHI A, DUNN M J, TRATHAN P N, SATO K, NAITO Y, CROXALL J P. 2003a. Foraging strategies of Chinstrap Penguins at Signy Island, Antarctica: importance of benthic feeding on Antarctic Krill. Marine Ecology Progress
- TRITES A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. En: Pinnipeds populations, Eastern North Pacific: status and issues. Editado por: G. Stone, J. Goebel y S. Webster.
- TRIVELPIECE W Z, TRIVELPIECE S G, GEUPEL G R, KJELMYR J, VOLKMAN N J. 1990. Adelie and chinstrap penguins: their potentials as monitors of the Southern Ocean Marine Ecosystem. In: Kerry K.R., Hempel G. (eds) Antarctic ecosystems. Ecological change and conservation. Springer-Verlag, Berlín, p 191-202.

## RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO COPEPOD II

### BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES COMUNIDADES PELÁGICAS DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE, 2007

Gladys Cárdenas Quintana

Jefa del Proyecto COPEPOD, enero 2007

El Proyecto COPEPOD II se desarrolló del 17 al 31 de enero 2007. Se efectuó un crucero multidisciplinario en dos fases: la primera fue una operación sinóptica, en el estrecho de Bransfield y los alrededores de la isla Elefante entre el 17 y 23 de enero, con el propósito de definir los patrones de distribución de las principales especies de la comunidad pelágica y, la segunda fase del 24 al 27 de enero, consistió en un experimento de pequeña escala entre las islas Elefante y Clarence, con el fin de relacionar las variables bióticas y abióticas con la especie predominante el krill y sus principales depredadores superiores. Complementariamente, se realizó un segundo experimento en la bahía Almirantazgo, entre el 30 y 31 de enero 2007, a fin de estudiar la dinámica del ecosistema y el desplazamiento de las agregaciones de krill.

Los principales resultados de la primera fase, indican que el krill antártico fue la especie más abundante y ampliamente distribuida en el área prospectada, con las mayores agregaciones al sur oeste del estrecho de Bransfield cerca de la isla Decepción y otros núcleos al noroeste y sureste de la isla Elefante. Verticalmente, las agregaciones de krill durante la noche se localizaron superficialmente entre 5 y 70 m de profundidad, promedio 25 m. En horas del día la distribución fue más amplia, alcanzando profundidades mayores a 200 m, promedio 60 m.

La biomasa acústica estimada fue 2'977 mil toneladas, la mayor biomasa en 61°S (alrededor de la isla Elefante) en 54°W (sur de la isla Elefante) y en 58°W (sur de las islas Rey Jorge y Nelson).

Se ejecutaron 13 lances de pesca en el estrecho de Bransfield y los alrededores de la isla Elefante, habiéndose capturado un total de 3.387 k, de los cuales el 99% correspondió al krill antártico, *Euphausia superba*. El grupo de otros estuvo conformado por peces: mictófidios, *Chaenocephalus* sp., *Cryodraco* sp., larvas de peces, eufáusidos del género *Thysanoessa*, medusas, salpas, sifonóforos, etc.

La estructura de talla del krill antártico, varió de 22 a 57 mm de longitud, la moda principal entre 28 y 30 mm, correspondiendo mayormente a juveniles (<37 mm). El análisis de la intensidad alimentaria del krill antártico, mostró que la mayor parte de individuos muestreados en el estrecho de Bransfield estuvieron moderada e intensamente alimentados; mientras que en la isla Elefante predominaron los ligeros y moderadamente alimentados.

La temperatura superficial del mar fluctuó entre -0,4 y 2,7 °C, promedio 1,24 °C. El área evaluada presentó dos zonas con características diferentes, una ubicada al norte y próxima a la isla Rey Jorge donde se registraron las temperaturas más altas y salinidades más bajas, asociadas a aguas del mar de Bellingshausen, a diferencia de la zona sur próxima a la península Antártica que fue la más fría con relativas altas salinidades por influencia del mar de Weddell.

Los principales resultados del experimento de pequeña escala entre las islas Elefante y Clarence, indican que la captura total fue de 3.465 k, correspondiendo el 99% al krill antártico (3.440 k).

El análisis de la estructura por tamaño del krill, según estratos de profundidad, mostró que los ejemplares juveniles se encontraron entre 50 y 100 m de profundidad; mientras que ejemplares sub adultos y adultos se localizaron indistintamente en cualquier profundidad, desde los 25 m hasta más de 125 m. La estructura por tallas según horas del día, indicó que los ejemplares juveniles (<37 mm) fueron capturados durante el día; mientras que los ejemplares sub adultos (38-44 mm) y adultos (>45 mm) se capturaron tanto en el día como en la noche. El mayor porcentaje de individuos de krill estuvo ligeramente alimentado (55%).

Las series temporales mostraron cambios en la distribución termohalina, principalmente en la capa superficial. La estructura termohalina mostró cambios en la capa de 0 a 100 m de profundidad, por debajo de esta capa la distribución fue más homogénea. En general, las menores concentraciones

---

de sales se presentaron en períodos de mayor temperatura (10-16 horas) que se deberían al mayor deshielo respecto a otras horas del día.

Se avistaron 4.443 aves marinas pertenecientes a 19 especies y 7 familias. Dentro de estas, la especie con mayor avistamiento fue el pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica*) (34%), seguido del petrel plateado (*Fulmarus glacialisoides*) (17,9%) y golondrina de mar (*Oceanites oceanicus*) (7,9%).

Se identificaron 5 especies de cetáceos y 28 avistamientos de la familia Balaenopteridae. Las especies con mayor presencia en la zona evaluada fueron: la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* y la orca *Orcinus orca*. Es importante el avistamiento de la ballena nariz de botella del sur *Hyperoodon planifrons* debido a la escasa información que se tiene sobre esta especie por tratarse de un animal poco estudiado que se alimenta en grandes profundidades.

## EXECUTIVE SUMMARY OF COPEPOD II PROJECT, 2007

### BIOLOGY AND ECOLOGY OF MAIN PELAGIC COMMUNITIES FROM BRANSFIELD STRAIT AND SURROUNDING ELEPHANT ISLAND

Gladys Cárdenas Quintana

Project Manager COPEPOD, January 2007

Among the activities scheduled, a multidisciplinary survey were carried out in the Austral Summer 2007 in two phases: the first was a synoptic operation in Bransfield strait and surrounding Elephant Island, from January 17<sup>th</sup> to 23<sup>rd</sup>. The purpose of describe the distribution patterns of the main species of pelagic community and the second phase, it consisted to a small scale experiment between Elephant and Clarence islands from January 24<sup>th</sup> to 27<sup>th</sup> with the aim of relate the biotic and abiotic variables with the predominant specie, Antarctic krill and its main top predators. Complementary was performed a second experiment in the Almirantazgo Bay on January 30<sup>th</sup> and 31<sup>st</sup> 2007 in order to study the dynamics of the ecosystem and the movement of krill aggregations.

The main results in the first phase that is the synoptic prospection indicates the Antarctic krill was most abundant specie and it was found widely distributed along the prospected area with higher aggregations to southwest in Bransfield strait near to Deception island and other nuclei to north-west and south-east of Elephant island. Vertically, the krill aggregations were located superficially between 5 and 70 m of depth during dark hours with average of 25 m. While, in day hours, the distribution was broader reaching greater depths of 200 m with average of 60 m.

In the study area, the preliminary biomass estimated was 2'977 thousand tones; with major value in 61°S, mainly surrounded Elephant Island and 54°W longitudinally in the south of Elephant Island and the 58°W south of King George and Nelson islands.

Thirteen fishing hauls in the Bransfield Strait and around Elephant Island were executed, having captured 3387 k, of which 99% corresponded to the Antarctic krill *Euphausia superba* and 1% to other organisms. The other group consisted of fish:

myctophids, *Chaenocephalus* sp., *Cryodraco* sp., fish larvae; and they attended euphausiids *Thysanoessa* genus, jellyfish, salps, siphonophores, etc.

The size structure of Antarctic krill along the survey area ranged from 22 to 57 mm total length (TL), with main mode between 28 and 30 mm corresponded to juvenile individuals (<37 mm TL). Feeding intensity analysis showed that most of part individuals sampled in Bransfield Strait were moderate and intensely fed while on Elephant Island predominated slightly and moderately fed.

Sea surface temperature ranged between -0.4 and 2.7 °C with average in 1.24 °C. The survey area was determined by two zones with different characteristics, one of them located at north near to King George Island where the highest temperature and lowest salinity were recorded associated to Bellingshausen Sea water. At contrary, in the south zone near to Antarctic Peninsula was the coldest with relative high salinities influenced Weddell Sea.

Respect to the small-scale experiment (second phase) between Elephant and Clarence Islands, the total catch was 3465 k corresponded 99% at Antarctic krill *Euphausia superba* and 1% to other species (25 k).

The size structure of *E. superba* according to depth strata showed that juvenile individuals was recorded mainly between 50 and 100 m depth, while sub-adult and adult individuals were located either in any depth, from 25 m to more than 125 m. The size structure according day hours indicated that juveniles (<37 mm TL) were caught primarily during day, while sub-adult (38-44 mm TL) and adults (>45 mm TL) individuals were caught both day and night. The major percentage of Antarctic krill individuals were slightly fed (55%).

The time series showed slight changes in the thermohaline distribution mainly in the surface layer. The thermohaline structure showed changes in layer 0 to 100 m depth under this layer, the distribution was more homogeneous. In general, lower concentrations of salts occurred during periods of higher temperature (10-16 hours) than would be due to melting increase compared to other times of day.

The 4443 sea birds belonging to 19 species from seven families were recorded. Within these, the species with highest number of sightings was chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*)

representing 34% of total. Other important species were petrel silver (*Fulmarus glacialisoides*) and sea tern (*Oceanites oceanicus*) representing 17.9% and 7.9% of total number of sightings respectively.

Five species of cetacean and 28 sightings of the family Balaenopteridae were identified. The species with greater presence in the survey area were the humpback whale *Megaptera novaeangliae* and orca *Orcinus orca*. It is important the sighting of southern bottlenose whale *Hyperoodon planifrons* due to little information we have about this species because it is an animal rarely studied which feeds in great depths.

**PERSONAL PARTICIPANTE EN EL CRUCERO ANTÁRTICO  
(ANTAR XVII) Verano Austral 2007**

Jefe de Proyecto	Dra. Gladys Cárdenas Quintana
Detección y Comportamiento	
Jefe de Grupo	Ing. Luis Escudero Herrera Ing. Salvador Peraltila Neyra Ing. Adolfo Gonzáles Salas Ing. Oswaldo Flores Huamán
Biología y Ecología	
Jefe de Grupo	Dra. Gladys Cárdenas Quintana Tlgo. José Pellón Farfán Ing. Milagros Franco Meléndez Blgo. David Castillo Cruz
Oceanografía	
Jefe de Grupo	Ing. Luis Vásquez Espinoza Ing. José Tenorio Calderón Ing. Jesús Ledesma Rivera Blga. Carmela Nakazaki Lao
Depredadores Superiores	
Jefe de Grupo	Blgo. José Carlos Manrique de Lara Blgo. Luis Alza León Blga. Gisella Yataco Rozas Blg a. Carolina Cardich Manrique de Lara

# DISTRIBUCION, CONCENTRACION Y BIOMASA DE KRILL (*Euphausia superba*) DURANTE EL VERANO AUSTRAL DEL 2007 EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD

## DISTRIBUTION, CONCENTRATION AND BIOMASS KRILL (*Euphausia superba*) IN THE AUSTRAL SUMMER OF 2007 IN THE BRANSFIELD STRAIT

Salvador Peraltilla  
Oswaldo Flores Huamán

Luis Escudero Herrera  
Adolfo Gonzales Salas

### RESUMEN

PERALTILLA S, ESCUDERO L, FLORES O, GONZALES A. 2016. *Distribución, concentración y biomasa de krill (Euphausia superba) durante el verano austral del 2007 en el estrecho de Bransfield*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 80-88.- Se estimó la biomasa de krill en la zona del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante durante el verano austral del 2007. Con la frecuencia de 38 kHz se estimó una biomasa de 2'816,083 toneladas, mientras que con la frecuencia de 120 kHz fue 2'977,414 toneladas, las mayores biomásas se ubicaron en los grados de latitud 61 y 62°S, según grados de longitud 54 y 56°W. De acuerdo al primer experimento efectuado entre las islas Elefante y Clarence, con la finalidad de observar el comportamiento de los enjambres de krill y su relación con las variaciones horarias, se determinó que predominan durante las 03-04 horas y las 15-16 horas, verticalmente se detectaron entre los 50 a 200 m de profundidad. En el segundo experimento que se efectuó en la bahía Almirantazgo con la finalidad de estudiar la dinámica del ecosistema y el desplazamiento de las agregaciones de krill, se encontró que predominan principalmente entre las 10-11 horas con profundidades medias de 70 a 80 m.

PALABRAS CLAVE: Krill, biomasa, variación diurna, variación vertical

### ABSTRACT

Peraltilla S, Escudero L, Flores O, Gonzales A. 2016. *Distribution, concentration and biomass krill (Euphausia superba) in the austral summer of 2007 in the Bransfield Strait*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 80-88.- We estimated the biomass of krill in the area Bransfield Strait and around Elephant Island during the austral summer of 2007, for the frequency of 38 kHz was estimated biomass of 2'816,083 tons, while for the frequency of 120 kHz was 2'977,414 tons, the largest biomass are located in latitude 61 and 62°S and 54, 56°W degrees longitude. According to the first experiment between Elephant and Clarence Islands, in order to observe the behavior of swarms of krill and its relation to the hourly variations, we determined that predominate during the 03-04 hours and 15-16 hours, vertically were detected between 50-200 m depth. In the second experiment was conducted in Admiralty Bay in order to study the dynamics of the ecosystem and the movement of krill aggregations, it was found to predominate mainly between 10-11 hours with average depths of 70-80 m.

KEYWORDS: Krill biomass, diurnal variation, vertical variation

## 1. INTRODUCCIÓN

El Perú, inició sus actividades científicas en la Antártida en 1988, enmarcado en el Programa BIOMASS, a través de sus Operaciones ANTAR. En las tres primeras (ANTAR I, II y III) se efectuaron, estudios hidroacústicos orientados a la evaluación acústica de la distribución y biomasa del krill en el estrecho de Bransfield (península Antártica) y alrededores de la isla Elefante. (GUTIÉRREZ et al. 1997) en los que se encontró variaciones en las estimaciones de biomasa del krill, los valores altos se encontraron en los años 1988 y 1998, con  $17,00 \times 10^6$  y  $19,37 \times 10^6$  toneladas, mientras que estimaciones menores se determinaron en los años 2001 y 2006 con  $3,45 \times 10^6$  y  $0,450 \times 10^6$  toneladas, respectivamente. Estas fluctuaciones en su abundancia se deben a que las áreas de evaluación fueron diferentes en cada prospección; sin embargo, se observó una

característica principal en el estrecho de Bransfield y en los alrededores de la isla Elefante de tener casi siempre una cantidad considerable de krill.

Con el objetivo de continuar con el monitoreo de la abundancia y comportamiento del krill, el IMARPE desarrolló el Proyecto COPEPOD (2005-2010) por lo que se efectuó la segunda etapa del mencionado proyecto, que involucró la estimación de la abundancia del krill con dos experimentos de estudios multidisciplinarios.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El crucero se realizó del 17 al 23 de enero 2007, entre el estrecho de Bransfield y los alrededores de la isla Elefante, efectuando 14 transectos cuyas longitudes fueron entre 40 y 60 mn; la Unidad Básica de Muestreo (UBM) fue 1 mn, en total se rastrearon 1082 UBM. La

plataforma de estudio fue el BIC Humboldt, equipado con la ecosonda científica EK-60 con frecuencias de trabajo de 38 y 120 kHz, el rango de detección fue de 500 m de profundidad, las señales acústicas fueron colectadas y grabadas en formatos digitales; para el post-procesamiento, se utilizó el programa Echoview de Sonar Data a través del Modulo de Variables virtuales que permite aplicar algoritmos matemáticos para la separación de las agregaciones de krill del total de la integración. Se utilizó un programa de interpolación para la generación de cartas de distribución y el programa estadístico S-plus para el análisis estadístico de los enjambres de krill.

Se efectuaron 13 lances de comprobación de los ecotrazos durante 20 minutos cada uno, utilizando una red de arrastre pelágica tipo Engel 500/250 (Fig. 1).

Las calibraciones acústicas de las frecuencias de 38 y 120 kHz del ecosonda científica EK-60 SIMRAD se realizaron el 16 de enero en la bahía Almirantazgo a 30 m de profundidad (Tabla 1, Fig. 2). Las detecciones acústicas para cada frecuencia (120 y 38 kHz), se efectuaron en promedio 200 muestreos por cada esfera, con el concepto de cubrir el campo total del haz acústico.

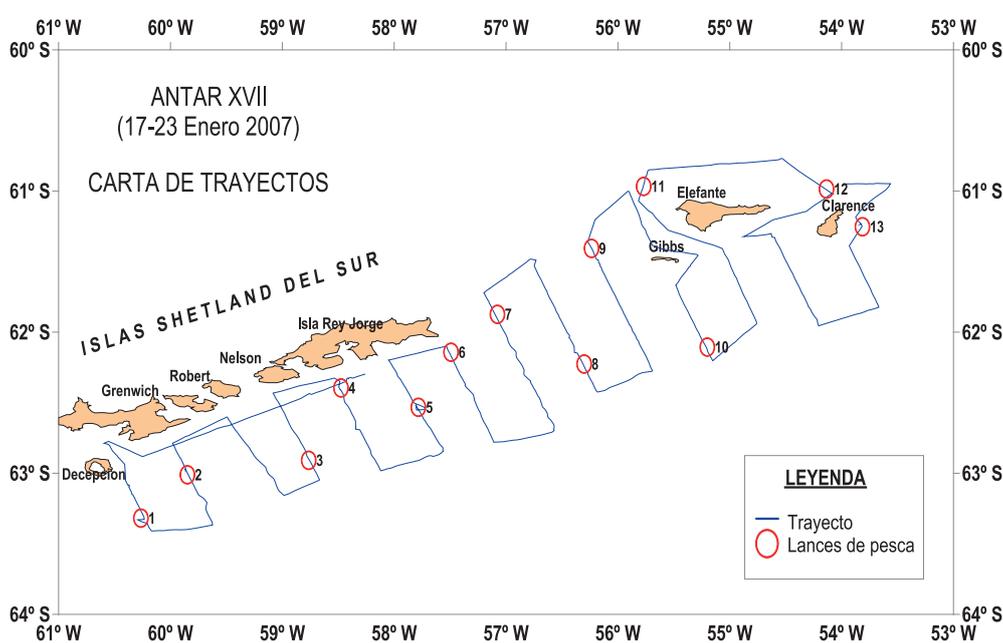


Figura 1.- Carta de trayectos y lances ejecutados

Tabla 1.- Resultados de la calibración de la ecosonda científica EK60

Transducer:	Transducer1		Transducer1	
	Logging	Processing	Logging	Processing
<input checked="" type="checkbox"/> Apply calibration correction				
Absorption coefficient (dB/m):	0.0106000	0.0106000	0.0272000	0.0272000
Sound speed (m/s):	1456.90	1456.90	1456.90	1456.90
Transmitted power (W):	2000.0	2000.0	500.0	500.0
Two-way beam angle (dB re 1 (Steradian)):	-20.60	-20.60	-20.80	-20.80
Sy gain (dB):	25.9500	25.9500	24.5000	24.5000
Wavelength (m):	0.0383395	0.0383395	0.0121408	0.0121408
Transmitted pulse length (ms):	1.000	1.000	0.256	0.256
Frequency (kHz):		38.00		120.00

**Algoritmo virtual.-** Se utilizó el algoritmo virtual con el que las señales acústicas fueron separadas en base al algoritmo de GREEN et al. (1996), según presencia de krill o zooplancton quienes hallaron diferencia de 2 a 16 dB en las señales retro dispersadas del krill utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz (Fig. 3).

**Ecuaciones para obtención de abundancia.-** Para la estimación de la abundancia se siguió el método de estratificación por transectos JOLLY y HAMPTON (1990) descrito en GUTIÉRREZ et al. 2006.

La biomasa (en toneladas t) en el i-ésimo intervalo es:

$$b_i = CF_i \cdot s_{Ai} \cdot A_i$$

Donde CF es el factor que se utiliza para convertir la densidad en abundancia absoluta;  $S_A$  es la eointegración media por intervalo de muestreo; A es el área representada por cada unidad de muestreo, que en el presente caso representa 15 mn<sup>2</sup>.

Los factores de conversión CF fueron luego derivados según la ecuación reciente de DEMER y CONTI (2005).

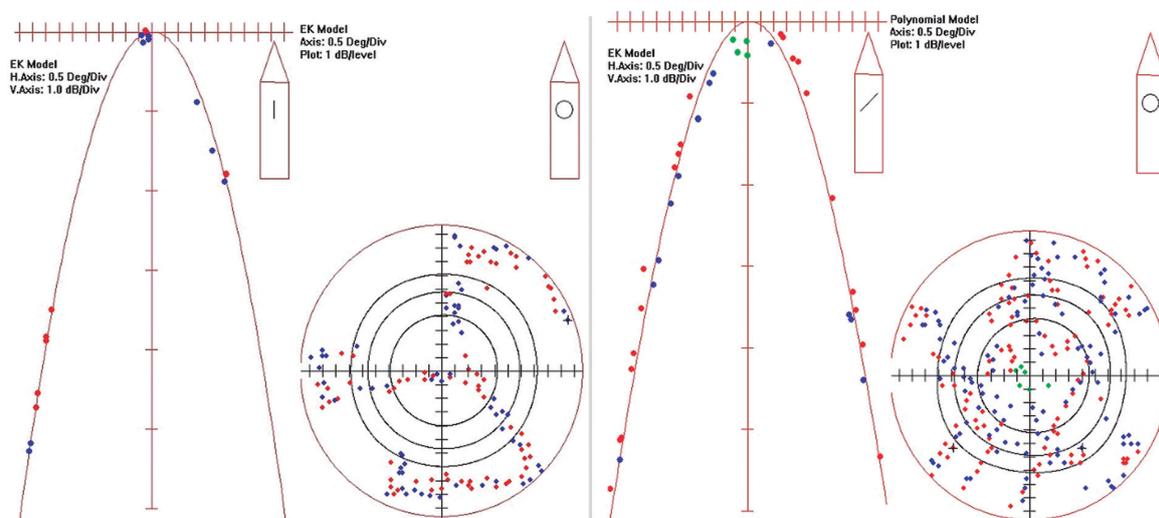


Figura 2.- Campo de detecciones de las esferas durante la calibración

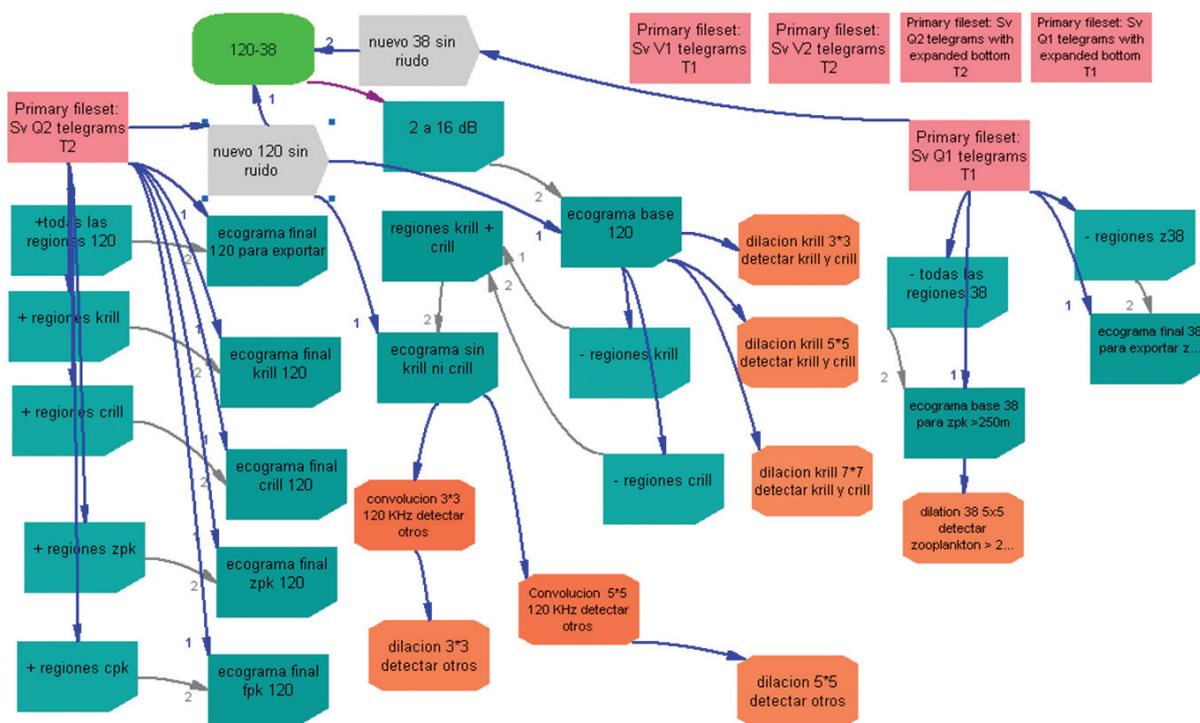


Figura 3.- Algoritmo virtual para discriminación del krill

La ecuación de fuerza de blanco (TS, en dB) utilizada fue desarrollada por DEMER y CONTI 2005, y se le conoce como modelo SDWBA (Stochastic Distorted-Wave Born Approximation).

**Estimación de biomasa de krill.-** Se realizó la estimación de la biomasa por tallas en la estratificación por transectos de la data de econtegración. Este cálculo de biomasa fue realizado en ambas frecuencias de sonido (38 y 120 kHz). Se utilizó los datos de pesos por tallas de los valores estandarizados por el Área de Biología para la relación  $aL^b$  por lance, los valores de a y b se presentan en la Tabla 2.

### 3. RESULTADOS

**Biomasa de krill.-** El CF promedio para 38 kHz fue de 1,68 t/m<sup>2</sup> valor que para Demer y Conti es 1,61; en el caso de 120 kHz, el CF promedio obtenido fue 0,37 t/ m<sup>2</sup> que es un valor similar al hallado por Demer y Conti. Esta coincidencia da confiabilidad al estimado de biomasa obtenido debido a que la separación entre transectos fue de 15 mn.

Las biomasa estimadas fueron similares para ambas frecuencias, con un valor promedio de 2,90x10<sup>6</sup> toneladas. En la figura 4, se muestran biomasa por transectos para ambas frecuencias de sonido, y se observa que los últimos transectos (13 y 14) que pertenecen a los alrededores de la isla Elefante se caracterizan por ser un área importante de concentración de krill. Los resultados de la estimación acústica de abundancia de krill para UBMs de 0,25 mn de extensión y 15 mn<sup>2</sup> de área individual, para las dos frecuencias utilizadas, se muestran en la Tabla 3.

El rango de tallas fue amplio, comprendiendo entre 18 y 68 mm con una moda principal en 46 y otra secundaria en 28 mm. La estructura de tallas en términos de abundancia es polimodal, revelando la existencia de varias clases o cohortes, principalmente en 30, 38, 40, 44, 48 y 50 mm. Con respecto a la biomasa expresada en número de individuos, se observó un mismo patrón a partir de tallas de 24 mm hacia tallas mayores, pero entre tallas de 18 a 32 mm la línea de número de ejemplares es mayor que la biomasa debido al ligero peso de individuos pequeños, tal como se observa en la figura 5.

De acuerdo a los grados de latitud prospectados, la mayor biomasa corresponde a los grados 61 y 62°S (Fig. 6). Según grados de longitud se observó que la biomasa se congregó principalmente en tres grados (58°W, 54°W y 56°W) (Fig. 7).

**Distribución horizontal del krill.-** La carta de distribución de krill de la zona de estudio, muestra una gran amplitud geográfica del recurso en casi toda

Tabla 2.- Valores de parámetros de la relación longitud/peso

Nº	k (E. superba)	Long. media	a	b
1	541,50	30,9	6.E-06	3,0328
2	95,00	33,9	8.E-06	2,9360
3	128,38	36,7	5.E-06	3,0978
4	665,00	35,2	6.E-06	3,0271
5	171,00	38,6	5.E-05	3,0937
6	532,00	42,7	4.E-06	3,1409
7	437,00	45,3	8.E-06	2,9694
8	147,35	30,6	1.E-05	2,9037
9	104,31	41,6	4.E-06	3,1581
10	170,00	38,0	4.E-06	3,2099
11	114,00	29,1	1.E-05	2,7657
12	246,27	42,0	4.E-06	3,1606
13	0,50	43,8	Sin datos	Sin datos

Tabla 3.- Resultados de biomasa de krill para frecuencias 38 y 120 kHz

n	38 kHz	120 kHz
Peso medio NASC	3747,44	180,642923
Peso var. (NASC)	5614,11	1060,323399
CF peso	164,96	0,3616923
Densidad media de krill (g/m <sup>2</sup> )	61,8166142	65,33715437
Var (densidad)	152,764098	138,7129068
CV	0,19994265	0,180259524
Área (mn <sup>2</sup> )	45570	45570
SD (densidad)	12,3597774	11,77764436
Abundancia (t)	2816983,11	2977414,125
Nº krill	9,0753E+12	7,50059E+12

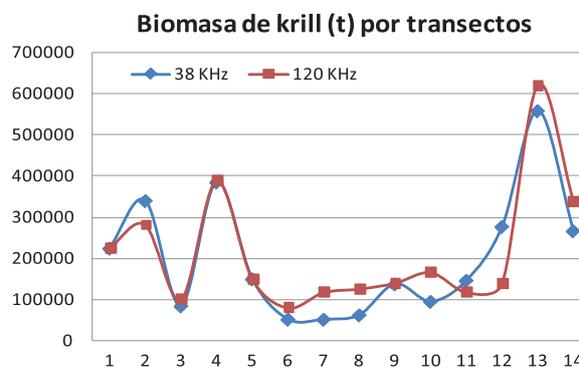


Figura 4.- Biomasa por transectos para ambas frecuencias de sonido

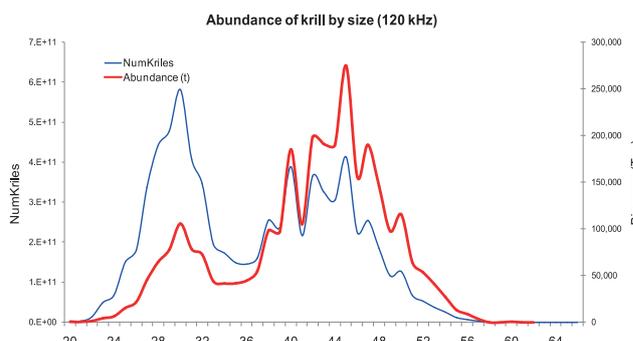


Figura 5.- Abundancia de krill por tallas, frecuencia 120kHz

la zona de estudio, dentro de las principales áreas de concentración se ubican dos áreas densas al sur-oeste en el estrecho de Bransfield cerca de la isla Decepción y en los alrededores de la isla Elefante (Fig. 8).

**Distribución vertical de enjambres de krill.-** Verticalmente el patrón típico para el krill con respecto a las horas del día fue el mismo que el observado en expediciones antárticas anteriores, entre las 01:00 y 23:00 horas los enjambres se distribuyeron desde 30 hasta 200 m de profundidad, mientras que entre las 23:00 y 01:00 horas, se ubicaron desde la superficie hasta los 80 m de profundidad (Fig. 9).

Al analizar la profundidad media de las agregaciones de krill, se determinó que durante el día los enjambres se distribuyeron entre 40 m y 80 m (07:00 y 09:00 horas), en la noche mostraron un patrón agregativo muy superficial alcanzando los 30 m de profundidad máxima (Fig. 10).

En la figura 11, se presenta la variación de las agregaciones según profundidad en el estrecho de Bransfield. Es mayor la profundidad de los enjambres de krill observados en el extremo sur frente a la isla Rey Jorge y en los alrededores de la isla Elefante, donde se registraron densidades medias y altas.

**Características de los enjambres de krill**

Con los datos de la ecosonda, se observó algunas características de los enjambres durante el crucero de evaluación acústica, se presenta histogramas con respecto al ancho, largo, profundidad media, latitud y longitud por hora del día expresados en logaritmo (Fig. 12).

Los resultados demuestran uniformidad en los enjambres de krill, caracterizándose por variar entre 60 y 200 m, presentando estructuras medianas a comparación de otros cruceros, resaltando que la distribución del krill estuvo en casi toda el área detectada y durante el día y la noche.

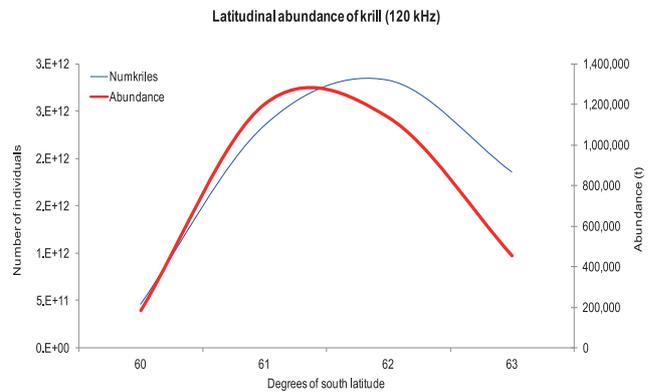


Figura 6.- Biomasa latitudinal de krill, frecuencia 120 kHz

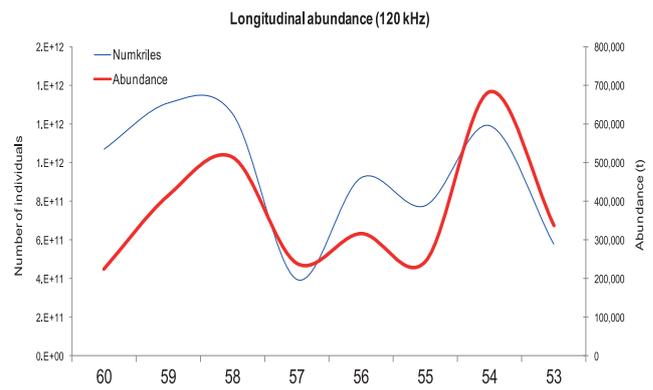


Figura 7.- Biomasa longitudinal de krill, frecuencia 120 kHz

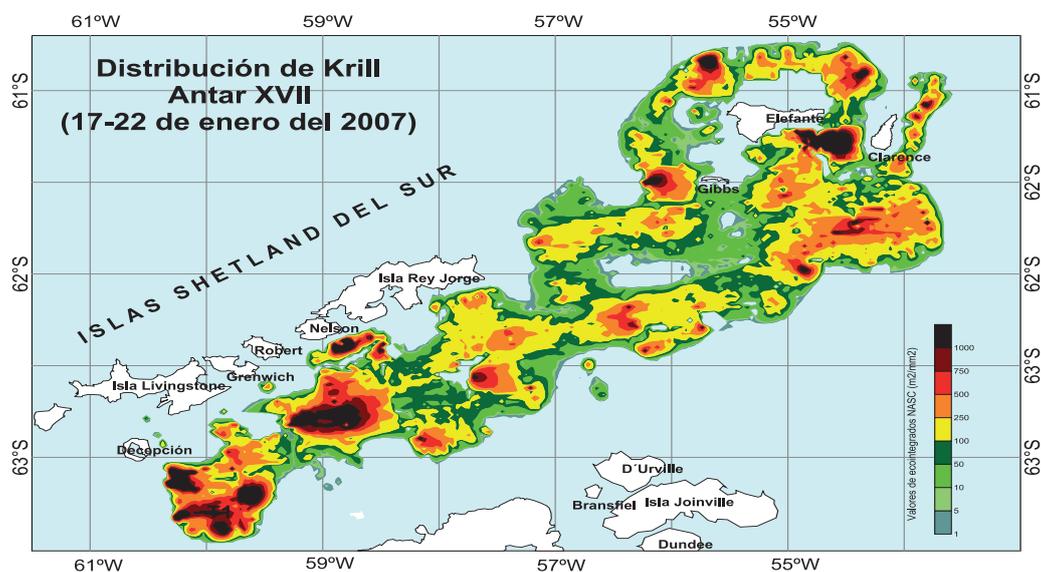


Figura 8.- Distribución de krill, ANTAR XVII

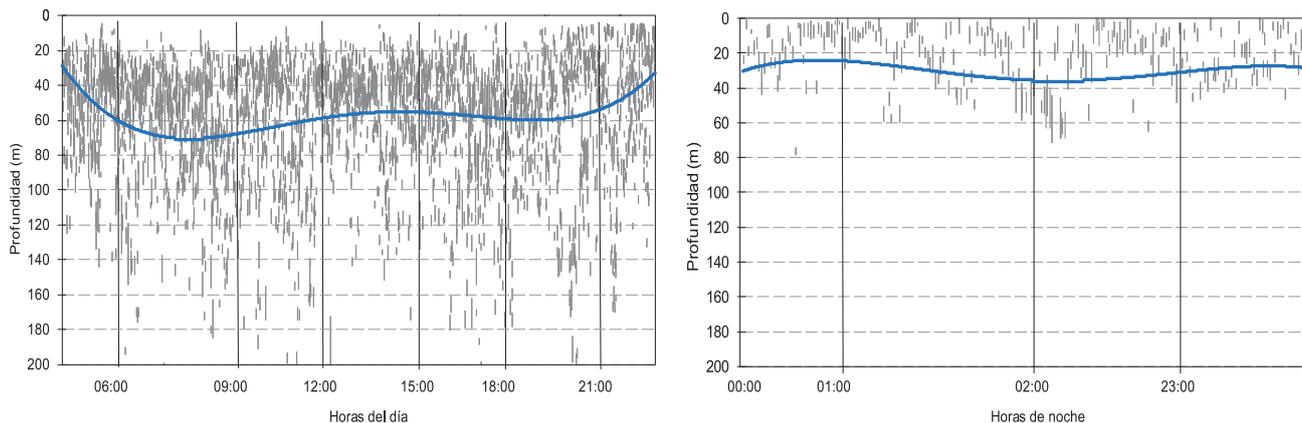


Figura 9.- Distribución vertical de krill, diurno y nocturno

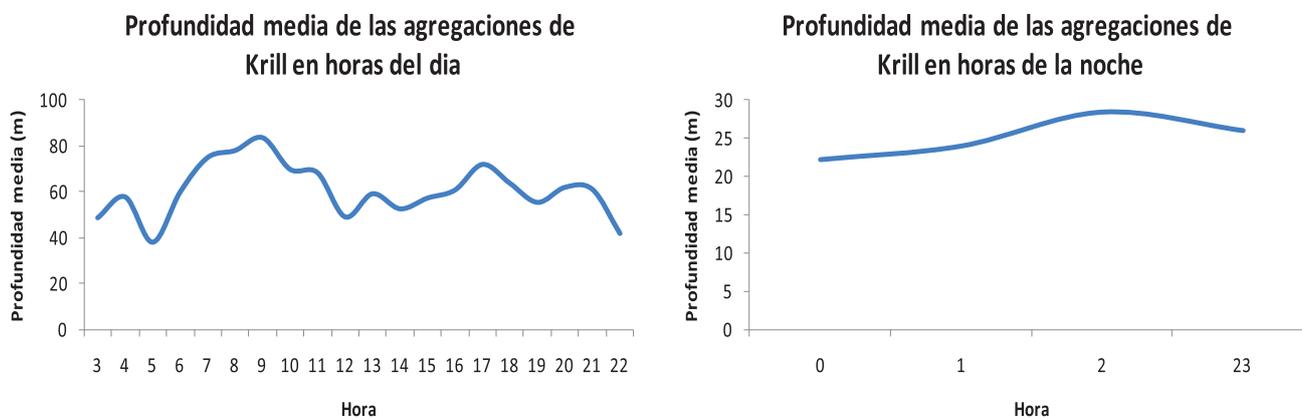


Figura 10.- Profundidad media de las agregaciones de krill

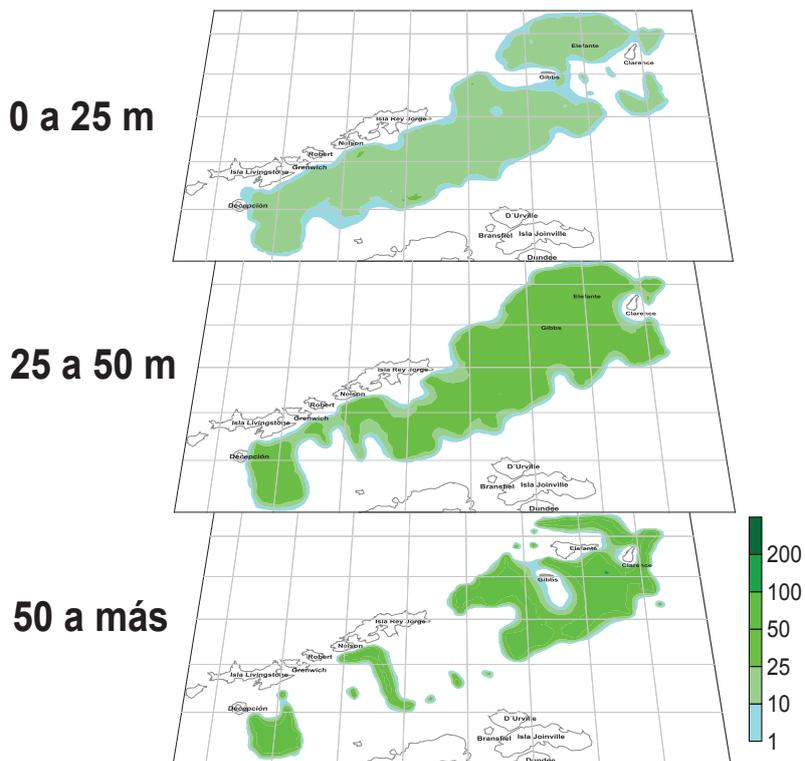


Figura 11.- Distribución vertical de enjambres de krill. Estrecho de Bransfield

**1ER EXPERIMENTO: ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE KRILL EN PEQUEÑA ESCALA ENTRE LAS ISLAS ELEFANTE Y CLARENCE**

El experimento se efectuó entre el 24 y 26 de enero 2007 para determinar el comportamiento de los enjambres de krill, en relación a variaciones horarias y condiciones ambientales, por lo que acústicamente se rastreó un perfil de 10 mn de longitud, entre 4 y 8 mn al sudeste de la isla Elefante, observándose la relación entre la migración vertical con el alimento,

disponibilidad de luz y presencia de depredadores. Los muestreos se efectuaron a las 03:00, 09:00, 15:00 y 21:00 horas, realizándose 12 transectos además de lances de comprobación para verificación de ecotrazos (Fig. 13).

**Distribución horizontal de los enjambres de krill**

Durante el desarrollo del experimento la distribución fue discontinua, en general los valores ecointegrados presentaron un orden de magnitud que puede ser calificado como “dispersos”.

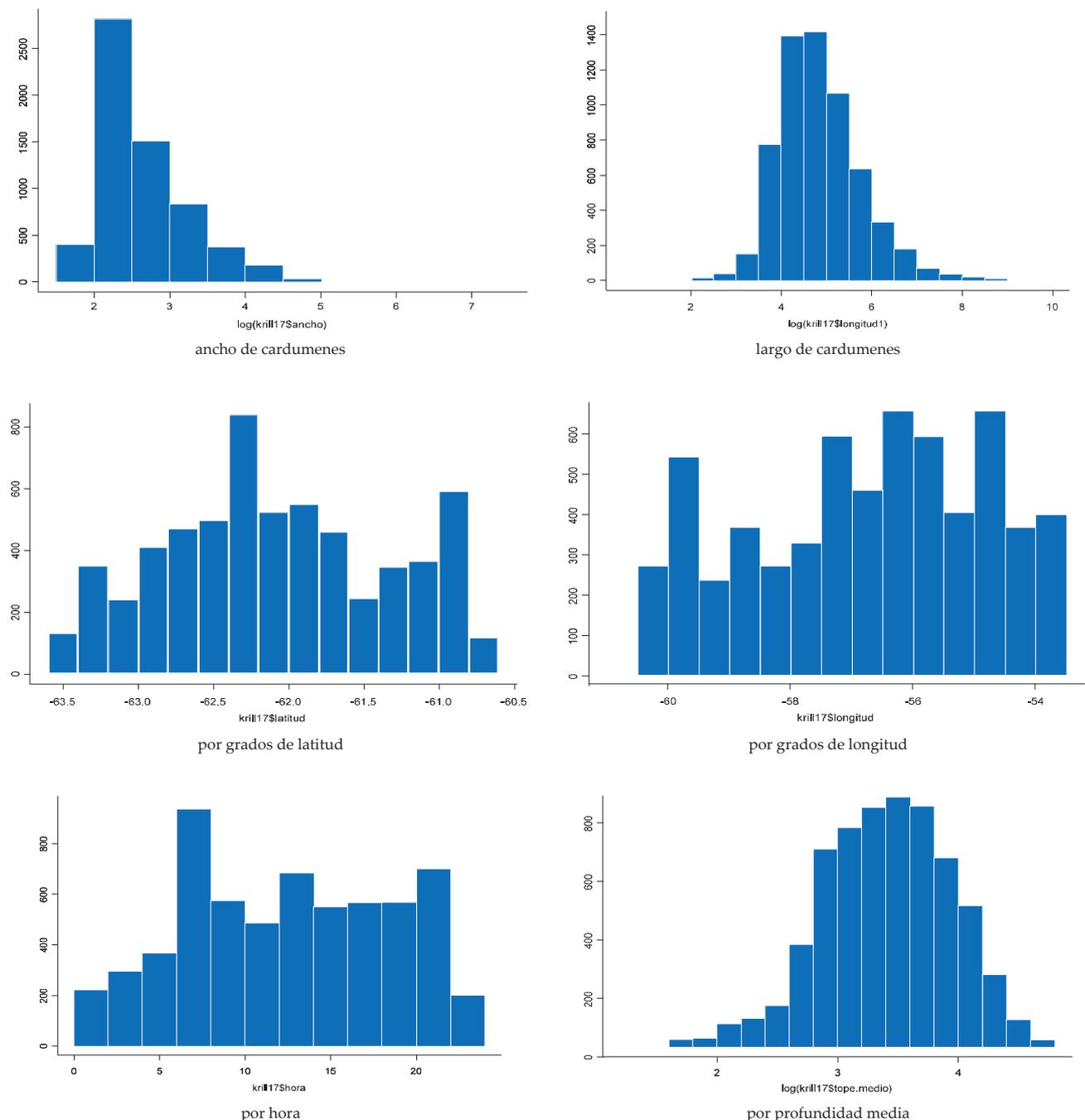


Figura 12.- Histograma de las características de los enjambres de krill. ANTAR XVII

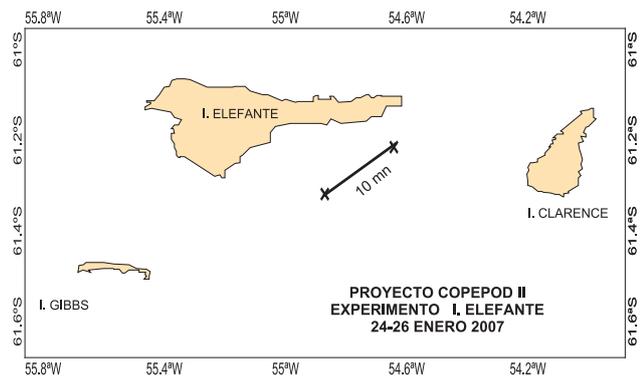


Figura 13.- Carta de localización. 1er experimento entre las islas Elefante y Clarence

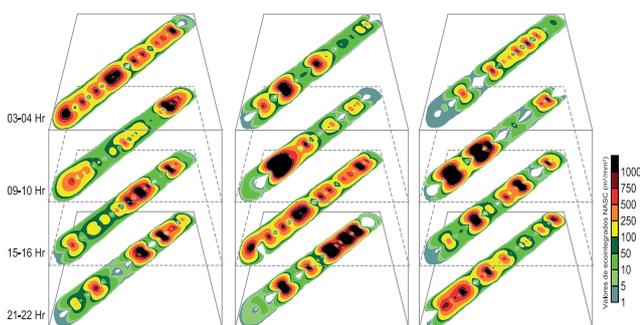


Figura 14.- Distribución de krill durante los muestreos

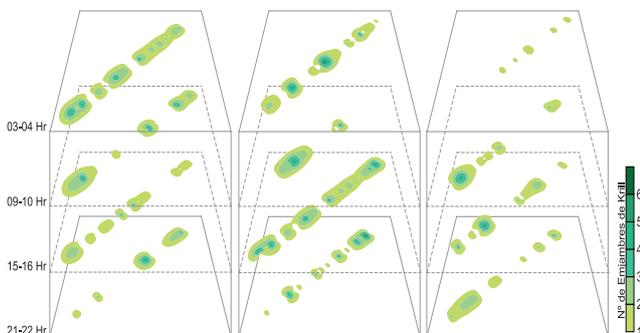


Figura 15.- Número de enjambres de krill por periodos de muestreo

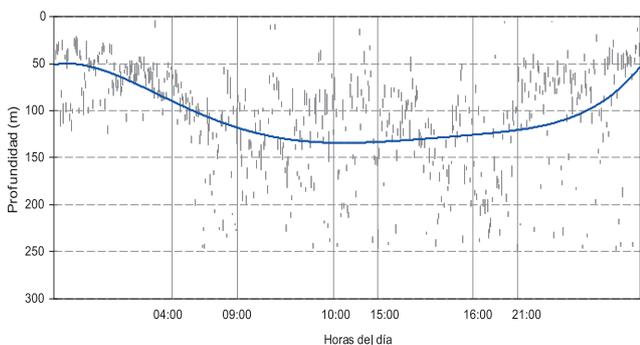


Figura 16.- Distribución vertical de los enjambres de krill. 1er experimento. ANTAR XVII

En la figura 14, se muestran las agregaciones con densidades medias y altas que se observaron durante el día a intervalos variables; el primer día presentó enjambres predominantes principalmente entre las 03:00-04:00 horas y las 15:00-16:00 horas; en el segundo día las mayores agregaciones de krill se registraron entre las 09:00-10:00 horas y las 21:00-22:00 horas; en el ultimo día de experimento las densidades fueron entre medias y bajas, los enjambres de importancia se presentaron entre las 09:00-10:00 horas.

En general, el mayor número de agregaciones se presentó entre las 03:00 y 16:00 horas. Durante el segundo día se registró mayor número de enjambres entre las 03:00-04:00 y 15:00-16:00 horas (Fig. 15).

### Distribución vertical de los enjambres de krill

Durante este experimento se observó que los enjambres del krill entre las 03:00 y 23:00 horas se encontraron a profundidades mayores a los 50 m, mientras que en las siguientes horas estuvieron en las capas superficiales (Fig. 16). Las fluctuaciones de la profundidad media en relación a horas indicaron que durante el amanecer y entre las 15:00-16:00 horas el krill se profundizó superando los 200 m, y a partir de las 21:00 horas los enjambres estuvieron a menos de 60 m (Fig. 17).

### 2DO EXPERIMENTO: ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DEL KRILL EN PEQUEÑA ESCALA, BAHÍA ALMIRANTAZGO

Este experimento tuvo la finalidad de estudiar la dinámica del ecosistema y el desplazamiento de las agregaciones de krill en la bahía Almirantazgo. Entre el 30 y 31 de enero 2007, se efectuaron 16 muestreos en base a rastreo acústico continuo de una línea de 7 mn de longitud.

### Distribución vertical de los enjambres de krill

Verticalmente, se observó el mismo patrón agregativo ya mencionado. Se encontró una correlación entre las zonas de alta concentración y la profundidad media de

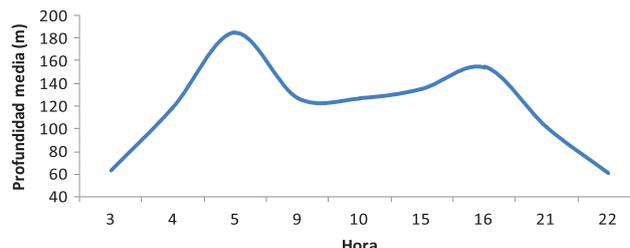


Figura 17.- Profundidad media de las agregaciones del krill. 1er experimento. ANTAR XVII

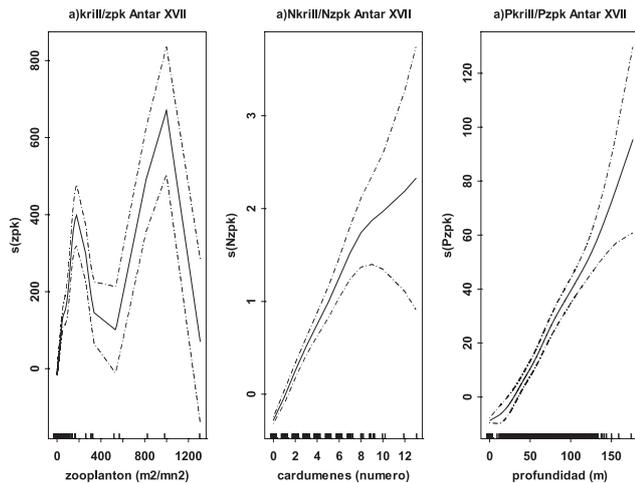


Figura 18.- Análisis multivariado (GAM). Relación del krill con zooplankton, número de enjambres y profundidad. ANTAR XVII

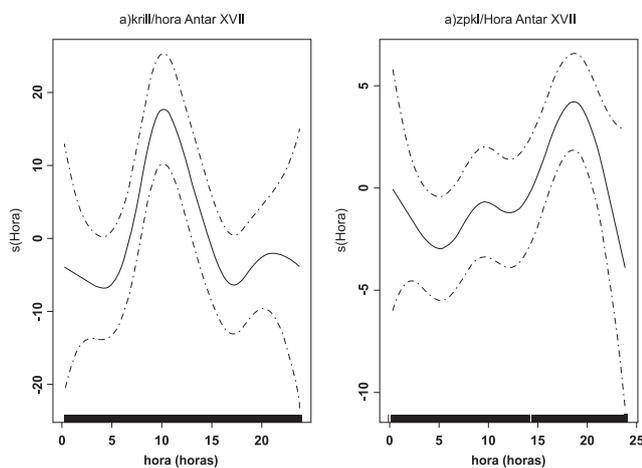


Figura 19.- Análisis multivariado (GAM) relaciones del krill entre día y noche

los enjambres, diferenciándose dos intervalos horarios donde las agregaciones presentaron densidades medias y altas. Los enjambres predominantes se presentaron durante el día, entre las 10:00-11:00 horas, alcanzando profundidades medias de 70 a 80 m. Durante la noche se registraron ecotrazos con un orden de magnitud que se pueden calificar como “densidades medias”.

#### 4. DISCUSIÓN

##### Grado de avance en la investigación

Durante los experimentos realizados la presencia del krill tuvo una relación positiva con el zooplankton más pequeño, esta apreciación se deduce de los análisis GAM en la que se observa una mejor relación en los valores bajos de integración tanto para el krill como

para el zooplankton, mejor relación entre el numero de enjambres de krill y áreas o parches de zooplankton debido a que los dos tienen la misma tendencia de profundidad (Fig. 18). En la figura 19, se muestra la diferencia de valores integrados durante el día entre el krill y el zooplankton, lo que se debió a que el krill durante el día forma estructuras de enjambres más estables o de mayor concentración, mientras que acústicamente el zooplankton presenta mayores valores de integración durante las horas de la noche por su comportamiento nictameral agrupándose en la capa superficial durante la noche, pero estas tendencias o diferencias de integración no representan el real comportamiento de relación entre el krill y el zooplankton debido a que durante el día los valores de reflexión acústica del zooplankton más pequeño es menos detectable, por lo que se sugiere trabajar con equipos de mayor resolución acústica como el uso de la multifrecuencia acústica con el perfilador TAPS, equipo que permite detectar el zooplankton en clases de tallas desde 0,5  $\mu$ m.

Estos resultados deberían ser replanteados junto con los datos de las otras áreas involucradas, ya que se cuenta con información en la misma escala de espacio y tiempo considerando que la línea realizada es un muestreo a mediana escala que permite ver la influencia de los factores oceanográficos, depredadores superiores, aspectos biológicos de los organismos presentes y el resto del zooplankton considerado como alimento.

#### 5. CONCLUSIONES

La distribución del krill se caracterizó por ser más superficial comparando con cruceros de otros años.

La biomasa estimada no fue muy alta debido a mayor presencia de ejemplares juveniles durante este estudio.

Existe una actividad de distribución constante entre las islas Elefante y Clarence independiente de las horas del día.

#### 6. REFERENCIAS

DEMÉR D, CONTI S. 2005. New target-strength model indicates more krill in the Southern Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 25-32.

JOLLY G M, HAMPTON I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 47: 1282-1291.

GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S, BERTRAND A, CASTILLO R, GONZALES A, SWARTZMAN G. 2006. Informe Anual Proyecto Copepod 1. Resultados del Área de Detección y Comportamiento.

# ALGUNOS ASPECTOS DE BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DEL KRILL (*Euphausia superba*), ESTRECHO DE BRANSFIELD E ISLA ELEFANTE, VERANO AUSTRAL 2007 (ANTAR XVII)

## SOME ASPECTS OF BIOLOGY AND ECOLOGY OF KRILL (*Euphausia superba*), BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND, AUSTRAL SUMMER 2007 (ANTAR XVII)

Gladys Cárdenas<sup>1</sup>José Pellón<sup>1</sup>Milagros Franco<sup>1</sup>Pepe Espinoza<sup>2</sup>

### RESUMEN

CÁRDENAS G, PELLÓN J, FRANCO M, ESPINOZA P. 2016. Algunos aspectos de biología y ecología del krill (*Euphausia superba*), estrecho de Bransfield e isla Elefante, verano austral 2007 (ANTAR XVII). *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 89-97.- Se describen los resultados de algunos aspectos de la biología y ecología del krill antártico *Euphausia superba* a lo largo del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante (Primera Fase) y entre las islas Elefante y Clarence (Segunda Fase), obtenidos del 17 al 23 de enero 2007 a bordo del BIC Humboldt. Se efectuaron 25 lances experimentales de pesca: 13 correspondieron a la primera fase y 12 a la segunda. La captura total fue 6.852 kg, el 99% fue krill antártico. La distribución vertical del krill antártico estuvo entre 25 y 50 m de profundidad en el estrecho de Bransfield; en las islas Elefante y Clarence, se localizaron a mayor profundidad (50-75 m). La estructura por tamaños de *E. superba* mostró dos modas marcadas, una conformada por individuos sub adultos (43 mm de longitud total-LT) y otra por juveniles (28-30 mm LT). Por zonas, los juveniles fueron representativos en el estrecho de Bransfield y en el Frente oceánico; en tanto que los adultos (principalmente hembras grávidas) con mayor peso corporal se encontraron en las islas Elefante y Clarence. Entre las 04:00 y 12:00 horas los ejemplares estuvieron moderada e intensamente alimentados; mientras que, entre las 16:00 y 20:00 horas ligeramente alimentados. La dieta del krill estuvo constituida por elementos fitoplanctónicos (diatomeas, dinoflagelados y tintínidos). No se observó diferencias notables de la dieta del krill respecto a los tamaños, horas del día y profundidad de captura.

PALABRAS CLAVE: Krill, *Euphausia superba*, estructura de tallas, comunidad pelágica, dieta

### ABSTRACT

CÁRDENAS G, PELLÓN J, FRANCO M, ESPINOZA P. 2016. Some aspects of biology and ecology of krill (*Euphausia superba*), Bransfield Strait and Elephant Island, austral summer 2007 (ANTAR XVII). *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 89-97.- Results are described of some biological and ecological aspects of the Antarctic krill along Bransfield Strait and Elephant Island (First phase) as well as between Elephant and Clarence Islands (Second phase), conducted on board the RV Humboldt from January 17<sup>th</sup> to 23<sup>rd</sup> 2007, with the goal to know the distribution, size composition, sex ratio, length-weight, feeding intensity and diet. Twenty-five fishing hauls were made: 13 were for the first phase and 12 to the second. The total catch was 6,852 kg of which 99% corresponded to Antarctic krill. The vertical distribution was shallow between 25 and 50 m of depth; otherwise on Elephant and Clarence Islands were located deeper (50-75 m). The size structure of *E. superba* showed two modes, one of them made up by sub adult individuals (43 mm of total length-TL) and juveniles (28-30 mm TL). By areas, juveniles were representative in Bransfield Strait and Ocean Front whereas, adults' mainly gravid females with higher body weight were found at Elephant and Clarence Islands. Between 04:00 and 12:00 hours, individuals were moderate and intensively fed while between 16:00 and 20:00 hours, slightly fed. The krill diet was constituted by phytoplankton elements (diatoms, dinoflagellates and tintinnids). No significant differences were observed in the krill diet regarding the sizes, time of day and depth of catch.

KEYWORDS: Antarctic krill, *Euphausia superba*, size structure, pelagic community, diet

## 1. INTRODUCCIÓN

El Perú, contribuye al esfuerzo internacional de investigación para el conocimiento de las interrelaciones ecológicas de la comunidad de organismos pelágicos y los parámetros físicos, químicos y biológicos en el ecosistema marino antártico, continuando con el proyecto COPEPOD II, en base al Crucero de investigación multidisciplinario en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, durante el verano austral 2007.

El krill antártico *Euphausia superba* vive en un ambiente con abundancia muy variable de alimento (SCHMIDT et al. 2004) y es la especie clave de la red alimentaria antártica (HOPKINS et al. 1993). Se alimenta y migra formando enjambres y es capaz de reducir su suplemento de alimento en corto tiempo (SCHMIDT op. cit.). Su dieta está compuesta mayormente por fitoplancton durante el verano austral mientras que durante el invierno se alimenta de algas que habitan bajo la superficie del hielo (GASCÓN y WERNER, 2005) y se ha mencionado que puede alimentarse de

1 Unidad de Investigaciones de Recursos Neríticos Pelágicos-IMARPE. gcardenas@imarpe.gob.pe

2 Laboratorio de Ecología Trófica-IMARPE

zooplancton (PRICE et al. 1988). Entre sus depredadores se encuentran aves marinas, focas, calamares, peces y ballenas barbadas (ALONZO et al. 2003).

El presente documento contiene los resultados del análisis de las capturas obtenidas en los lances de comprobación, así como la composición por especies y esfuerzo de pesca. También, se determina la distribución vertical, estructura por tallas, relación longitud-peso, alimentación del krill, entre otros.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El crucero multidisciplinario a bordo del BIC Humboldt, se realizó en dos etapas, la primera consistió en una prospección sinóptica en el área 48.1, entre el 17 y 23 de enero 2007, con el propósito de definir los patrones de distribución de las principales especies de la comunidad pelágica, realizándose rastreos acústicos, estaciones oceanográficas y lances de pesca; en la segunda etapa se realizó un experimento de pequeña escala entre las islas Elefante y Clarence del 24 al 27 de enero 2007, con el objetivo de conocer distribución, composición por tamaños, intensidad alimentaria y dieta del krill.

Se realizaron lances de comprobación con red de arrastre pelágico ENGEL 494/800, 13 lances fueron en el estrecho de Bransfield y 12 en la zona del experimento (isla Elefante).

En cada lance de pesca se determinó la composición por especies; en el caso de capturas significativas se obtuvo una sub-muestra, la cual se infirió a la captura total. Se realizaron muestreos biométricos del krill, para este efecto se consideró la longitud total (desde el rostrum hasta el extremo final del telson) al milímetro inferior, con la ayuda de un calibrador de vernier. El agrupamiento de tallas de krill, se realizó según el criterio de ATKINSON et al. (2004) que consiste en: juveniles (12-38 mm), subadultos (38-44 mm) y adultos (>44 mm).

La relación Longitud-Peso se determinó mediante una regresión potencial, obteniéndose los valores de las constantes a y b de la fórmula  $Y = a X^b$ , donde:

X = Longitud total en milímetros

Y = Peso en gramos

La intensidad alimentaria del krill, se determinó por la transparencia del cefalotórax que permite observar el grado de coloración del estómago y hepatopáncreas al ingerir el fitoplancton, el cual es almacenado en el sistema digestivo del animal; para este fin se tomó una sub-muestra de krill fresco inmediatamente después de la captura, sin daño mecánico externo. Para la catalogación de los diferentes tipos de intensidad alimentaria se empleó la escala recomendada por CCAMLR (1999):

Tipo I: No alimentado

Tipo II: Ligeramente alimentado

Tipo III: Moderadamente alimentado

Tipo IV: Intensamente alimentado

Para los estudios de dieta del krill, en cada lance se coleccionaron muestras al azar y se preservaron en formol diluido al 10% en frascos rotulados para su análisis en el laboratorio de ecología trófica del Instituto del Mar del Perú.

En el laboratorio, se procedió a medir los individuos de cada muestra y se ordenaron de menor a mayor, para la extracción de los sacos gástricos, los que fueron preservados en micro viales con formol al 10% para su revisión al microscopio empleando 40X de aumento.

La observación de las muestras se realizó tratando de llegar al mínimo taxón posible empleando las siguientes referencias bibliográficas (FERNANDES 1999, FRENGUELLI 1943, FRENGUELLI y ORLANDO 1958, HASLE y SYVERTSEN 1996).

Los datos registrados fueron hora, profundidad de captura, número y presencia de organismos fitoplanctónicos, que se expresaron en porcentaje y analizaron con la técnica estadística multivariada no paramétrica denominada escalamiento multidimensional en el entorno PRIMER (CLARKE 1993) en función de la talla del krill. La bondad de ajuste (stress) se delimitó de la siguiente manera: valor <0,05 es una excelente representación espacial; <0,1 es bueno; <0,2 puede ser bueno; >0,25 puede ser erróneo;  $0,35 < \text{stress} < 0,4$  la representación gráfica no está relacionada con los rangos de similitud (CLARKE 1993).

## 3. RESULTADOS

### PROSPECCIÓN SINÓPTICA

**Composición por especies en las capturas.**- Se capturó 3.387 kg, el 99% (3.352 kg) correspondió al krill antártico. El grupo de otros organismos estuvo conformado por peces mictófidos, *Chaenocephalus* sp., *Cryodraco* sp., larvas de peces, eufáusidos del género *Thysanoessa*, medusas, salpas, sifonóforos (Fig. 1).

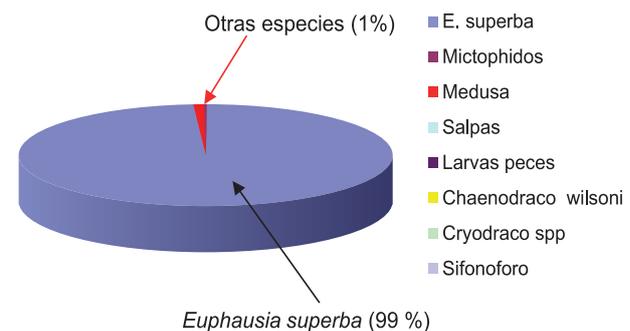


Figura 1.- Composición por especies, prospección sinóptica. ANTAR XVII

**Distribución vertical.-** Mayores capturas se obtuvieron entre 25 y 50 m de profundidad y entre 50 y 75 m (Fig. 2). Durante la noche los enjambres de krill, se encontraron más densos, la captura promedio fue 367,50 kg por lance; en horas diurnas la captura promedio fue 244,57 kg por lance, dando un factor de relación (captura noche/captura día) de 0,45.

**Estructura por tamaños del krill antártico.-** La estructura por tallas en toda el área prospectada, abarcó de 22 a 57 mm de longitud total (LT), con moda principal entre 28 y 30 mm LT, correspondiendo fundamentalmente a ejemplares juveniles (<37 mm LT) (Fig. 3).

Los individuos juveniles (<37 mm LT) fueron los más representativos en el estrecho de Bransfield y en el Frente oceánico; mientras que los ejemplares sub adultos (38-44 mm LT) y adultos (>44 mm LT) fueron más abundantes en los alrededores de las islas Elefante y Clarence (Fig. 4).

**Intensidad alimentaria del krill antártico.-** El análisis de la intensidad alimentaria del krill antártico durante la prospección sinóptica, mostró que la mayor parte de individuos muestreados en el estrecho de Bransfield fueron del tipo 3 y 4, es decir estuvieron moderadamente e intensamente alimentados, mientras que en la isla Elefante predominaron los ligeramente y moderadamente alimentados (Fig. 5).

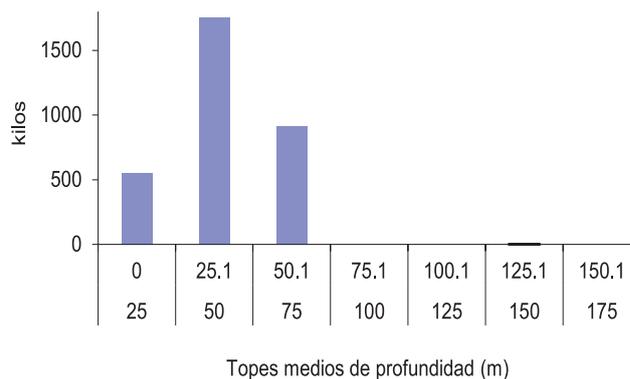


Figura 2.- Capturas (kg) de krill, según profundidad. ANTAR XVII

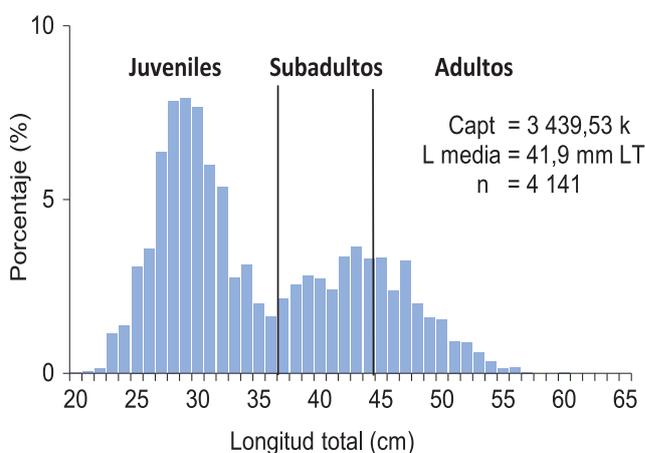


Figura 3.- Estructura por tallas del krill. ANTAR XVII

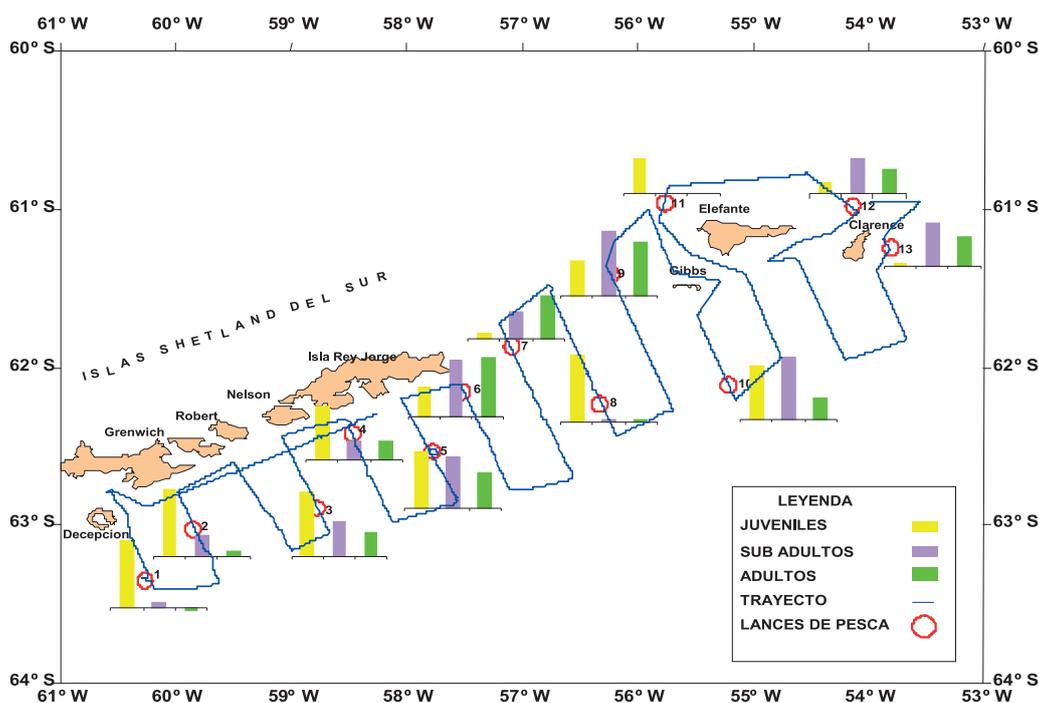


Figura 4.- Distribución del krill antártico, según grupos de tamaños, prospección sinóptica (17-23 Enero 2007). ANTAR XVII

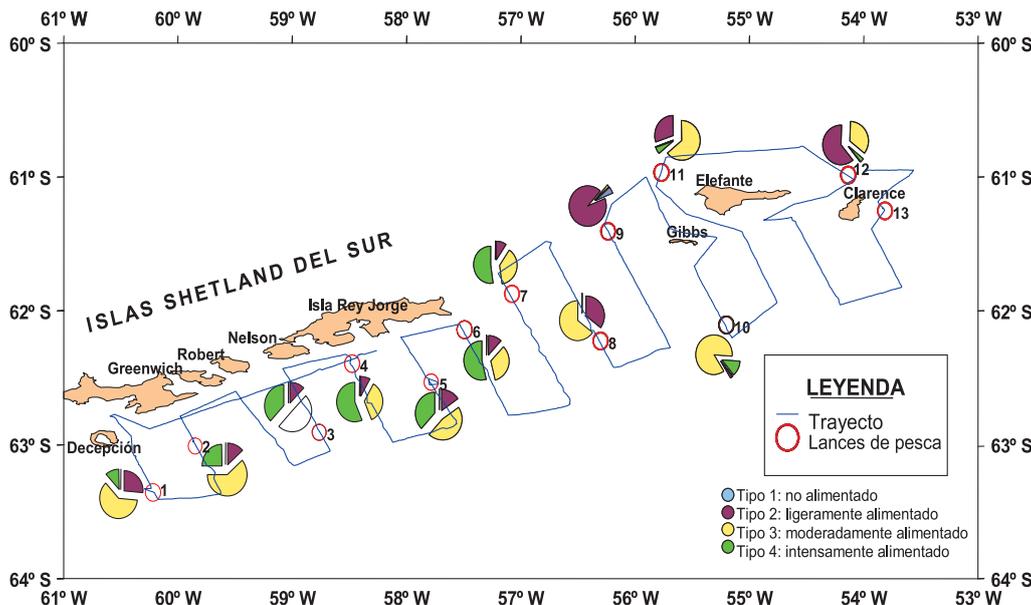


Figura 5.- Distribución del krill antártico, según grado de intensidad alimentaria, prospección sinóptica. ANTAR XVII

**EXPERIMENTO EN LA ISLA ELEFANTE**

**Composición por especies en las capturas.-** La captura en la zona del experimento fue de 3.465 kg, correspondiendo el 99% al krill antártico (3.440 kg) y el 1% a otras especies (25 kg) (Fig. 1). Las mayores capturas se registraron entre 50 y 75 m de profundidad; así como entre 100 y 125 m (Fig. 6). A diferencia de la prospección sinóptica en las que fueron superficiales.

**Estructura por tamaños del krill antártico.-** La estructura por tallas en la isla Elefante fue predominantemente adulta, con rango de 20 a 60 mm LT, con tres modas 43, 48 y 28 mm LT y longitud promedio 41,9 mm LT (Fig. 7).

Según estratos de profundidad, los juveniles se encontraron principalmente entre 50 y 100 m de profundidad y los sub adultos y adultos se localizaron indistintamente a cualquier profundidad, desde los 25 m hasta más de 125 m. Los grupos importantes de sub-adultos y adultos estuvieron constituidos por ejemplares con rango de tallas entre 39 y 54 mm LT (Fig. 8).

Según horas del día, los juveniles (<37 mm LT) fueron capturados durante el día; mientras que los ejemplares sub adultos (38-44 mm LT) y adultos (>45 mm LT) se capturaron tanto en el día como en la noche (Fig. 9).

Los ejemplares sub adultos (38-44 mm LT) y adultos (>45 mm LT) fueron los más abundantes, representando el 79% del total, de los cuales la gran mayoría fueron hembras grávidas; los juveniles (<37 mm LT) representaron el 21% (Fig. 10).

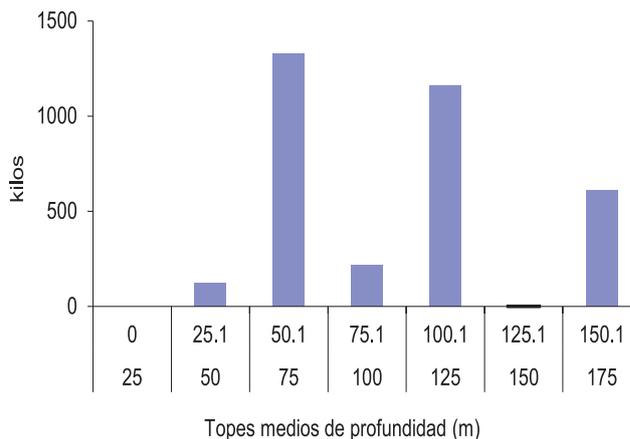


Figura 6.- Capturas (kg) de krill antártico, según topes medios de profundidad, en la zona de experimento. ANTAR XVII

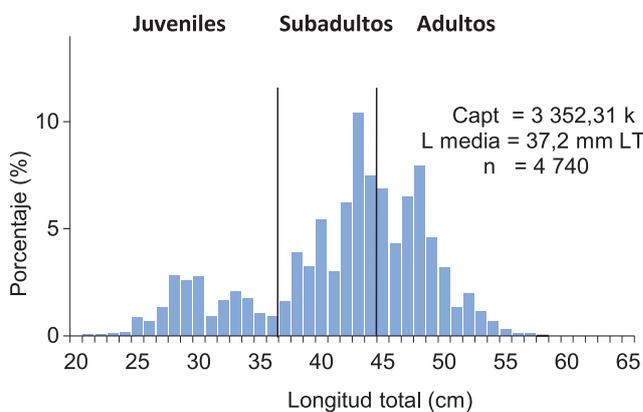


Figura 7.- Estructura por tallas del krill antártico durante la prospección. ANTAR XVII

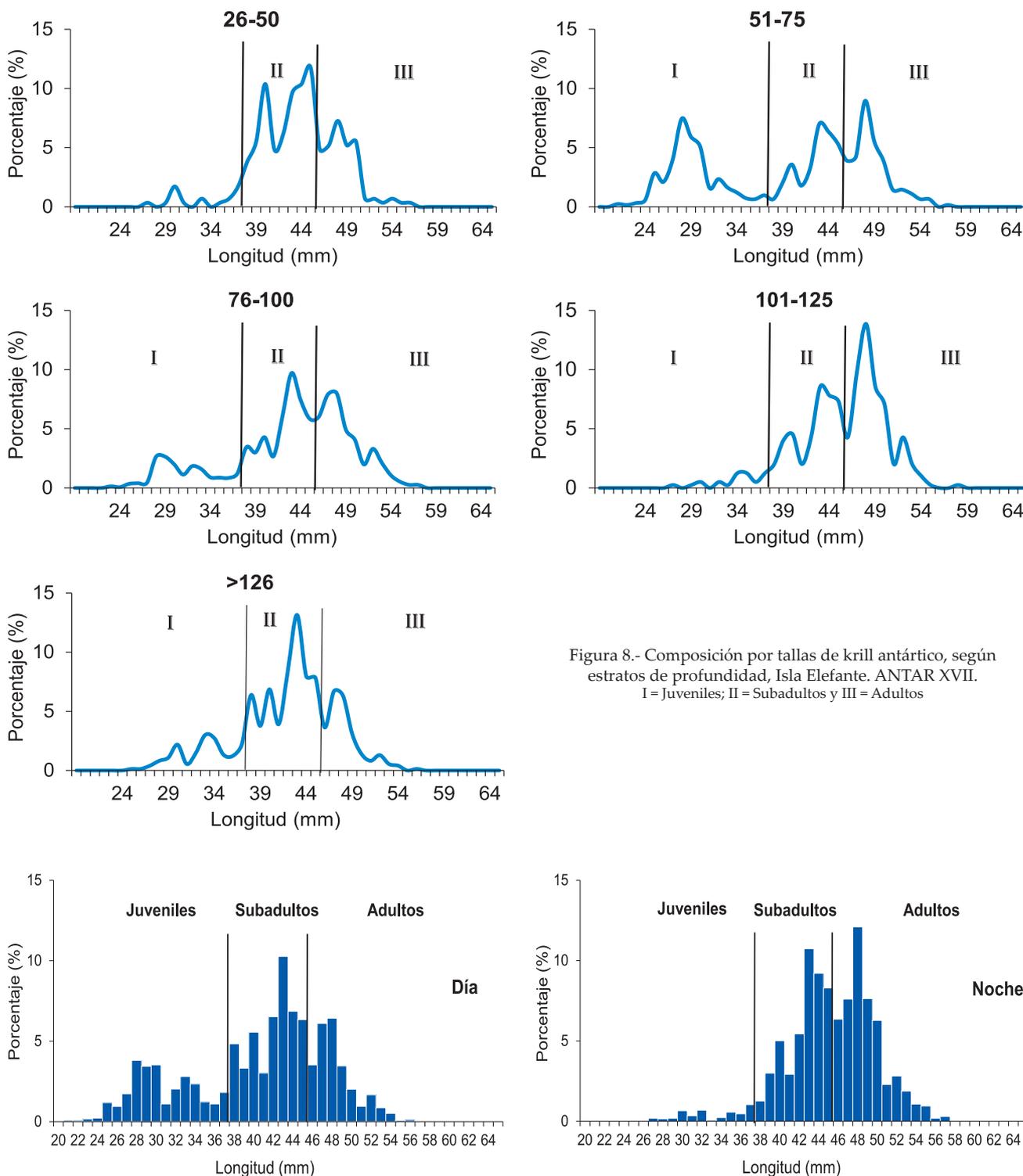


Figura 8.- Composición por tallas de krill antártico, según estratos de profundidad, Isla Elefante. ANTAR XVII. I = Juveniles; II = Subadultos y III = Adultos

Figura 9.- Estructura por tallas del krill antártico, según horas del día, en la zona del experimento (Isla Elefante). ANTAR XVII

**Intensidad alimentaria del krill antártico.**- En la zona del experimento el mayor porcentaje de individuos de krill estuvieron ligeramente alimentados (55%) (Fig. 11).

Según grupos de tamaños (<37, 38-44 y >45 mm LT), se determinó que gran parte de los ejemplares juveniles se encontraron moderada e intensamente alimentados

(Tipos 3 y 4), los sub-adultos y adultos ligeramente alimentados (Fig. 12).

Según horas del día, se registró que entre 04:00 y 12:00 horas, la mayor proporción de ejemplares de krill estuvieron moderada e intensamente alimentados y entre 16:00 y 20:00 horas predominaron los ligeramente alimentados (Fig. 13).

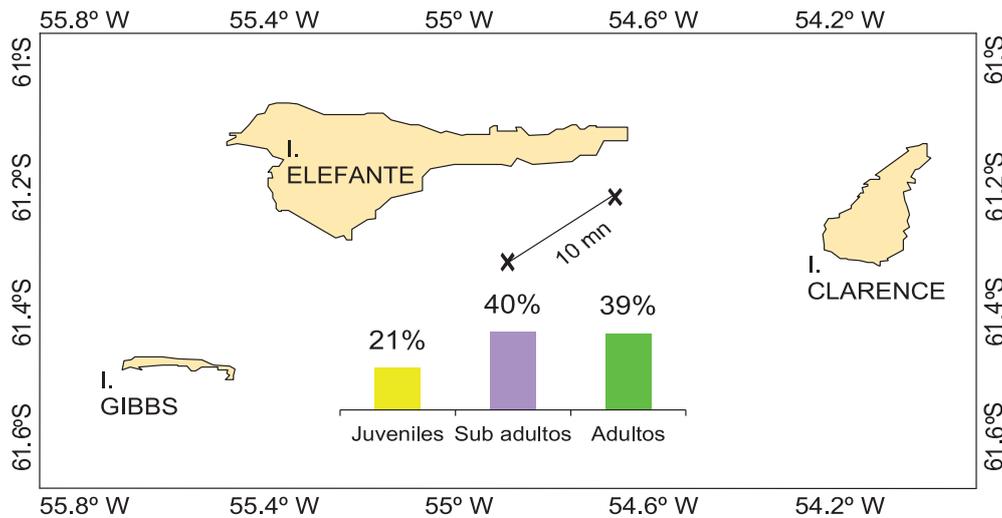


Figura 10.- Distribución del krill antártico, según grupos de tamaños durante el experimento (24-26 Enero 2007). ANTAR XVII

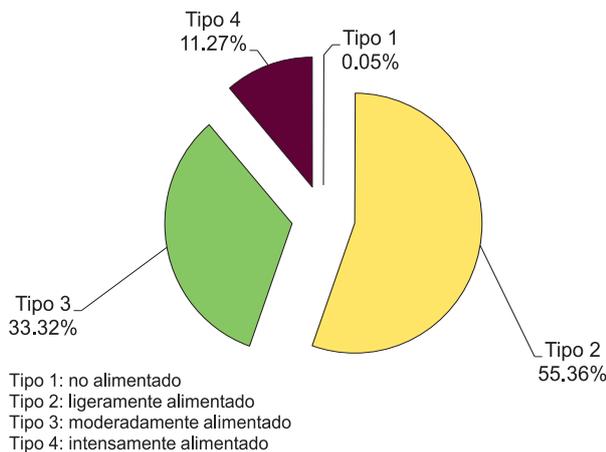


Figura 11.- Intensidad alimentaria del krill antártico en la zona del experimento (Isla Elefante). ANTAR XVII

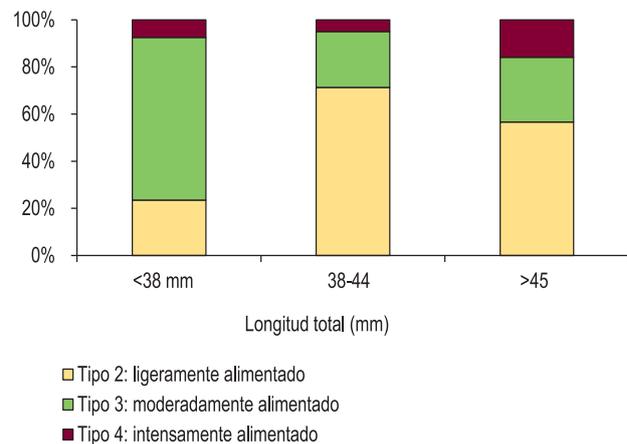


Figura 12.- Intensidad alimentaria del krill antártico, según grupos de individuos. ANTAR XVII

**Proporción sexual.-** El análisis se efectuó sobre 1.558 ejemplares y mostró la relación de 0,84:1 con predominio de hembras (54%) respecto a machos (46%). Cabe destacar que el rango de tallas de los ejemplares varió entre 34 y 59 mm LT.

**Relación Longitud – Peso.-** Los pesos promedios de 638 grupos de individuos fueron analizados para determinar la relación longitud-peso, de una muestra de 8.568 individuos frescos de krill, aplicando para este fin una regresión potencial (Fig. 14).

Los valores de los parámetros en la relación Longitud-Peso indican que los ejemplares adultos provenientes de las capturas realizadas entre las islas Elefante y Clarence, presentaron mayor peso corporal que los capturados en el estrecho de Bransfield, frente y alrededor de la isla Elefante, (Tabla 1, Fig. 15).

**Dieta del krill antártico.-** Se analizaron 445 individuos con longitud total entre 21 y 59 mm; la dieta estuvo compuesta por elementos fitoplanctónicos, registrándose un total de 23 ítems entre diatomeas, dinoflagelados y tintínidos (Tabla 2). Las diatomeas fueron el componente más frecuente y numeroso destacando entre ellas los géneros *Cocconeis* sp. (%FO = 14,18; %N= 19,51), *Navicula* sp. (%FO = 10,61; %N=7,49), *Fragilariopsis cylindrus* (%FO= 9,96; %N= 15,56) y el tintínido *Cymatocylis* sp. (%FO= 10,17; %N= 14,77).

**Análisis multivariado.-** Los análisis de escalamiento multidimensional (MDS) se realizaron teniendo en cuenta los valores numéricos de las presas.

Con respecto a la talla (Fig. 16a), no se observó diferencias notables, así como con respecto a la hora de captura (Fig. 16b) y la profundidad de captura (Fig. 16c). Es pertinente mencionar que los resultados obtenidos son similares a lo observado durante la anterior expedición.

Tabla 1.- Valores de los parámetros de la relación longitud-peso de *Euphausia superba*

Parámetros Zonas	a	b	R <sup>2</sup>	N (individuos)	N (grupos)
Estrecho Bransfield Rango = 20-60 mm (LT)	0,000005	3,0702	0,98	2090	184
Frente oceánico Rango = 21-57 mm (LT)	0,000005	3,0806	0,98	1557	120
Isla Elefante Rango = 21-55 mm (LT)	0,000006	3,0511	0,98	780	53
Experimento Rango = 21-58 mm (LT)	0,000003	3,2514	0,98	4141	281
Total área evaluada	0,000004	3,1588	0,98	8568	638

Tabla 2.- Componentes de la dieta de *E. superba*, cerca de la isla Elefante. ANTAR XVII

Grupos	Especies	%F	%N
	<i>Actinocyclus</i> sp.	0,22	0,08
	<i>Amphora</i> sp.	0,11	0,04
	<i>Amphiprora</i> sp.	0,11	0,04
	<i>Cocconeis</i> sp.	14,18	19,51
	<i>Detonula</i> sp.	1,84	1,58
	<i>Fragilaria</i> sp.	3,03	2,25
	<i>Fragilariopsis cylindrus</i>	9,96	15,56
	<i>F. kerguelensis</i>	6,71	6,16
	<i>F. rhombica</i>	4,98	10,40
Diatomeas	<i>Fragilariopsis</i> sp.	7,90	7,70
	<i>Gomphonema</i> sp.	0,76	0,50
	<i>Grammatophora</i> sp.	0,76	0,50
	<i>Licmophora</i> sp.	6,60	4,28
	<i>Navicula</i> sp.	10,61	7,49
	<i>Thalassiosira</i> sp.	7,14	4,49
	<i>Tropidoneis</i> sp.	0,11	0,04
	Centrice	3,46	1,96
	Pennate 1	2,49	1,33
	Pennate 2	0,11	0,04
Dinoflagelado	<i>Dinophysis</i> sp.	2,38	1,25
	<i>Protoperidinium</i> sp.	0,11	0,04
Tintínidos	<i>Cymatocylis</i> sp.	10,17	14,77
Restos de <i>Coscinodiscus</i> sp. (+)		6,28	

#### 4. DISCUSIÓN

Durante esta expedición, los juveniles de krill fueron los más representativos en el estrecho de Bransfield; mientras que los subadultos y adultos predominaron en la zona del experimento (isla Elefante). Al comparar estos resultados con los obtenidos en el verano austral del 2006, se colige que el reclutamiento fue mejor en este período porque predominaron los ejemplares juveniles; mientras que en el 2006 fueron mayormente adultos, con una longitud promedio de 46,1 mm de longitud total (CÁRDENAS et al. 2007).

El análisis de la estratificación por tamaños del krill, mostró algunas diferencias en el comportamiento según horas del día y estratos de profundidad, teniéndose en cuenta que las condiciones ambientales durante la ejecución de esta campaña fueron mejores a las registradas en el verano del 2006. Los ejemplares juveniles fueron capturados tanto en el estrecho de Bransfield como en la zona del experimento mayormente en horas del día y hasta los 75 m de profundidad; mientras que los subadultos y adultos fueron capturados principalmente en horas de la noche e indistintamente a diferentes profundidades.

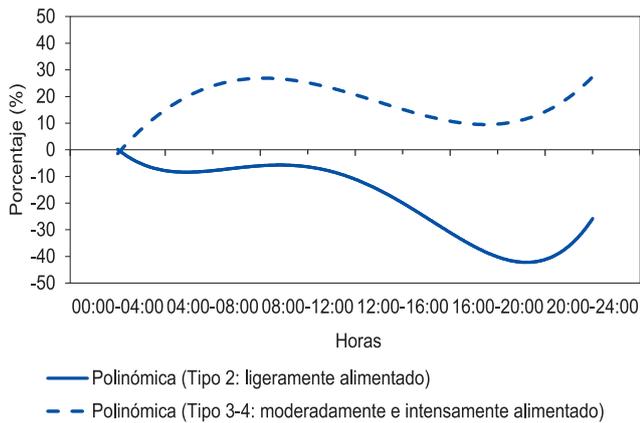


Figura 13.- Intensidad alimentaria del krill antártico, según horas del día en la zona del experimento (Isla Elefante). ANTAR XVII

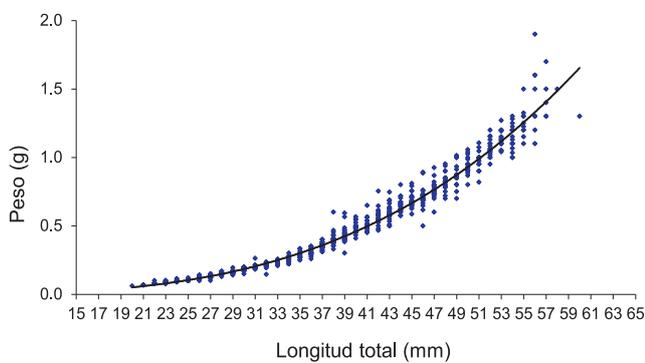


Figura 14.- Relación longitud-peso global del krill antártico. ANTAR XVII

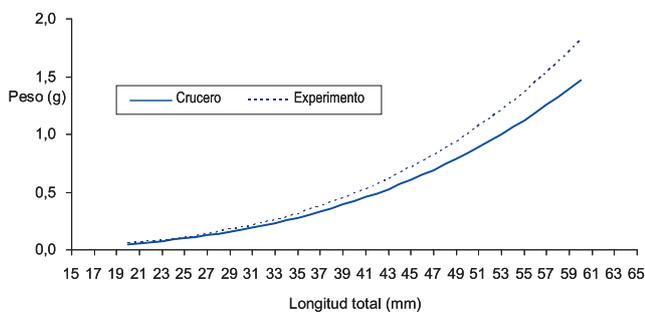


Figura 15.- Relación longitud-peso del krill por zonas: estrecho Bransfield, frente y alrededores de la isla Elefante y entre las islas Elefante y Clarence. ANTAR XVII

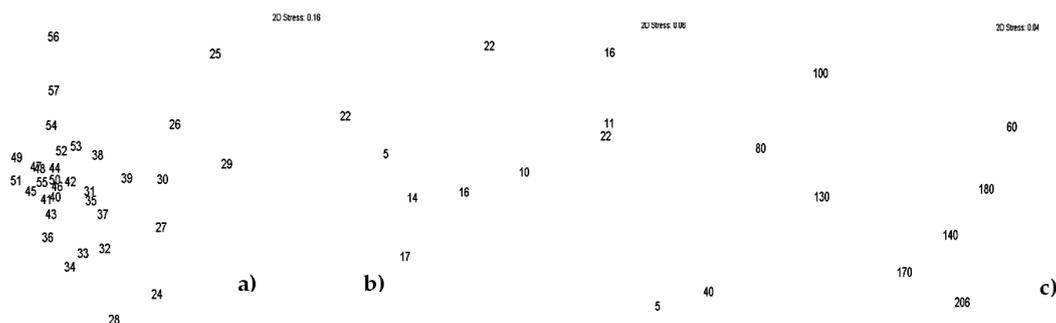


Figura 16.- Análisis de escalamiento multidimensional en función de a) la talla, b) hora de captura, c) profundidad de captura del krill antártico. ANTAR XVII

Los resultados del análisis de escalamiento multidimensional con respecto de la talla del krill, la hora del día y la profundidad de captura, se pueden atribuir a lo que mencionó FALK-PETERSEN et al. (2000) que el krill está bien adaptado al pastoreo del fitoplancton cuya producción se intensifica durante el verano austral. Durante este período con solo ingerir fitoplancton es capaz de incrementar su reserva de lípidos hasta un 50% (FALK-PETERSEN et al. 2000) el cual es transferido a través de la cadena trófica a sus depredadores proporcionándoles las calorías necesarias para la supervivencia en este ecosistema de cambios muy marcados (FALK-PETERSEN et al. 1990). Así mismo, mediante estudios de la dinámica de los lípidos en el krill durante el verano austral, se han encontrado mayormente ácidos grasos típicos del fitoplancton (CRIPPS y HILL 1998, FALK-PETERSEN et al. 2000).

Aunque, teniendo en cuenta el alimento disponible en el área de estudio, el que según Ochoa et al. (este volumen) se ha visto disminuido, no se traduce en cambios en la dieta. También debemos tener en cuenta que el krill se alimenta eficientemente de partículas mayores de 20  $\mu\text{m}$  (MEYER y EL-SAYED 1983, BOYD et al. 1984) y entre ellas se consideran a las diatomeas y los demás elementos del fitoplancton encontrados en la dieta.

Acerca de la diatomea *Fragilariopsis* sp., se le considera del tipo pennate y que forma asociaciones alrededor de un eje las cuales han sido contadas en su totalidad pero no ha sido posible identificarlas a nivel de especie.

Los resultados obtenidos representan una imagen instantánea y no concluyente puesto que necesariamente debe plantearse el empleo de técnicas alternativas que respalden lo obtenido y permitan cuantificar la dieta del krill.

## 5. CONCLUSIONES

En toda el área evaluada, la captura total fue de 6.852 kg, de los cuales el 99% correspondió al krill antártico *Euphausia superba* y el 1% a otros organismos.

Los individuos juveniles fueron los más representativos en el estrecho de Bransfield y Frente oceánico a diferencia de la zona del experimento donde los adultos y sub-adultos fueron los más abundantes. Los ejemplares de mayor tamaño correspondieron a hembras grávidas.

La estratificación por tallas del krill antártico, mostró diferencias según horas del día y estratos de profundidad principalmente en los individuos <37 mm de longitud total (juveniles).

La dieta del krill estuvo compuesta por elementos fitoplanctónicos, los individuos analizados estuvieron ligeramente y moderadamente alimentados.

No se han observado cambios en la dieta del krill, según tamaños, estratos de profundidad y horas de captura.

## 6. REFERENCIAS

- ALONZO S H, SWITZER P V, MANGEL M. 2003. An ecosystem-based approach to management: using individual behaviour to predict the indirect effects of Antarctic krill fisheries on penguin foraging. *Journal of Applied Ecology* 40: 692-702.
- ATKINSON A, SIEGEL V, PAKHOMOV E, ROTHERY P. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in s alps within the Southern Ocean. *Nature* (Vol. 432): 100-103.
- BOYD C M, HEYRAUD M, BOYD C N. 1984. Feeding of the Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Journal of Crustacean Biology* 4 (spec. 1): 123-141.
- CÁRDENAS G, PELLÓN J, FRANCO M, ESPINOZA P. 2007. Algunos aspectos de la biología y ecología del krill antártico, *Euphausia superba* en el Estrecho de Bransfield e Isla Elefante, durante el verano austral del 2006 (ANTAR XVI). En: Informe Anual del proyecto COPEPOD I, Biología, Ecología de las principales comunidades pelágicas del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante.
- CCAMLR. 1999. Manual del Observador Científico. CCAMLR, Hobart, Australia.
- CLARKE K R. 1993. Non parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.
- CRIPPS G C, HILL H J. 1998. Changes in lipid composition of copepods and *Euphausia superba* associated with diet and environmental conditions in the marginal ice zone, Bellinghausen Sea, Antarctica. *Deep-See Research* 45: 1357-1381.
- FALK-PETERSEN S, HOPKINS C C E, SARGENT J R. 1990. Trophic relationships in the pelagic arctic food web. In *Trophic relationships in the marine environment*. Edited by M. Barnes and R.N. Gibson. Aberdeen University Pressm Aberdeen, Scotland, pp: 315-333.
- FALK-PETERSEN S, HAGEN W, KATTNER G, CLARKEA, SARGENT J. 2000. Lipids, trophic relationships, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57 (Suppl. 3): 178-191.
- FERNANDES L. 1999. Tintinidos (Ciliophora - Subordem Tintinnina) de águas subantárticas e antárticas entre a Argentina e a Península Antártica (35°S–62°S) (novembro 1992). *Rev. Brás oceanogr.* 47(2):155-171.
- FRENGUELLI J. 1943. Diatomeas de las Orcadas del Sur. *Revista del Museo de La Plata Tomo V (Botánica N° 21)*.
- FRENGUELLI O, ORLANDO H. 1958. Diatomeas y silicoflagelados del sector antártico sudamericano. Publicación N° 5. Instituto Antártico Argentino. 191 pp.
- GASCÓN V, WERNER R. 2005. El krill antártico: estudio de caso sobre implicaciones de la pesca en el ecosistema. Antarctic and Southern Ocean Coalition, 31 pp.
- HASLE G R, SYVERTSEN E E. 1996. Marine diatoms. En, Tomas, C. R. (Ed.) *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc., 5-385 pp.
- HOPKINS T L, LANCRAFT T M, TORRES J J, DONELLEY J. 1993. Community structure and trophic ecology of zooplankton in the Scotia Sea marginal ice zone in winter (1988), *Deep-sea Research* 40: 81-105.
- MEYER M A, EL SAYED S Z. 1983. Grazing of *Euphausia superba* Dana on natural phytoplankton populations. *Polar Biology* 1: 193-197.
- PRICE H J, BOYD K R, BOYD C M. 1988. Omnivorous feeding behavior of the Antarctic krill *Euphausia superba*. *Marine Biology* 97: 67-77.
- SCHMIDT K, MC CLELLAND J W, MENTE E, MONTROYA J P, ATKINSON A, VOSS M. 2004. Trophic-level interpretation based on  $\delta^{15}N$  values: implications of tissue-specific fractionation and amino acid composition. *Marine Ecology Progress Series* 266: 43-58.

# CONDICIONES HIDROQUÍMICAS DEL MAR FRENTE AL ESTRECHO DE BRANSFIELD, VERANO AUSTRAL 2007 (ANTAR XVII)

## HYDROCHEMICAL SEA CONDITION FRONT BRANSFIELD STAIT, SOUTHERN SUMMER 2007 (ANTAR XVII)

Jesús Ledesma<sup>1</sup>      Violeta Leon<sup>1</sup>      Georgina Flores<sup>1</sup>  
Miguel Sarmiento<sup>1</sup>      Carlos Robles<sup>1</sup>

### RESUMEN

LEDESMA J, LEÓN V, FLORES G, SARMIENTO M, ROBLES C. 2016. Condiciones hidroquímicas del mar frente al estrecho de Bransfield, verano austral 2007 (ANTAR XVII). *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 98-104.- Se exploran las relaciones funcionales del ecosistema marino y los parámetros hidroquímicos en el estrecho de Bransfield, con el objetivo de mejorar la comprensión de las interacciones ambiente y el recurso krill (*Euphausia superba*), considerado el crustáceo más importante y abundante en el ecosistema marino antártico. Las mayores cantidades de clorofila-a se presentaron en la zona norte del área evaluada, coincidiendo con la mayor distribución del krill en la zona costera de las islas Decepción y Elefante, con valores de 0,5 a 1,0 µg/L. Los contenidos de oxígeno disuelto mostraron una isolínea mínima de 6,25 mL/L entre los 250 y 300 m de profundidad, habituales con respecto a investigaciones anteriores. Los silicatos estuvieron influenciados por la dinámica física del estrecho de Bransfield, con isolíneas de 70,0 µM disminuyendo en zonas intermedias generándose núcleos de 30,0 a 50,0 µM.

PALABRAS CLAVE: Estrecho de Bransfield, condiciones hidroquímicas

### ABSTRACT

LEDESMA J, LEÓN V, FLORES G, SARMIENTO M, ROBLES C. 2016. Hydrochemical sea condition front Bransfield Strait, southern summer 2007 (ANTAR XVII). *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 98-104.-This study explores the functional relationships of the marine ecosystem in the Bransfield Strait and hydrochemical parameters, aiming to improve the understanding of the environment and resource interactions krill (*Euphausia superba*), considered the most important and abundant crustacean in the Antarctic marine ecosystem. The greatest amounts of chlorophyll-a is presented in the north of the area evaluated, coinciding with the largest distribution of krill in the coastal area of Deception Islands and Elephant with values of 0.5 to 1.0 µg/L chlorophyll-a. The dissolved oxygen content isoline showed a minimum of 6.25 mL/L between the 250 and 300 m depth, normal with respect to previous. The silicates were influenced by the physical dynamics of the Bransfield Strait, with isolines of 70.0 µM and decreasing in intermediate areas generating cores from 30.0 to 50.0 µM.

KEYWORDS: Bransfield Strait, hydrochemical conditions

## 1. INTRODUCCIÓN

La Décimo Séptima Expedición Peruana Antártica (ANTAR XVII) se llevó a cabo en el Verano Austral del 2007. El muestreo oceanográfico se efectuó entre el 17 y 24 de enero del 2007, a bordo del BIC Humboldt, con el fin de conocer la distribución del recurso krill y su relación con los parámetros ambientales. Los trabajos se iniciaron frente a la isla Decepción finalizando en los alrededores de la isla Elefante. Las concentraciones de fosfatos y silicatos se presentaron elevadas con mayor incidencia en estos últimos, típicos de la región Antártica, siendo superiores a lo registrado por CALIENES et al. 1989 y FLORES et al. 2003, los nutrientes evaluados no alcanzan concentraciones limitantes para la producción primaria. Los parámetros hidroquímicos reflejaron una distribución fuertemente influenciada por escalas temporales.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se ejecutaron un total de 40 estaciones oceanográficas, a niveles de superficie y subsuperficie, realizándose 4 secciones de estaciones hidrográficas entre las islas Shetland del Sur y Elefante (Fig. 1). La toma de muestras superficiales se realizó mediante un recipiente plástico (balde) y las de profundidad con botellas Niskin a niveles estándares de: 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m. La determinación de oxígeno disuelto se realizó a bordo empleando el método de Winkler modificado por CARRIT y CARPENTER (1966). Las determinaciones de fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos se realizaron de acuerdo a las técnicas y modificaciones dadas por STRICKLAND y PARSONS (1972) utilizando el espectrofotómetro Lambda 40P marca Perkin Elmer. Para la clorofila-a se utilizó el método fluorométrico de HOLM-HANSEN (1965)

1 Área de Hidroquímica – DGIOCC - IMARPE. Laboratorio de Ecología Trófica-IMARPE. jledesma@imarpe.gob.pe

utilizando el fluorómetro 10-AU Turner Designs. Las mediciones del potencial hidronio se realizaron con un potenciómetro Seven Multi Mettler Toledo, calibrado con soluciones buffer certificadas.

### 3. RESULTADOS

#### Oxígeno disuelto

Los contenidos de oxígeno disuelto en la superficie del mar variaron de 7,22 a 7,96 mL/L, las concentraciones más elevadas se encontraron relacionadas a temperaturas por debajo 0 °C frente a la isla D'Urville. Por otro lado se registró un núcleo mínimo de 7,25 mL/L de oxígeno al sur de la isla Elefante. El estrecho de Bransfield presentó temperaturas de 1,0 a 1,5 °C

y una masa superficial con un gradiente norte-sur de 7,60 a 7,75 mL/L de oxígeno.

En la Sección 1 se presentó una capa de oxígeno con valores de 7,75 a 7,50 mL/L entre los 0 y 75 m de profundidad, las isoxígenas de 7,0 a 6,5 mL/L estuvieron asociados a valores alcalinos de 8,05 a 8,00 de pH respectivamente. En la Sección 2, sobre los 60 m de profundidad se obtuvo valores de 7,7 a 7,5 mL/L, por debajo de los 100 m se localizaron isoxígenas de 7,0 y 6,5 mL/L que al igual que en la Sección 1 estuvieron asociadas a valores alcalinos de 8,00 pH. En la Sección 3 el oxígeno mostró una tendencia hacia la superficie más pronunciada que en la Sección 2, con la isoxígena de 7,5 mL/L desde 20 m hasta 100 m (Figs. 2, 9, 10, 11, 12).

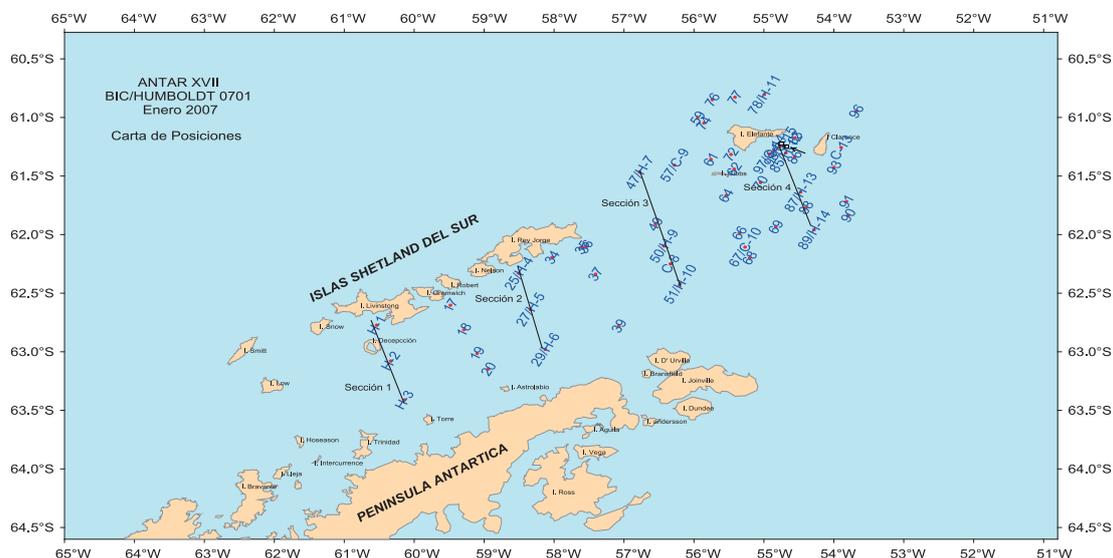


Figura 1.- Carta de posiciones. ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

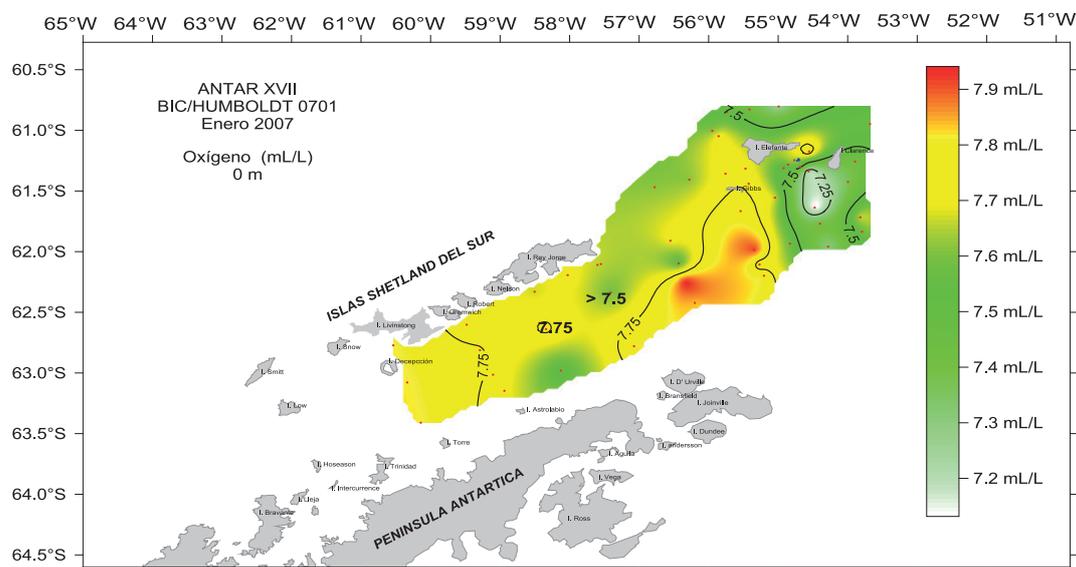


Figura 2.- Distribución superficial de oxígeno (mL/L). ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

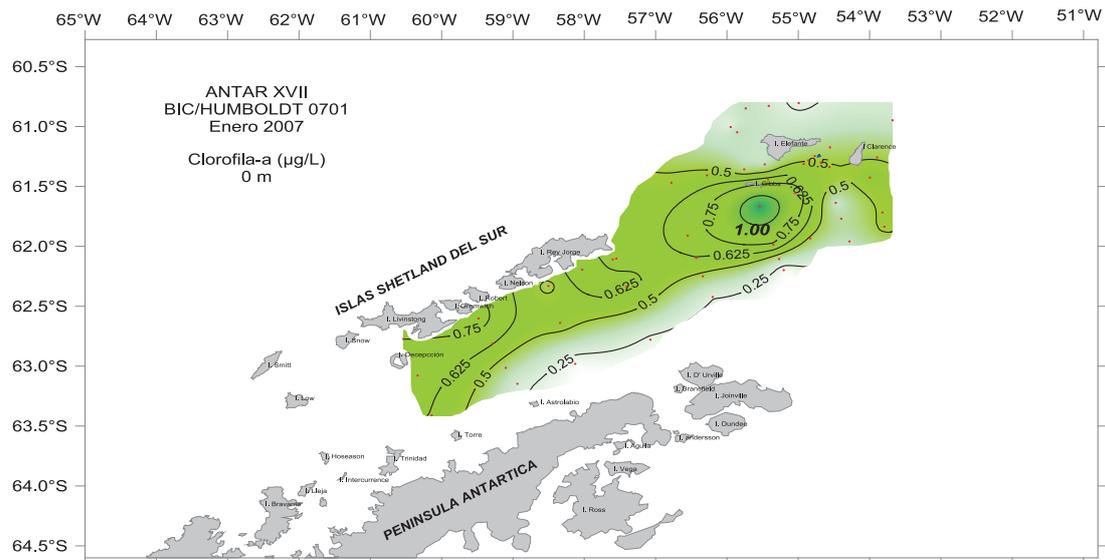


Figura 3.- Distribución superficial de clorofila-a (µg/L). ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

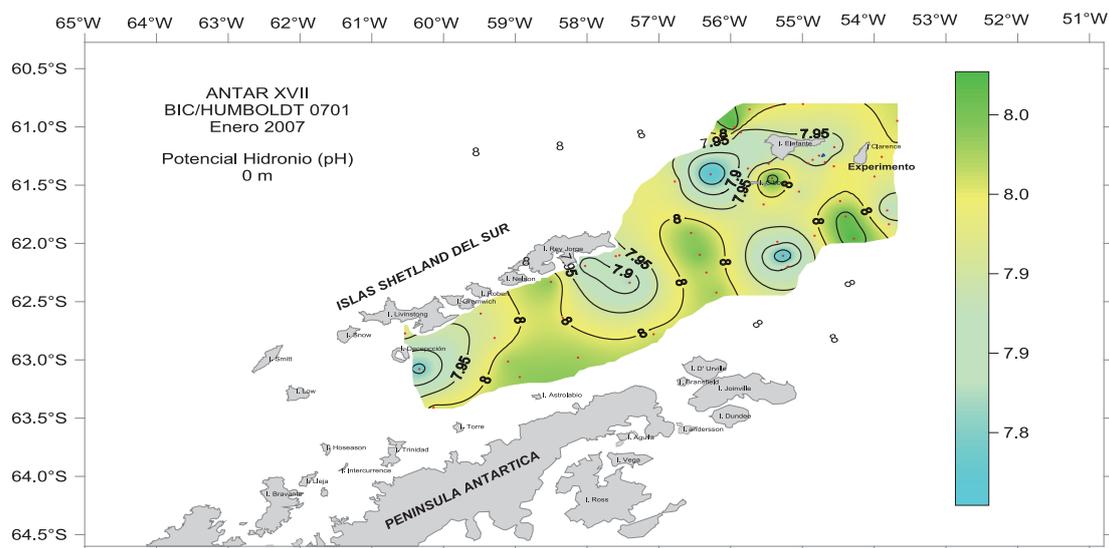


Figura 4.- Distribución superficial de potencial de Hidronio. ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

### Clorofila-a

La clorofila-a presentó un rango de 0,17 a 1,23 µg/L, la distribución mostró la zona más productiva en una franja central entre las islas Rey Jorge y Elefante con isolíneas de 0,5 a 1,0 µg/L, comparado con la evaluación realizada en enero 2006 (Antar XVI) se muestra un patrón similar, sin embargo las concentraciones actuales fueron menores. Por otro lado, las concentraciones predominantes de clorofila-a en la columna de agua, estuvieron entre 0,20 y 1,00 µg/L, asociadas a nitratos de 15,0 µM, resaltando que los nitratos presentan concentraciones relativamente elevadas por la disponibilidad de las altas concentraciones de oxígeno disuelto.

En las Secciones 1 y 2 la mayor productividad en términos de clorofila-a se registró sobre la capa de los 100 m, con las isolíneas de 0,1 µg/L, incrementándose hacia el frente de Bransfield, en la cual se obtuvieron valores de 0,1 de clorofila-a hasta los 200 m de profundidad (Figs. 3, 9, 10, 11, 12).

### Potencial Hidronio

El potencial hidronio (pH) presentó un rango alcalino de 7,79 a 8,08 destacando una distribución bastante homogénea con valores de 7,90 a 8,00 en la superficie del mar. En el Frente Bransfield se registraron valores halinos de 33,0 a 34,0 ups que estuvieron asociados a valores de alrededor de 7,95 de pH. En general el potencial hidronio no tuvo un patrón definido, obteniendo un promedio de 7,95 (pH) en la superficie del mar.

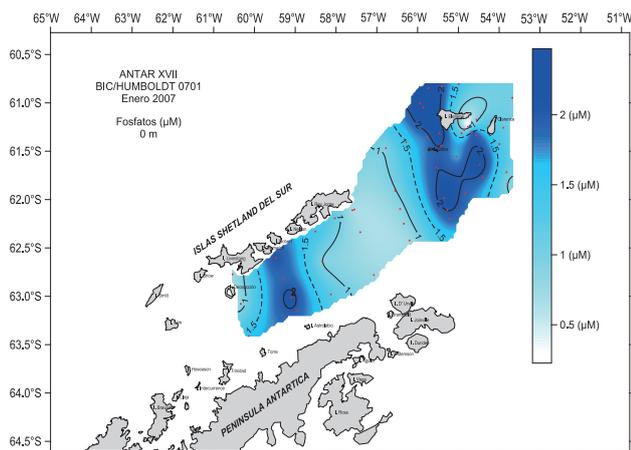


Figura 5.- Distribución superficial de fosfatos ( $\mu\text{M}$ ). ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

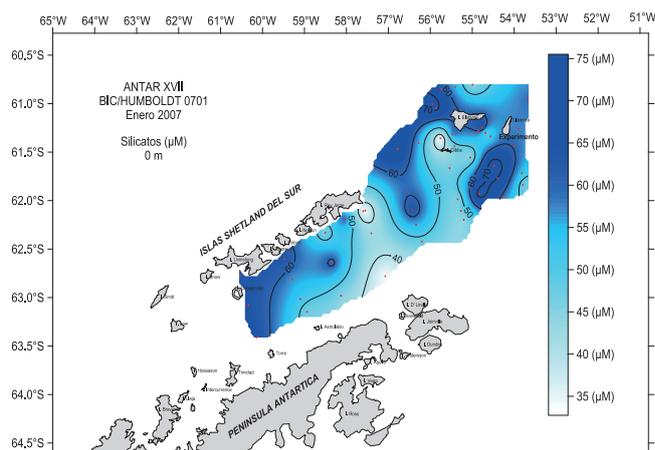


Figura 6.- Distribución superficial de silicatos ( $\mu\text{M}$ ). ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

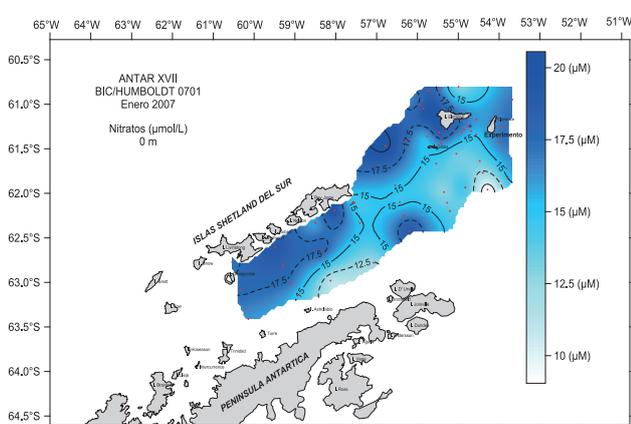


Figura 7.- Distribución superficial de nitratos. ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

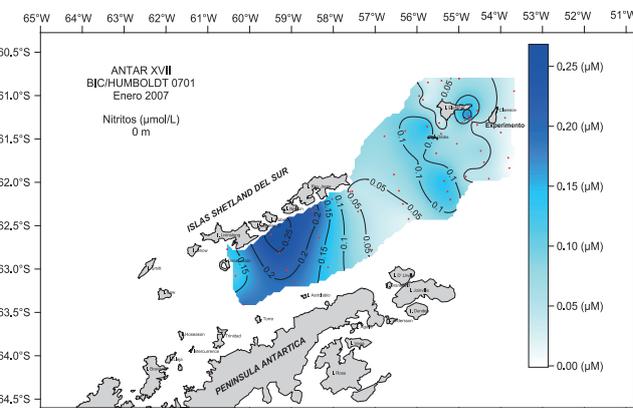


Figura 8.- Distribución superficial de nitritos ( $\mu\text{M}$ ). ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

En la columna de agua se observa la tendencia a disminuir los valores en relación con la profundidad, así también hacia la zona norte se presentan los valores menos alcalinos, coincidente con la mínima iso-oxígeno de 6,25 mL/L (Figs. 4, 9, 10, 11 y 12).

### Nutrientes

Los fosfatos en la superficie del mar mostraron concentraciones en rangos habituales con los mayores valores en la zona del estrecho de Bransfield-islas Elefante y Greenwich-Astrolabio (isocóncitos de 1,5 a 2,0  $\mu\text{M}$ ); masas de agua bastante homogéneas con fosfatos de 1,0 a 1,5  $\mu\text{mol/L}$ , podrían estar relacionadas al consumo de fosfatos en la fijación del fitoplancton en las islas Bransfield y Shetland del Sur. En la columna de agua los fosfatos se incrementaron con la profundidad como es característico, observándose que en las tres primeras secciones los fosfatos (1,5 - 2,0  $\mu\text{M}$ ), fueron más elevados hacia la zona sur y en la sección correspondiente a la isla Elefante estos se elevan hacia la zona norte.

Las altas concentraciones de silicatos típicas del agua antártica (CALIENES et al. 1991), presentaron en superficie isocóncitos de 40,0 a 70,0  $\mu\text{M}$ , con una distribución relativamente similar a los fosfatos, coincidiendo estrechamente los silicatos y fosfatos más elevados en los alrededores de la isla Elefante. En la columna de agua los silicatos presentaron una distribución irregular, con flujos menores que generaron isocóncitos hasta de 30,0  $\mu\text{M}$  en niveles intermedios y concentraciones en los demás niveles que fueron superiores a 50,0  $\mu\text{M}$ .

Los nitratos presentaron un rango de 7,38 a 21,16  $\mu\text{M}$ , concentraciones predominantes estuvieron entre 15,0  $\mu\text{M}$  y 17,5  $\mu\text{M}$ , ubicadas en la zona norte del área evaluada, que coincide con las más altas concentraciones de clorofila-a encontradas entre las islas Rey Jorge y Elefante. En la columna de agua los nitratos a diferencia de los silicatos, presentaron un patrón más definido con isocóncitos de 15,0 a 20,0  $\mu\text{M}$ , con una ligera tendencia a incrementarse con la profundidad.

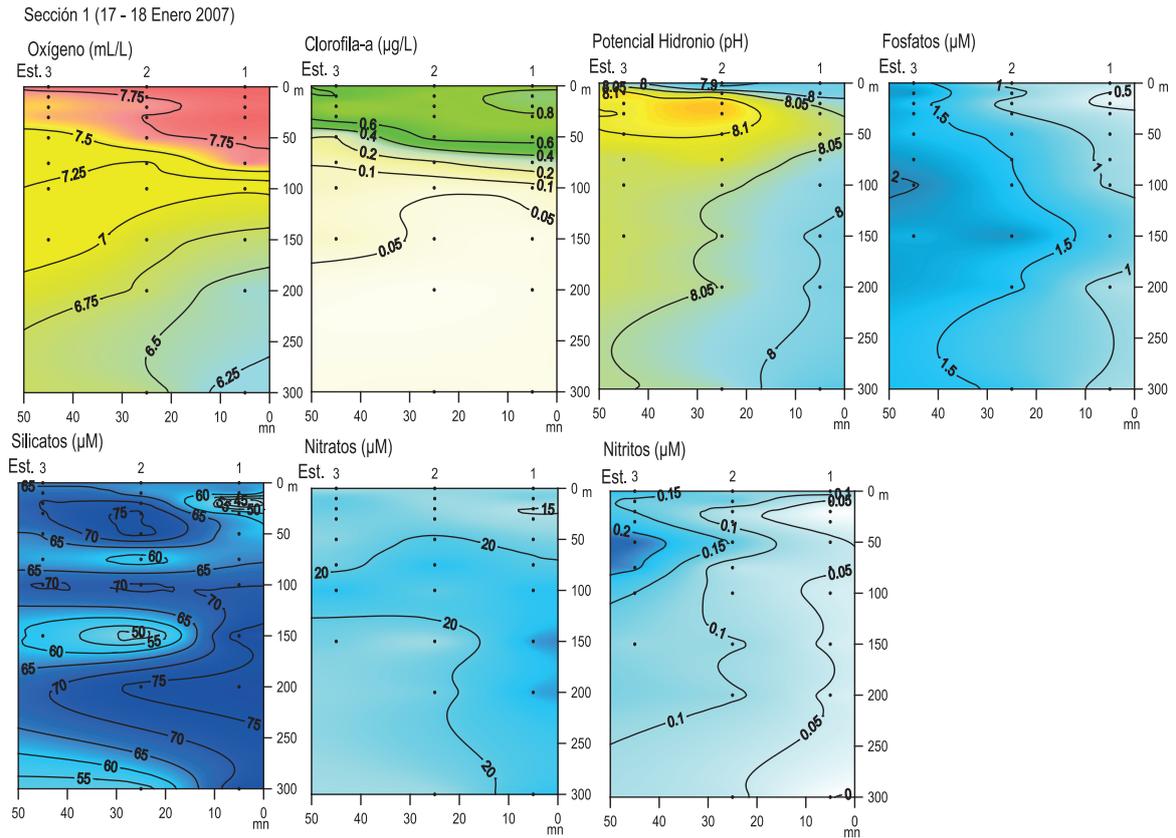


Figura 9.- Distribución vertical de nutrientes ( $\mu\text{M}$ ). Sección 1. ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

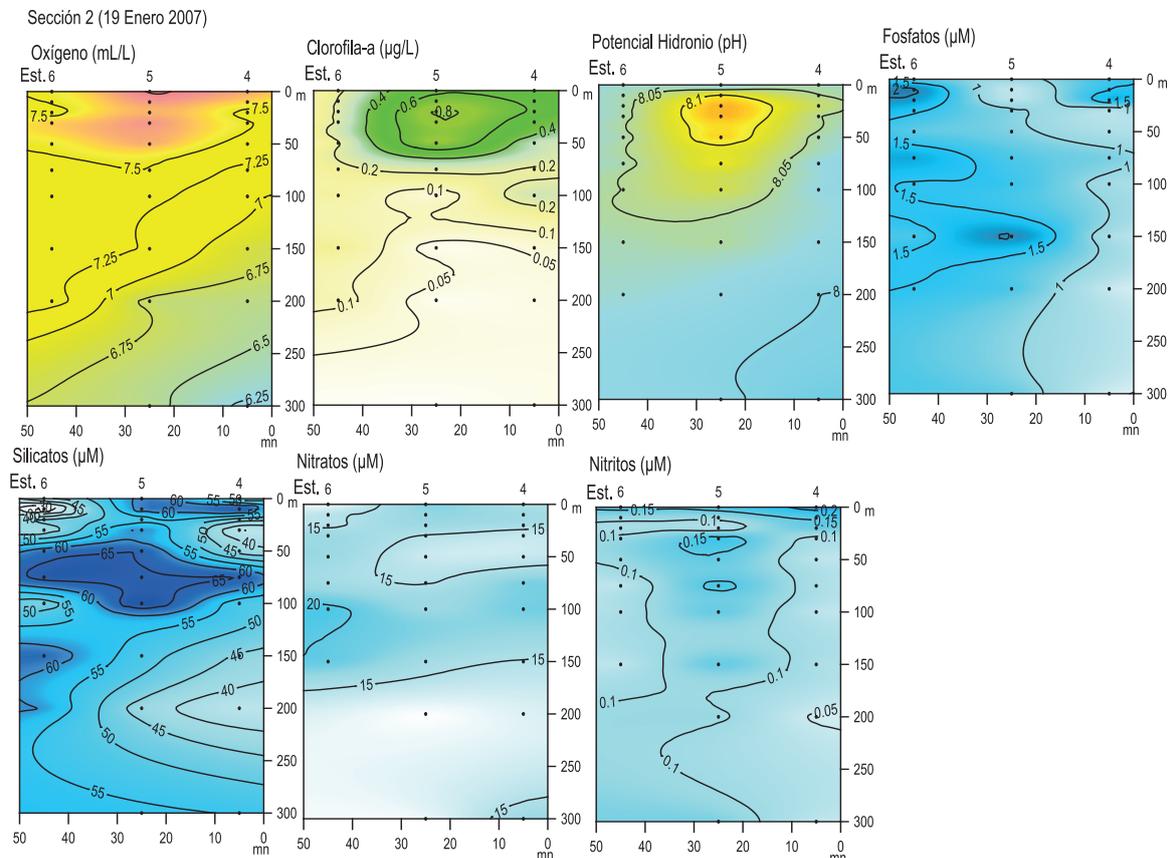


Figura 10.- Distribución vertical de nutrientes. Sección 2. ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

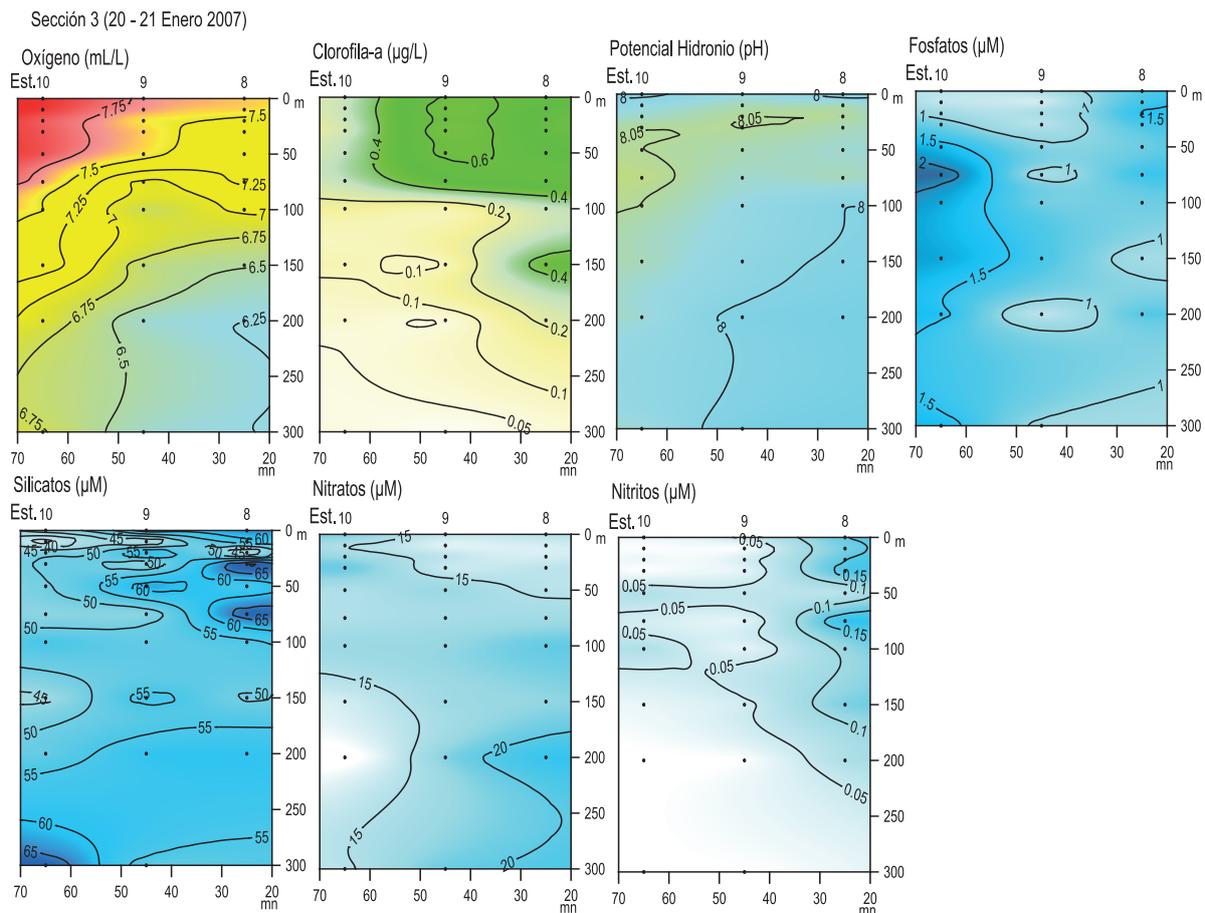


Figura 11.- Distribución vertical de nutrientes. Sección 3. ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

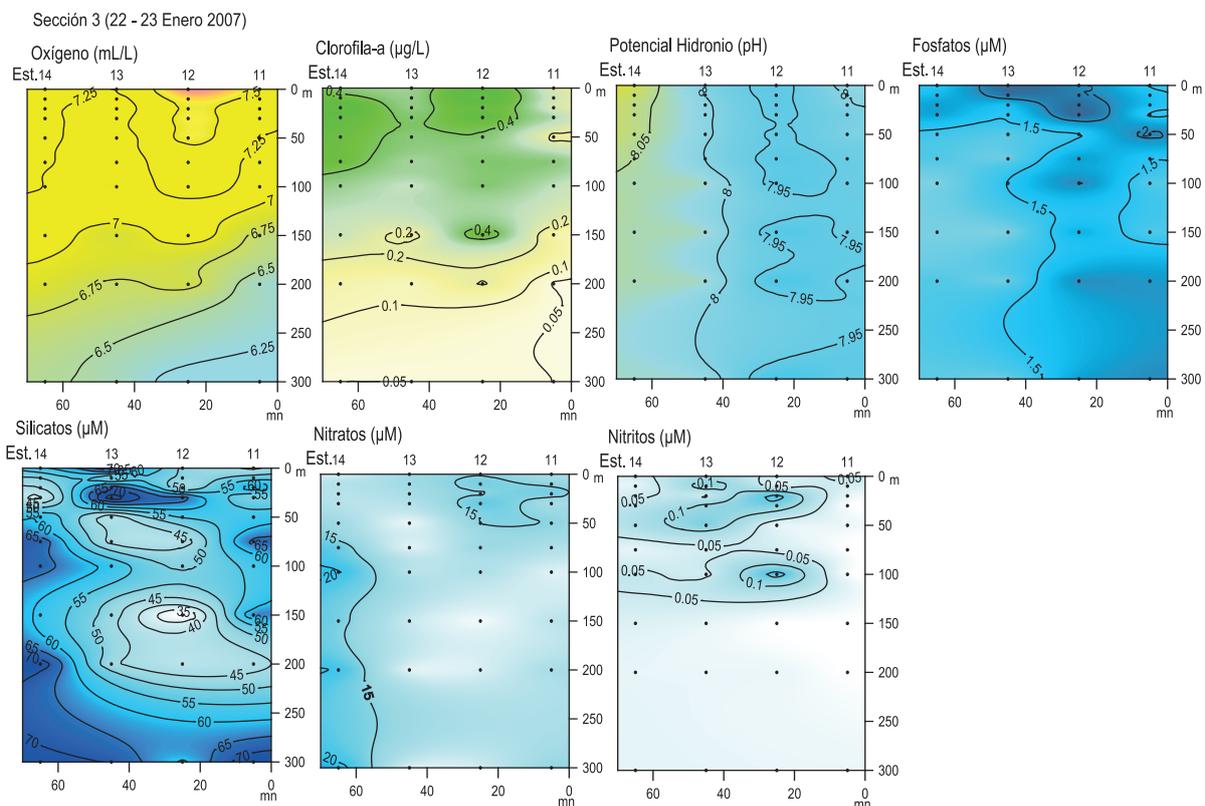


Figura 12.- Distribución vertical de nutrientes. Sección 4. ANTAR XVII. 17-24 enero 2007

Los nitritos mostraron sus rangos habituales de concentraciones bajas (0,02 – 0,27  $\mu\text{M}$ ), observándose concentraciones ligeramente más altas (0,10 – 0,25  $\mu\text{M}$ ) entre las islas Shetland del Sur y la península Antártica. En la columna de agua se apreció ligeros incrementos de los nitritos, asociados a la disminución de nitratos, lo que sugiere la existencia de débiles procesos de desnitrificación (Figs. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12).

#### 4. DISCUSIÓN

La productividad en términos de clorofila-a fue bastante baja en el verano austral 2007, a comparación del 2006, disminuyendo en sus valores hasta en la mitad; sin embargo, las mayores cantidades de clorofila-a tanto en superficie como en la columna fueron más elevadas hacia la zona norte del área evaluada, coincidiendo con la mayor distribución del recurso krill en la zona costera de las islas Decepción y Elefante, con valores de 0,5 a 1,0  $\mu\text{g/L}$  de clorofila-a.

Con respecto a los contenidos de oxígeno disuelto en la columna de agua, se pudo apreciar de manera permanente una isolínea mínima de 6,25 mL/L entre 250 y 300 m de profundidad, en otras expediciones durante el verano austral se registraron similares concentraciones y alcanzaron contenidos mínimos de oxígeno disuelto de 6,0 mL/L para las mismas profundidades.

Los silicatos muestran altas concentraciones en comparación con otros nutrientes, con isolíneas de 70,0  $\mu\text{M}$  en superficie y 75,0  $\mu\text{M}$  en la columna de agua, sin embargo su distribución es bastante irregular disminuyendo en zonas intermedias, para después incrementarse, generándose núcleos de 30,0 a 50,0  $\mu\text{M}$ , situación similar se ha observado en anteriores expediciones antárticas.

#### 5. CONCLUSIÓN

Las mayores agregaciones del recurso krill coincidieron con valores de clorofila-a de 0,5 a 1,0  $\mu\text{g/L}$ , frente a las islas Shetland del Sur y Elefante.

La capa superficial de oxígeno disuelto fluctuó de 7,22 a 7,96 mL/L y en la columna de agua sobre los 300 m de profundidad se obtuvo un mínimo de 6,03 mL/L de oxígeno.

Los silicatos presentaron un régimen irregular, posiblemente causado por escalas temporales y forzantes físicos, distintos a los demás nutrientes.

#### 6. REFERENCIAS

- CALienes R, CÁRCAMO E, ROBLES Y C. 1989. Distribución de clorofila "a" y oxígeno disuelto en el Estrecho de Bransfield, verano 1989. Informe Científico de la tercera Expedición Peruana a la Antártida. Comisión Nacional de Asuntos Antárticos Lima 1989, pp. 193-197.
- CALienes R, PINTO G, SARMIENTO V. 1991. Series de tiempo de nutrientes y oxígeno disuelto en el Estrecho de Bransfield, verano, 1991. Informe Científico de la Tercera Expedición Peruana a la Antártida. Comisión Nacional de Asuntos Antárticos Lima-Diciembre 1991, pp. 61-64.
- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and Evaluation of the Winkler Method for determination Dissolved Oxygen in Seawater, *Jou. Of Marine Research*, Vol. 24 (2), pp. 286-318.
- HOLM-HANSEN A, LORENZEN C, HOLMES R, STRICKLAND J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Inst. Explor. Mer.* 30: 3-15.
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. A practical handbook of Sea Water Analysis. *Bull. Fish.Res. Bd. Canada*, No 167, 311 p.

# CONDICIONES FÍSICO-OCEANOGRÁFICAS EN LA EXPEDICIÓN ANTAR XVII

## PHYSICAL OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE EXPEDITION ANTAR XVII

Luis Vásquez<sup>1</sup>

José Tenorio<sup>2</sup>

### RESUMEN

VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2016. *Condiciones físico-oceanográficas en la Expedición ANTAR XVII. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 105-113.*- Las condiciones físico-oceanográficas registradas son parte de un crucero de investigación de largo plazo para evaluar los cambios hidrográficos y biológicos en el estrecho de Bransfield y sus causas. Transectos oceanográficos históricos se realizan en los veranos australes de las expediciones ANTAR, ejecutados desde las islas Shetland del Sur hacia la península Antártica, con el fin de incluir a las importantes masas de agua y determinar su influencia sobre las aguas en el giro central del estrecho de Bransfield. Esta localidad mantiene características oceanográficas, donde interactúan tres tipos de aguas, las mismas que provienen de los mares de Weddell, Bellingshausen y del estrecho de Gerlache. También se caracteriza por la presencia del Frente Bransfield (FB), que desvía aguas cálidas y poco salinas de las aguas frías y salinas, las primeras fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional y las segundas ocupan la mitad meridional del estrecho. El experimento realizado en la isla Elefante, señala que la variabilidad de la capa sub-superficial mantiene una variación cíclica, ascendiendo ligeramente durante el día, descendiendo en la noche, manteniendo el ambiente con una mayor columna de agua "cálida" comparado con el día.

PALABRAS CLAVE: Frente de Bransfield, variabilidad, variación cíclica

### ABSTRACT

VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2016. *Physical oceanographic conditions in the Expedition ANTAR XVII. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 105-113.*- Registered physical oceanographic conditions are part of a research cruise to assess long-term hydrographic and biological changes in the Bransfield Strait and its causes. Historical oceanographic transects are made in the austral summers Antar expeditions, run from the South Shetland Islands to the Antarctic Peninsula, in order to include major water bodies and determine their influence on the water in the central spin Strait Bransfield. Bransfield maintained oceanographic characteristics, where three types of water interact, the same coming from the Weddell, Bellingshausen and Gerlache Strait. It is also characterized by the presence of the Bransfield Front (FB), which deviates warm water and low salinity of cold water and salt, the first flow toward the northeast in the northern half and the second occupies the southern half of the strait. The experiment conducted on Elephant Island, indicates that the variability of the subsurface layer, maintains a cyclic variation, rising slightly during the day, dropping at night, keeping the night with a higher water column "warm" compared to day.

KEYWORDS: Bransfield Front, variability, cyclic variation

## 1. INTRODUCCIÓN

A bordo del buque de investigación científica BIC Humboldt se llevó a cabo el crucero de investigación ANTAR XVII dentro del marco de la décima sexta Expedición Peruana a la Antártica, desarrollado entre el 17 y 27 de enero, durante el verano austral 2007, cubriendo el área interna del estrecho de Bransfield y alrededor de la isla Elefante, con el objetivo de determinar las condiciones ambientales y establecer relaciones con las diferentes comunidades.

La estructura hidrográfica del estrecho de Bransfield fue establecida, gracias a esfuerzos previos de otros investigadores. Así como las características de la convergencia entre las aguas relativamente cálidas y

poco salinas con las aguas frías y salinas en una región denominada el Frente Bransfield (FB).

Una de las particularidades generales de las masas de agua presentes en el área de estudio, es la profundización de las mismas, dando lugar a las aguas Antártica de Fondo que se forma en la superficie de las inmediaciones del continente Antártico, fundamentalmente en los mares de Weddell y de Ross, pero debido a su baja temperatura y su alta salinidad se hunde rápidamente, producto de su mayor densidad.

La circulación general en la Antártica está fuertemente afectada por la Corriente Circumpolar Antártica, que abarca gran parte de la columna de agua. Esta corriente, en general, mantiene una dirección predominante hacia el Este.

<sup>1</sup> Área de Hidrofísica Marina – IMARPE. lvasquez@imarpe.go.pe

<sup>2</sup> Ecosistemas Acuáticos – WALSH PERU

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos etapas: La primera tuvo una duración de siete días, en los que se estudiaron las condiciones bio-ambientales del estrecho de Bransfield; mientras que en la segunda, que duró tres días, se efectuó un experimento con el objetivo de analizar la variación temporal de las condiciones bio-ambientales frente a la isla Elefante.

Durante el muestreo oceanográfico se realizaron 4 secciones transversales perpendiculares a las islas Shetland del Sur (Fig. 1), ejecutándose 108 estaciones oceanográficas (96 correspondieron al crucero de evaluación y 12 al experimento de investigación), de las cuales 82 fueron estaciones superficiales y 26 hidrográficas. Se realizaron lanzamientos de CTD (marca Sea Bird Electronics) hasta los 500 m de profundidad y colecta de muestras de agua a través de lanzamientos de botellas Niskin, a profundidades estándar de 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m de profundidad.

Para el registro de Temperatura Superficial del Mar (TSM) se emplearon termómetros de superficie Richter Wiese y el sensor de temperatura FURUNO modelo T-2000 (ubicado en el casco del BIC), mientras que para las capas sub-superficiales se obtuvo la información de registros continuos del CTD, los mismos que fueron procesados con el software SBE Data Processing (propio del equipo Sea Bird).

Se analizaron también muestras de salinidad, mediante el método de inducción a través del Portasal 8410A Guildline.

La información registrada de los diferentes parámetros oceanográficos fue procesada en una hoja de cálculo

(Excel) y los resultados ploteados y graficados usando el software Surfer vs11.0, dando como producto cartas de distribuciones horizontales y verticales las que se discuten a continuación.

## 3. RESULTADOS

### PRIMERA ETAPA: ESTRECHO DE BRANSFIELD

#### Distribución Superficial

**Vientos y Turbulencia.-** La intensidad de los vientos fluctuó entre 0,4 y 22,0 m/s, predominando vientos débiles (de intensidades menores a 8 m/s), los vientos de mayor intensidad (mayores a 15 m/s) estuvieron formando núcleos en la zona central y en el extremo Este del área evaluada (Fig. 2a). La dirección del viento, no presentó una tendencia predominante, posiblemente por la influencia de la geomorfología de la zona.

La turbulencia mostró un comportamiento similar a la intensidad del viento ya que depende directamente de esta, en general los índices de turbulencia fueron bajos ( $<2500 \text{ m}^3/\text{s}^3$ ) exceptuando la zona central Este donde los índices de turbulencia sobrepasaron los  $5500 \text{ m}^3/\text{s}^3$  (Fig. 2b).

**Temperatura.-** La temperatura superficial del mar fluctuó entre  $-0,4$  y  $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , con promedio general para la zona evaluada de  $1,24 \text{ }^\circ\text{C}$ . La distribución térmica mostró un comportamiento similar al patrón térmico del estrecho, es decir, distribución de isotermas paralelas a la orientación del estrecho Bransfield (Fig. 3) y alrededor del eje central del estrecho se observó la presencia de un frente térmico asociado al Frente de Bransfield (FB) que separa aguas cálidas y poco salinas de aguas frías y salinas.

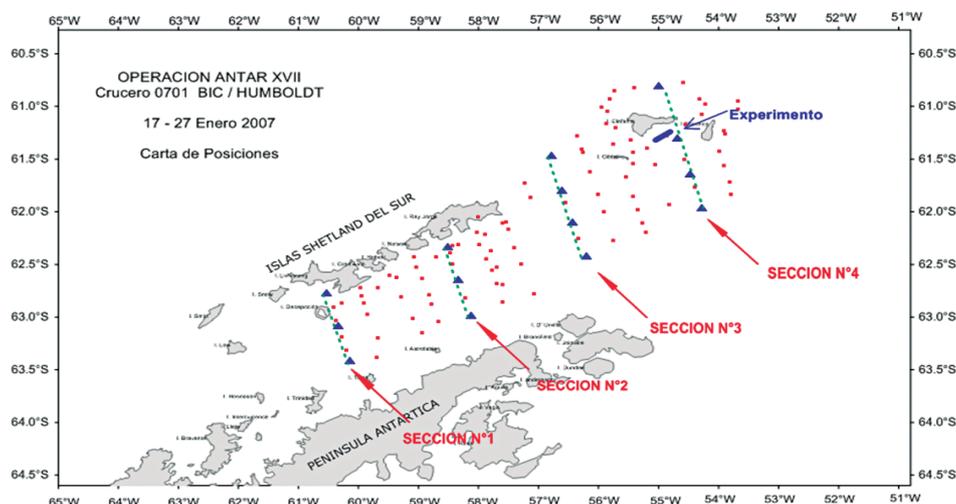


Figura 1.- Carta de posiciones. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

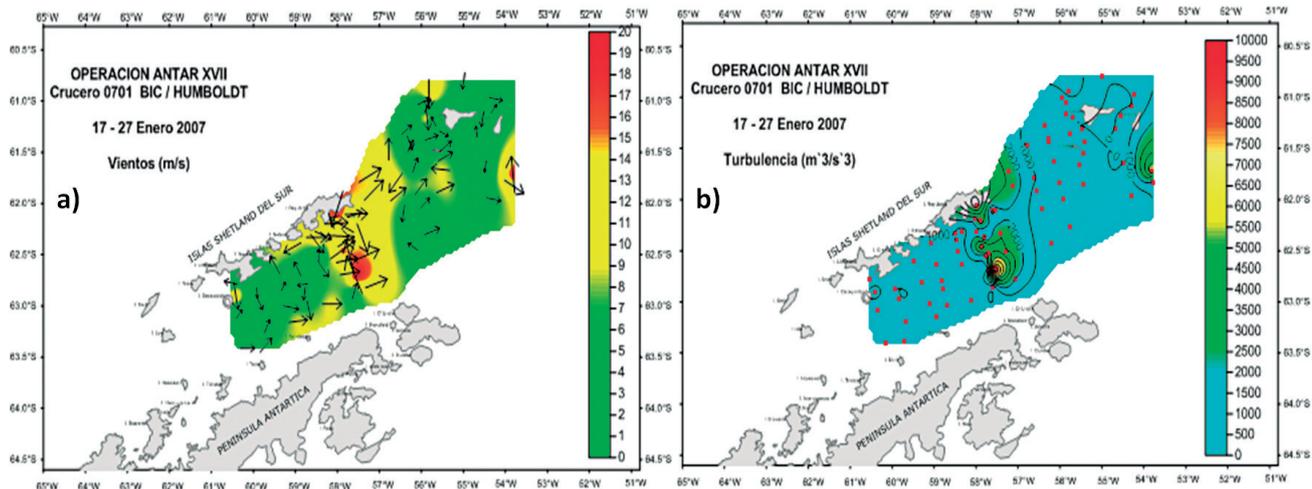


Figura 2.- Distribución superficial a) Viento (m/s) y b) Turbulencia (m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>). ANTAR XVII. 17-27 enero 2007

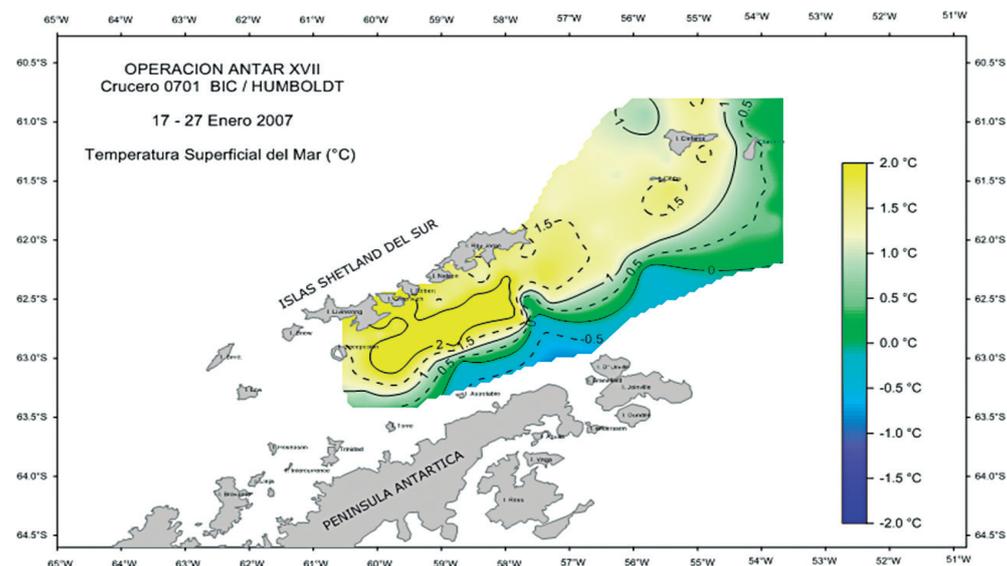


Figura 3.- Distribución de Temperatura superficial (°C). ANTAR XVII. 17-27 enero 2007

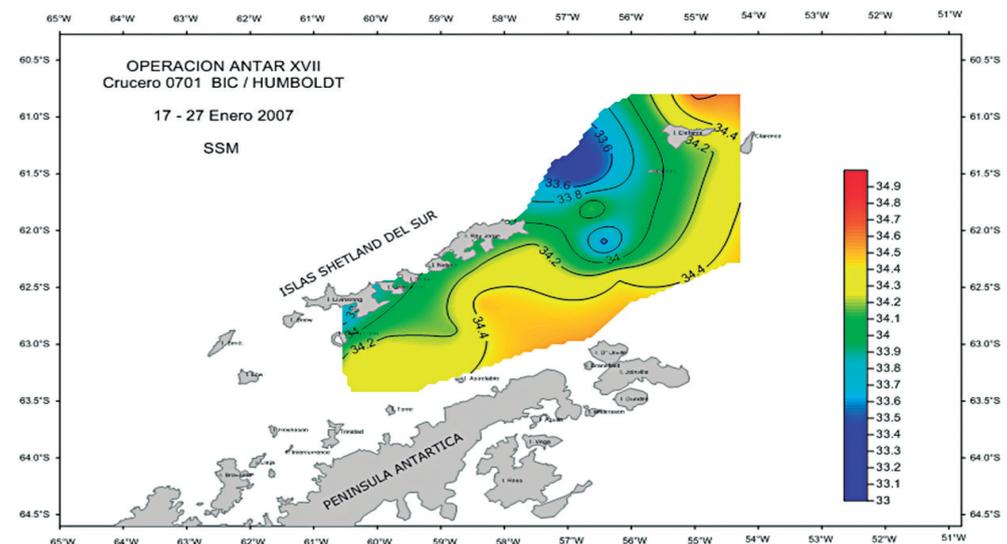


Figura 4.- Distribución de Salinidad superficial (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

Las temperaturas más bajas ( $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) se presentaron próximas a la península Antártica, asociadas a las aguas frías procedentes del mar de Weddell, mientras que las temperaturas superficiales más altas, estuvieron próximas a las islas Shetland del Sur, alcanzando temperaturas superiores de hasta  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ubicadas frente a Livingston-isla Rey Jorge, debido al desplazamiento de aguas del mar de Bellingshausen por la Corriente Circumpolar Antártica.

**Salinidad.-** La salinidad superficial del mar presentó valores halinos entre 33,220 y 34,636 ups. La distribución de salinidad mostró un comportamiento contrario al de temperatura; las altas concentraciones de sales se relacionaron a bajas temperaturas y las más bajas concentraciones a altas temperaturas.

Las mayores concentraciones ( $>34,40$  ups) se localizaron cerca de la isla D'Urville y al norte de la isla Elefante, asociadas en la primera zona a temperaturas menores a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en cambio en la segunda zona se relacionaron a temperaturas mayores a  $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Las menores concentraciones se localizaron entre las islas Rey Jorge y Elefante con valores menores a 33,8 ups asociadas a temperaturas de  $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Fig. 4).

**Frente de Bransfield (FB).-** El FB ha sido identificado y estudiado en anteriores expediciones ANTAR, ubicado en el interior y alrededor del eje del estrecho Bransfield funcionando como una barrera que separa aguas cálidas y con poca salinidad que fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional del estrecho de Bransfield de las aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional (SANGRÁ et al. 1999).

La ubicación del FB también se la puede apreciar en la estructura térmica vertical en las Secciones 2 y 3 asociadas a la deflexión de las isoterma, sobre los 80 m de profundidad. Por otro lado, alrededor de la estación 5 (sobre los 30 y 70 m de profundidad) ubicada frente a la isla Rey Jorge (Sección 2), las isoterma se hunden y ascienden sugiriendo la presencia de un giro o eddy, de núcleo cálido asociado al FB. La presencia de este remolino asociado al FB, vendría a ser un importante mecanismo para la transferencia de propiedades físicas y biológicas a través del Frente (TENORIO 2006).

El FB también pudo ser observado en la Sección 3, asociado al apilamiento de las isoterma entre las estaciones 9 y 10 (Fig. 5), sin embargo no se notó el posible remolino que se observó en la Sección 2.

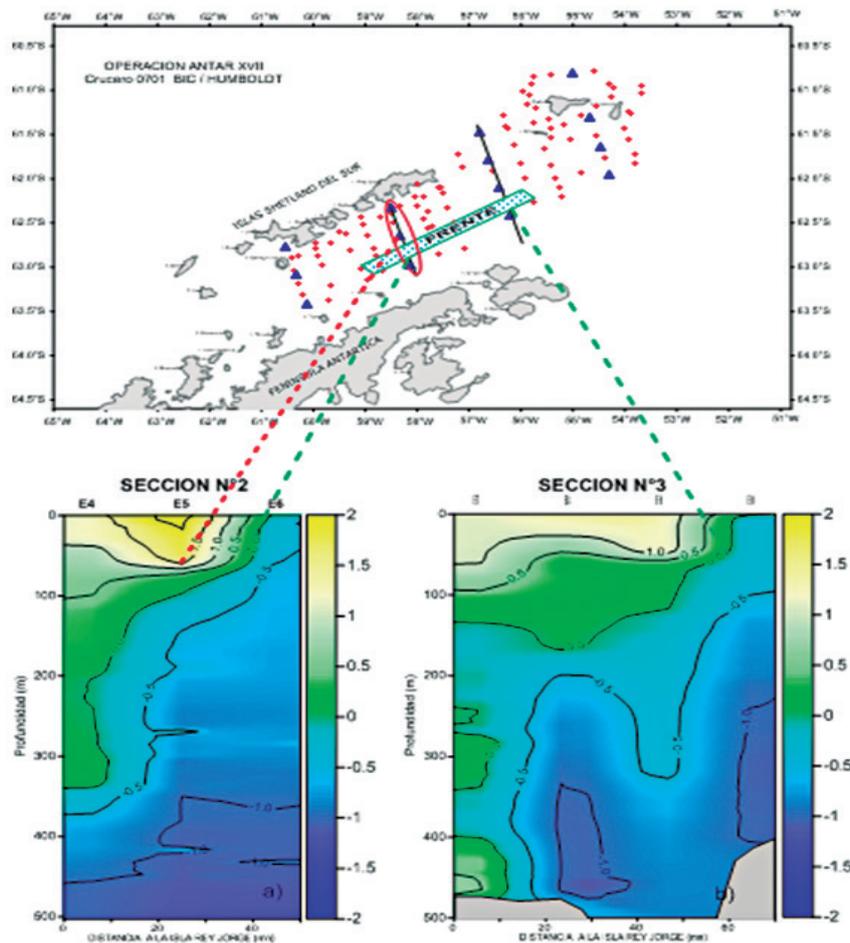


Figura 5.- Frente de Bransfield (FB), estructuras verticales perpendiculares en Bransfield. ANTAR XVII, 17–27 enero 2007

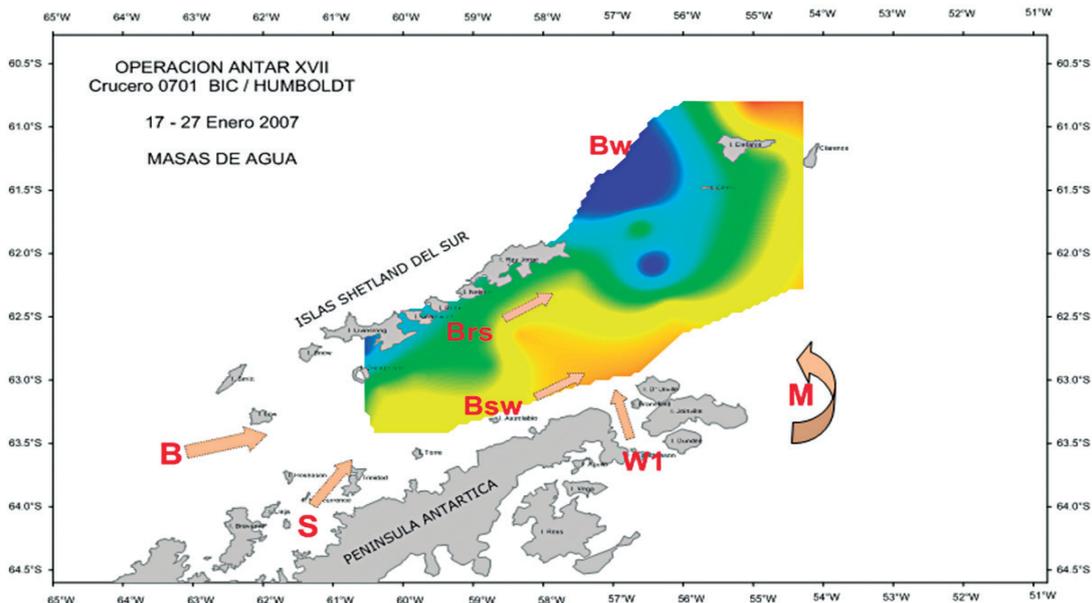


Figura 6.- Esquema de la distribución de masas de agua. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

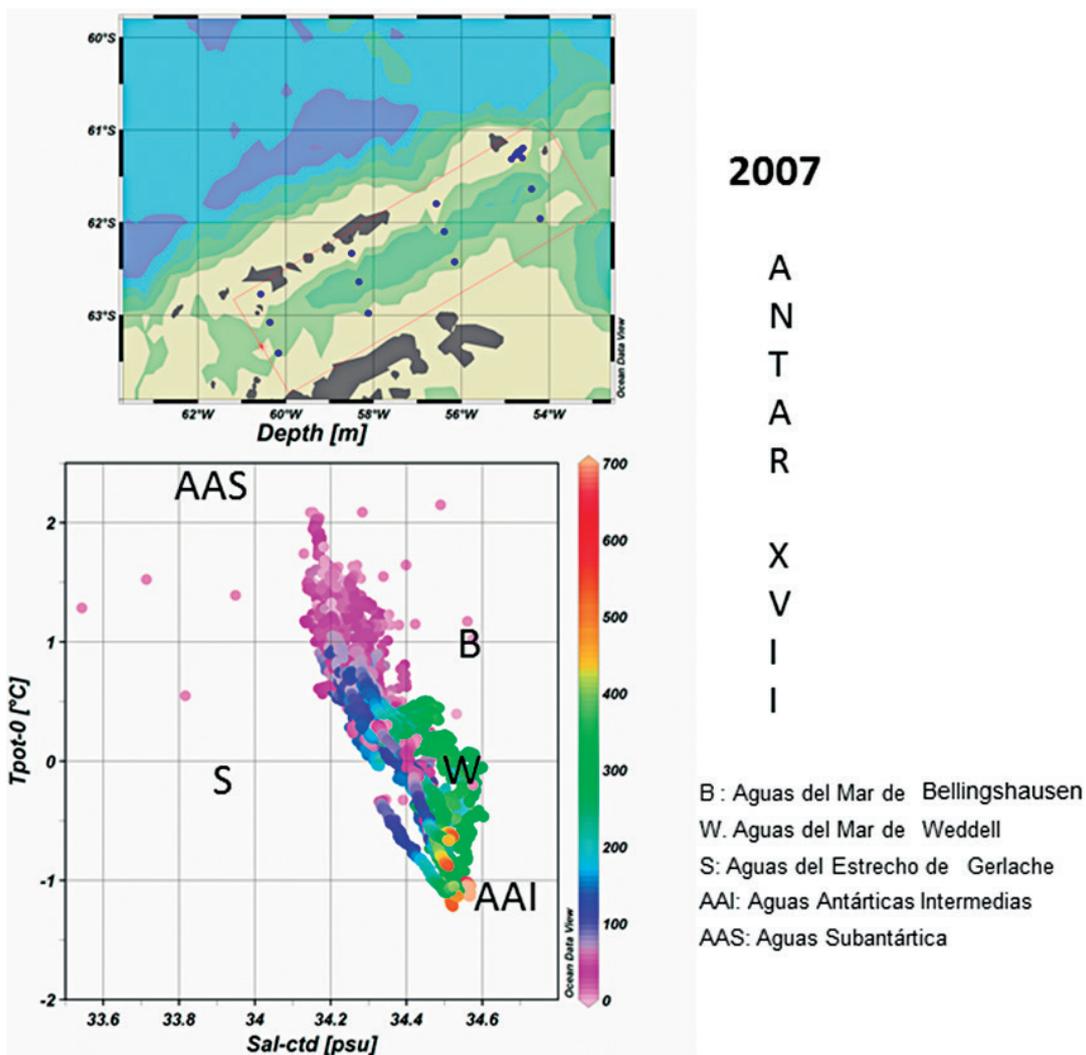


Figura 7.- Diagrama TS de masas de agua. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

**Masas de agua.-** En general, las aguas que ocupan el estrecho Bransfield son aguas de mezcla producto de la interacción de aguas procedentes del mar de Weddell (W) caracterizadas por temperaturas bajas (<1,0 °C) y salinidades que fluctúan entre 33,8 y 34,7 ups, del mar de Bellingshausen (B) con temperaturas de 2 °C y salinidades de 34,6 ups, y las aguas formadas en el estrecho de Gerlache (S), las que presentan altas temperaturas (>2 °C) y bajas salinidades (<33,6 ups), así como las aguas formadas *in situ* en el sector de la plataforma de la península Antártica, la distribución de las masas de agua se pueden apreciar en el esquema de masas de agua de la figura 6 (BIOMASS SCAR 1982).

La distribución termohalina mostró dos zonas con características diferentes: la zona adyacente a las islas Shetland del Sur con relativa alta temperatura y bajas concentraciones de sales asociadas a aguas procedentes del mar de Bellingshausen, y la zona ubicada mas próxima a la península Antártica que mostró aguas más frías y con mayores concentraciones de sales debido a la influencia de aguas que se forman en zonas adyacentes a la península Antártica e ingresan por el estrecho de Gerlache y mar de Weddell (Fig. 6).

En la capa sub-superficial, se puede observar la presencia de las Aguas Antárticas Intermedias (AAI) ubicadas por debajo de los 400 m (Fig. 7).

**Distribución vertical**

En la **Sección 1** (frente a la isla Livingston), se presenta una estratificación irregular asociada a la interacción de diferentes masas de agua, situándose en la zona norte de la Sección y sobre los 50 m de profundidad aguas de mayores temperaturas (>1,0 °C), mientras que las aguas de menores valores térmicos se ubicaron por debajo de los 400 m. Así mismo, se pudo observar que entre los 50 y 200 m, la proyección de sur a norte (península Antártica hacia las islas Shetland del Sur) de aguas con temperaturas menores a -0,5 °C, estaría asociada a aguas procedentes del estrecho de Gerlache (Fig. 8). La salinidad mostró una distribución donde los valores más bajos se encontraron en la capa superficial asociados a aguas de deshielo reciente, incrementándose las concentraciones en las capas subsuperficiales, alcanzando las máximas concentraciones alrededor de los 300 m de profundidad.

En la **Sección 2** (frente a la isla Rey Jorge), se presentó un marcado núcleo de agua cálida ubicada en la zona central de la sección, con temperatura mayor a 2 °C, lo que contribuyó a una mayor estratificación en esta zona sobre los 100 m de profundidad. Por otro lado, se observó la proyección de aguas frías

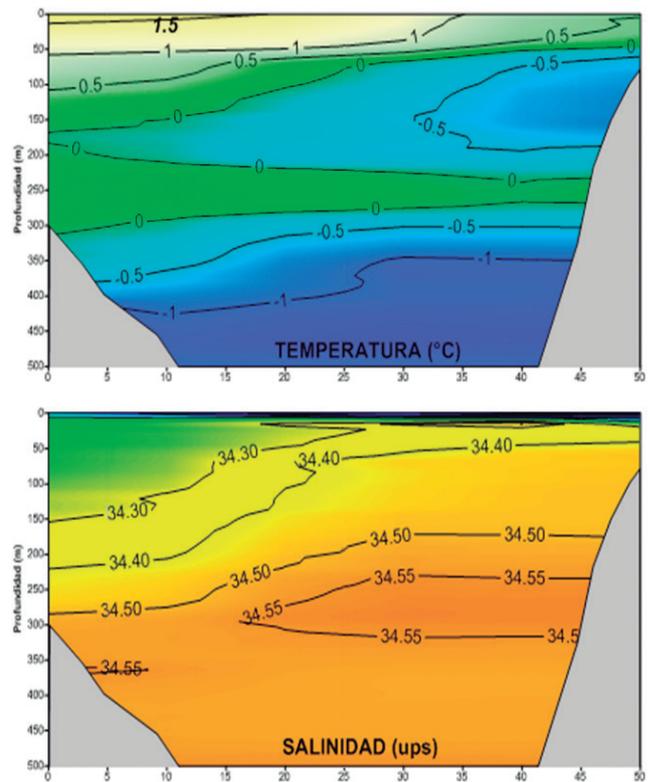


Figura 8.- Sección vertical frente a isla Livingston: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

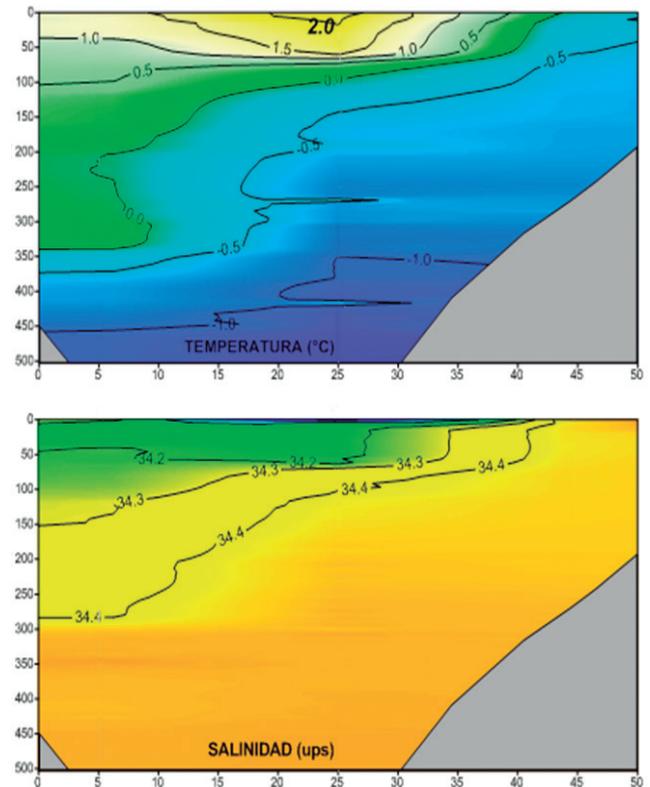


Figura 9.- Sección vertical frente a Isla Rey Jorge: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 Enero 2007

(menores a 0 °C) desde la península Antártica hacia el norte, proyección que llegó hasta la isla Rey Jorge por debajo de los 350 m de profundidad. La salinidad, presentó en la capa superficial menores concentraciones, principalmente en la zona central sumado a la zona más cálida antes mencionada, mientras que las concentraciones asociadas al agua fría que se proyectan hacia la isla Rey Jorge no presentaron cambios en sus concentraciones manteniéndose alrededor de 34,4 ups (Fig. 9); por los valores de salinidad y térmicos esta masa de agua tendría una fuerte influencia de aguas de procedencia del mar de Weddell.

La **Sección 3** (entre las islas Rey Jorge y Gibbs) presentó un comportamiento y característica similar a las secciones ya descritas, el área norte se mantuvo ligeramente más cálida respecto a la zona sur, aunque con temperaturas ligeramente más bajas. El norte y centro de esta sección presentó temperaturas mayores a 1,0 °C, con una capa de mezcla bien desarrollada sobre los 50 m de profundidad, mientras que en el sur se presentó un ambiente frío con temperaturas menores a 0,5 °C. Sin embargo, en la capa subsuperficial (por debajo de los 250 m) se observó la proyección de aguas cálidas hacia el sur que no se observó en las secciones anteriores debido a que ya no están las islas Shetland del Sur que sirven de barrera, en tanto, en el sur se mantiene la proyección de aguas frías (Fig. 10).

La salinidad presenta sobre los 50 m la mayor variación halina, encontrándose concentraciones <34,2 ups, en cambio por debajo de los 50 m la distribución es homogénea con concentraciones de sales de 34,2 a 34,4 ups.

En la **Sección 4** (frente a la isla Elefante) se observó un incremento térmico, ascendente de sur a norte y hacia la superficie. Al ser esta zona más abierta (no cuenta con la protección de las islas) los flujos se proyectan al sur más libremente, es por ello que en esta sección se observó un mayor volumen de agua relativamente cálida principalmente en las capas subsuperficiales, sin embargo las concentraciones de sales indican mayor mezcla lo que a su vez contribuyó a presentar una estructura casi homogénea respecto a la distribución de sales. Por otro lado, la proyección de las aguas frías procedentes del mar de Weddell solo va hasta el centro de la sección en contra posición de las otras secciones. Como ya se mencionó, la salinidad mostró pocos cambios en su distribución vertical con excepción de una pequeña área frente a la isla Elefante donde se encontraron las menores concentraciones, en general los valores fluctuaron de 34,20 a 34,50 ups (Fig. 11).

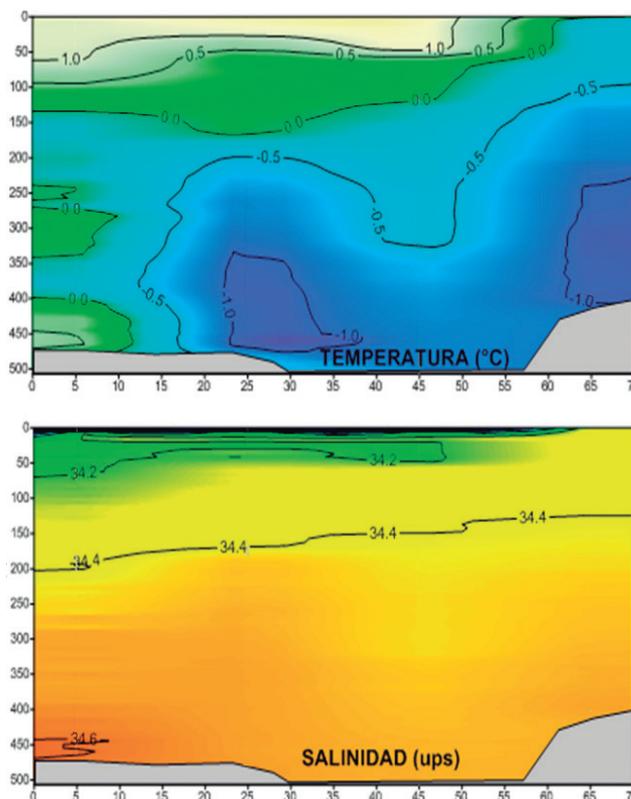


Figura 10.- Sección vertical frente a Isla Gibbs: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

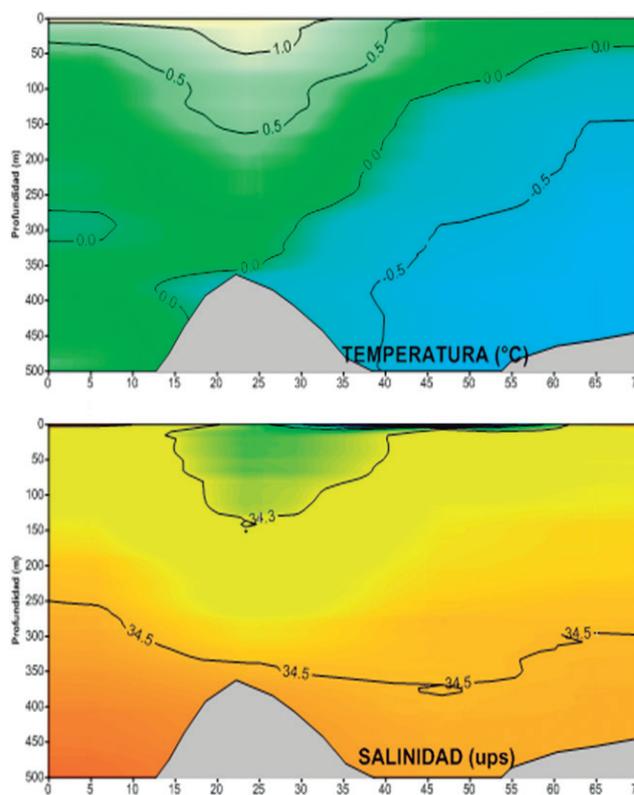


Figura 11.- Sección vertical frente a Isla Elefante: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

**SEGUNDA ETAPA: EXPERIMENTO ISLA ELEFANTE**

Las series temporales mostraron cambios en la distribución termohalina principalmente en la capa superficial. En la estructura térmica se observó el día 24/01/2007 un incremento térmico entre las 10:00 y 16:00 horas que pudo estar asociado a las horas de mayor incidencia solar, para luego descender a temperaturas ligeramente mayores a 1 °C, manteniéndose hasta las 10:00 horas del día 25, donde se volvió a incrementar la temperatura, sin embargo estas temperaturas se mantuvieron hasta el final del experimento, lo que hace suponer que el incremento no solo se debe a la radiación solar, sino también a un desplazamiento de una masa de agua ligeramente más cálida a la zona.

A pesar del corto periodo de observación (72 horas), siguiendo el comportamiento de la isoterma de 0,4 °C

ubicada entre los 100 y 200 m de profundidad, se pudo observar la variabilidad en la capa subsuperficial, que al parecer es cíclica e inversa a lo que ocurre en la superficie, ascendiendo durante el día y descendiendo en horas de la noche, lo que indicaría que en horas de la noche, se tendría una mayor columna de agua “cálida” respecto al día. También resalta un aumento térmico por debajo de los 250 m de profundidad el día 26 (Fig. 12).

La estructura termo-halina mostró los principales cambios en la capa de 0 a 100 m de profundidad, por debajo de esta capa la distribución fue homogénea. En general, las menores concentraciones de sales se presentaron en los periodos de mayor temperatura, esto se debería a una mayor contribución de los deshielos y a la mayor incidencia de agua cálida que ingresa entre las islas Rey Jorge y Elefante (Fig. 4).

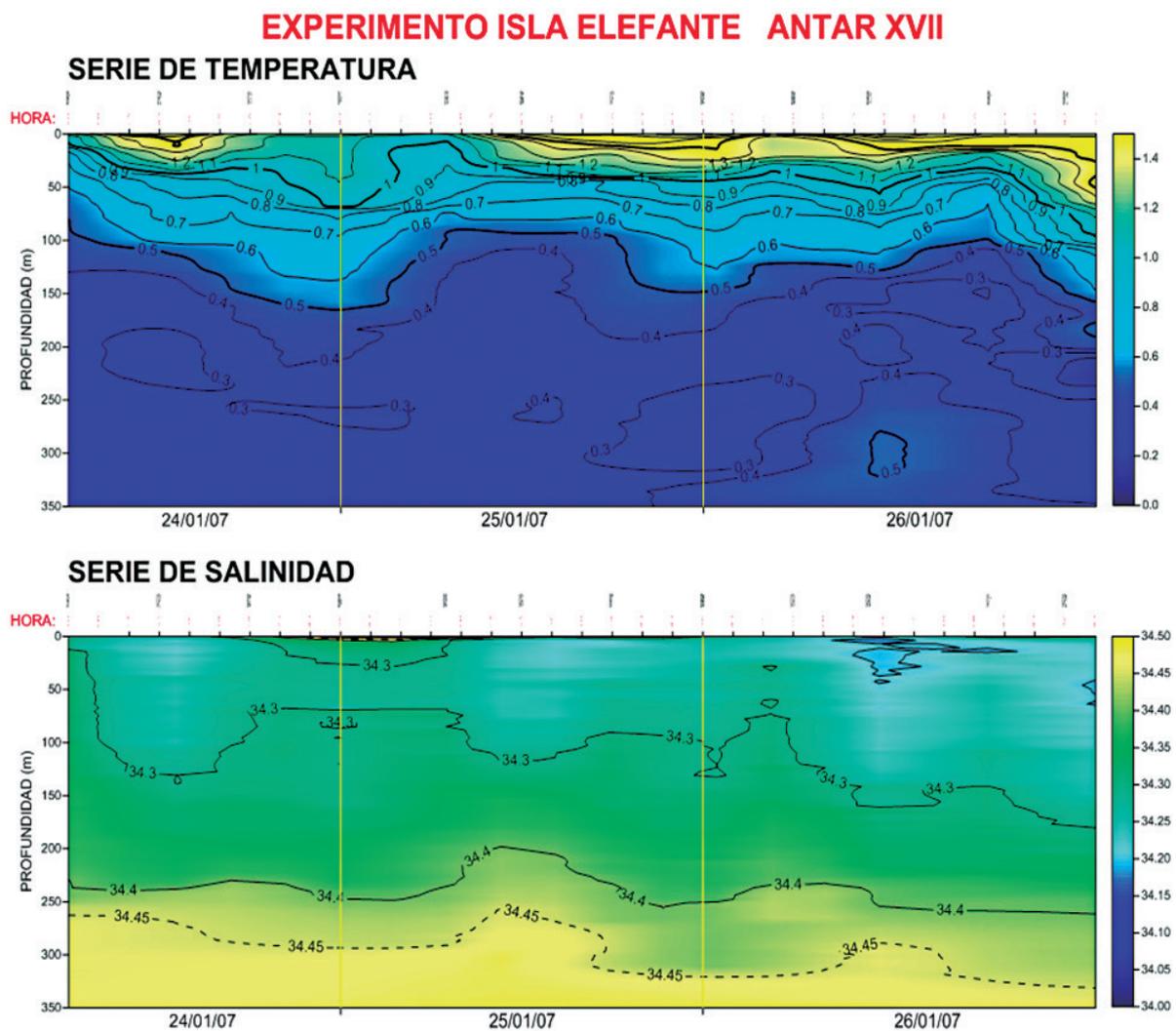


Figura 12.- Serie de tiempo de la distribución termo-halina, frente a isla Elefante. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

#### 4. DISCUSIÓN

La distribución térmica y halina en el muestreo del verano 2007 (ANTAR XVII) en promedio, mantuvo características típicas de la zona estudio, con aguas frías y más salinas al sur del estrecho Bransfield, que debido a sus bajas temperaturas estas aguas se profundizan rápidamente quedando en las capas superficiales mayores concentraciones de sales; en tanto que, al norte se localizan aguas más cálidas y con relativos bajos tenores de salinidad, las que son transportadas por la Corriente Circumpolar Antártica a través del mar de Bellingshausen. La convergencia de estas aguas con características termohalinas diferentes contribuye a la formación del Frente Bransfield (FB), que se ubica alrededor de su eje, sin embargo, la ubicación del FB depende de las condiciones globales como lo sugieren VAN LOON y SHEA (1985) quienes encontraron una relación inversa entre las anomalías estacionales de presión al nivel del mar en las latitudes polares y ENOS con desfase negativo de un año. Por su parte, WHITE y PETERSON (1996) sugirieron una relación entre la variabilidad de la corriente circumpolar antártica y ENOS.

No se pudo determinar una tendencia predominante de los vientos en el área de estudio, pero otros autores indican que los vientos soplan principalmente del nor-noeste (N-NW) generando una corriente litoral que fluye hacia el sur a lo largo del oeste de la península Antártica (HOFMANN et al. 1996). Esta corriente, sumada al flujo hacia el norte de la corriente circumpolar antártica, produce una circulación oceánica generalmente en el sentido de las agujas del reloj en el estrecho de Bransfield (DINNIMAN y KLINCK 2004, DUCKLOW et al. 2007) en la que predominan las corrientes del estrecho de Gerlache y del estrecho de Bransfield (ZHOU et al. 2006).

En la figura 12, se muestra la distribución térmica y halina de operaciones retrospectivas en la Antártida, donde se puede ver los cambios de un año a otro, manteniéndose siempre la zona más fría al sur y la más cálida al norte, variando estas zonas en amplitud de acuerdo a la condición ambiental dominante.

También, se observaron frentes termo-halinos de menor importancia que el FB, como resultados de la interacción de las diferentes masas de agua, procedentes del paso Drake, de los mares Weddell y Roos y del estrecho de Gerlache por lo cual dentro del estrecho Bransfield se presentan grandes procesos de mezcla.

La región antártica juega un rol importante en la formación de las masas de agua, estas dependen de las condiciones climáticas, características geográficas, topográficas y de hidrodinámica de la zona.

#### 5. CONCLUSIONES

El área evaluada se caracterizó por presentar dos zonas diferentes, una ubicada al norte próxima a la isla Rey Jorge donde se presentaron las temperaturas más altas y salinidades más bajas y, la otra al sur próxima a la península Antártica con temperaturas bajas y salinidades relativamente altas.

El sentido de mezcla inferido de los diagramas T - S coincide con lo encontrado en estudios anteriores y en los reportes del Biomass Series 30 y 31.

Del experimento se concluye que toda la columna presenta cambios en el tiempo, pudiendo ser cíclica en la capa subsuperficial casi en forma contraria a lo que ocurre en la capa superficial.

#### 6. REFERENCIAS

- BIOMASS SCAR/SCOR/IABO/ACMRR. 1982. First Post-FIBEX Hydrographic Data Interpretation Workshop. Hamburg, F.R.G. Sept. 1982. Biomass Report Series 30.
- BIOMASS SCAR/SCOR/IABO/ACMRR. 1983. Second Post-FIBEX Data Interpretation Workshop. Hamburg, F.R.G. May 1983. BIOMASS Report Series 31.
- DINNIMAN M S, KLINCK J M. 2004. A model study of circulation and cross-shelf exchange on the west Antarctic Peninsula continental shelf. *Deep-Sea Research II* 51: 2003–22.
- DUCKLOW H W, BAKER K, MARTINSON D G, QUETIN L G, ROSS R M, SMITH R C, STAMMERJOHN S E, VERNET M, FRASER W. 2007. Marine pelagic ecosystems: the West Antarctic Peninsula. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362: 67–94. [doi:10.1098/rstb.2006.1955]
- HOFMANN E E, KLINCK J M, LASCARA C M, SMITH D A. 1996. Water mass distribution and circulation west of the Antarctic Peninsula and including Bransfield Strait. En Ross R M, Hofmann E E, Quetin L B. (eds) *Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula. Antarctic Research Series* 70: 61-80.
- SANGRÁ PABLO A M. 1999. Diario de Campaña, Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, ubicación Web.
- TENORIO J. 2006. Condiciones Físicas oceanográficas en la Expedición ANTAR XVI. Proyecto COPEPOD I. Informe interno Instituto del Mar del Perú. Pp: 1-10.
- VAN LOON H, SHEA D J. 1985. The Southern Oscillation. Part IV: The precursors south of 15S to the extremes of the oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 113, 2063–2074.
- WHITE W B, PETERSON R. 1996. An Antarctic Circumpolar Wave in surface pressure, wind, temperature, and sea ice extent. *Nature*, 380, 699-702.
- ZHOU M, NILLER P P, ZHU Y, DORLAND R D. 2006. The western boundary current in the Bransfield Strait, Antarctica. *Deep-Sea Research I* 53:1244–52.

# FITOPLANCTON DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE DURANTE EL VERANO AUSTRAL 2007

## PHYTOPLANKTON OF BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND DURING AUSTRAL SUMMER OF 2007

Noemí Ochoa<sup>1</sup>

Olga Gómez

Maribel Baylón<sup>2</sup>

### RESUMEN

OCHOA N, GÓMEZ O, BAYLÓN M. 2016. *Fitoplancton del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante durante el verano austral 2007*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 114-120.- Durante el verano austral 2007, se estudió la distribución y estructura de la comunidad fitoplanctónica en el estrecho Bransfield y la isla Elefante. Las muestras de agua se tomaron con botella Niskin a diferentes profundidades. El análisis cuantitativo se realizó según el método de sedimentación de Utermöhl. En la columna de agua en el Estrecho de Bransfield se identificaron 76 especies, de las cuales 53 fueron Diatomeas, 18 Dinoflagelados y 5 Microflagelados. Los grupos más abundantes fueron los microflagelados (76%), las diatomeas (21%) y los dinoflagelados (3%). Las especies dominantes fueron: *Leucocryptos marina*, *Thalassiosira antarctica*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudonitzschia seriata* y *Pronoctiluca pelagica*. Las mayores abundancias de Diatomeas se encontraron alrededor de la isla Elefante asociadas a temperaturas >1 °C y salinidades <34,2 ups y la de los Microflagelados cerca de las islas Shetland del Sur y Elefante. El área más pobre en fitoplancton se encontró próxima a la península antártica. Verticalmente las mayores densidades de fitoplancton se ubicaron arriba de los 50 m, el índice de diversidad fue bajo, menor de 2,4 bits/cel y la similaridad entre muestras fue alta, mayor de 60%. A pequeña escala no hay una marcada variación temporal del fitoplancton.

PALABRAS CLAVE: Fitoplancton

### ABSTRACT

OCHOA N, GÓMEZ O, BAYLÓN M. 2016. *Phytoplankton of Bransfield Strait and Elephant Island during austral summer 2007*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 114-120.- The distribution and structure of the phytoplankton community in Bransfield Strait and Elephant Island were studied during Austral Summer of 2007. The seawater samples were collected using a Niskin bottle at different depths. The quantitative analysis was performed by the Utermöhl sedimentation method. 76 species of microalgae were identified in the water column of Bransfield Strait: 53 diatoms, 18 dinoflagellates and 5 microflagellates. In terms of abundance, the most representative groups were microflagellates (76%), diatoms (21%) and dinoflagellates (3%). The dominant species were *Leucocryptos marina*, *Thalassiosira antarctica*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudonitzschia seriata* y *Pronoctiluca pelagica*. The highest abundance levels of diatoms were recorded surrounding Elephant Island and associated with temperatures >1 °C and salinities values <34.2 ups, while the largest abundance of microflagellates was recorded nearby South Shetland and Elephant islands. The poorest area in phytoplankton was determined in the vicinity of the Antarctic Peninsula. Vertically, the greatest densities of phytoplankton were located above 50 m. The diversity index was low, less than 2.4 bits/cel while the similarity among samples high, more than 60%. On a small scale there was no a marked temporal variation of phytoplankton.

KEYWORDS: Phytoplankton

## 1. INTRODUCCIÓN

Continuando con el Convenio entre el INANPE, IMARPE y la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se realizó el análisis de las muestras de fitoplancton del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, obtenidas durante el Crucero Multidisciplinario del Verano Austral del 2007, a bordo del BIC Humboldt dentro del Proyecto COPEPOD II.

Se presenta la información sobre la composición y distribución de la comunidad fitoplanctónica, del área de estudio.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de agua de mar fueron colectadas con botellas Niskin en 14 estaciones, en una estación a 0 metros y en 13 estaciones a las profundidades de 0, 10, 20 30, 50, 75 y 100 m (Fig. 1), obteniéndose un total de 92 muestras.

1 † Fallecida en mayo 2015

2 Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

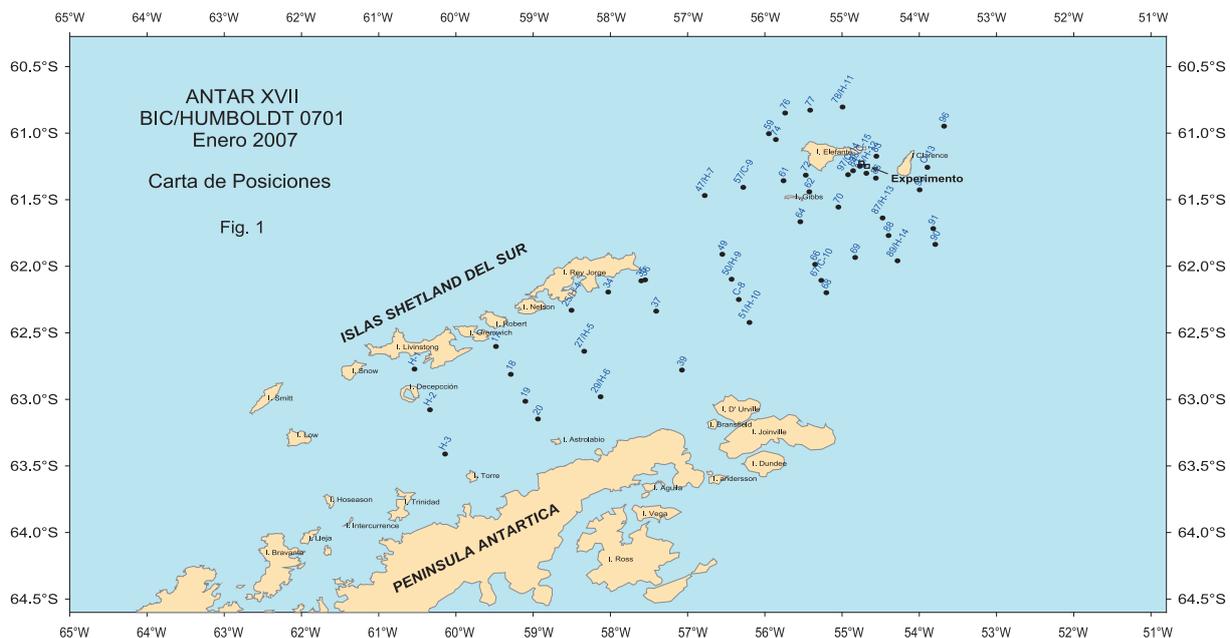


Figura 1.- Carta de posiciones. ANTAR XVII. Enero 2007

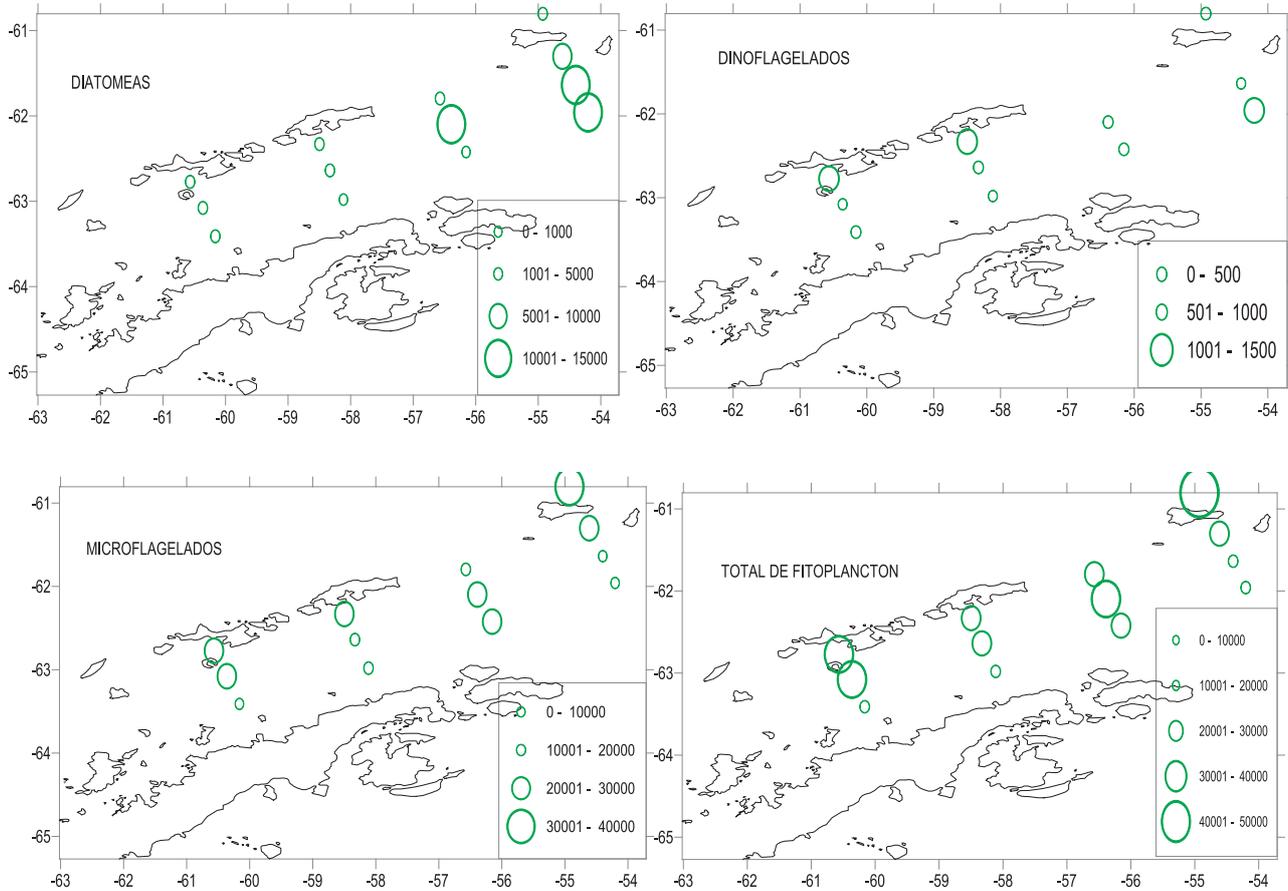


Figura 2.- Distribución de fitoplancton en la columna de agua, N°cel x 10<sup>6</sup>/m<sup>2</sup>

El análisis cuantitativo se realizó siguiendo la metodología de Utermöhl (HASLE 1978) y los resultados se expresan en números de células por litro.

La diversidad fue calculada según la fórmula de SHANNON y WEAVER (1963):  $H' = -\sum (p_i \cdot \log_2 p_i)$  donde  $P_i = N/n_i$ ; N = abundancia total;  $n_i$  = abundancia relativa de cada especie.

La distribución espacial se graficó utilizando el programa de interpolación SURFER.

El análisis de clasificación jerárquica (cluster) se hizo en base a una matriz de similitud entre muestras elaborada a partir de los índices de Bray-Curtis y expresado en un dendrograma usando el método de agrupamiento UPGMA aplicando el programa PRIMER.

Para la identificación de las especies fueron consultados los trabajos de SUNDSTRÖM 1986, PRIDDLE y FRYXELL 1985, MEDLIN y PRIDDLE 1990, HASLE y SYVERTSEN 1996, FRENGUELLI 1943, FRENGUELLI y ORLANDO 1958 para el grupo de diatomeas; BALECH 1976 y SOURNIA et al. 1979 para los dinoflagelados y THRÖNDSSEN y HEINDAL 1993 para los microflagelados.

### 3. RESULTADOS

#### A. ESTRECHO DE BRANSFIELD

##### Distribución del fitoplancton

La mayor abundancia de diatomeas se encontró alrededor de la isla Elefante asociada a temperaturas  $>1^\circ\text{C}$  y bajas salinidades,  $<34,2$  ups. Las mayores abundancias de dinoflagelados se encontraron cerca de las islas Shetland del Sur; los microflagelados estuvieron ampliamente distribuidos en toda el área de estudio con las mayores abundancias cerca de las islas Shetland del Sur y Elefante. El área más pobre en fitoplancton estuvo próxima a la península antártica (Fig. 2).

La distribución vertical del total de fitoplancton (Figs. 3, 4, 5, 6) muestra que las mayores densidades se encuentran arriba de los 50 m en el transecto A cuyo foco (estación 2) presenta valores de  $672140 \times 10^3 \text{cel.L}^{-1}$ ; arriba de los 30 m en las secciones B, C y D con valores de  $675060 \times 10^3 \text{cel.L}^{-1}$  en la estación 4,  $665480 \times 10^3 \text{cel.L}^{-1}$  en la estación 9, y  $992780 \times 10^3 \text{cel.L}^{-1}$  en la estación 11. Similar distribución presentan los diferentes componentes del fitoplancton especialmente los microflagelados.

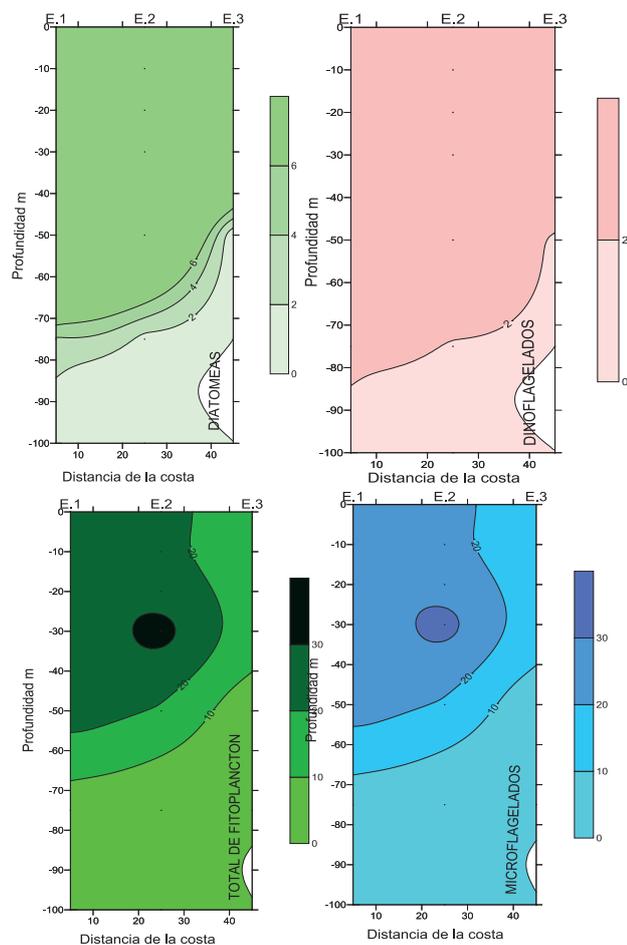


Figura 3.- Distribución vertical del fitoplancton y sus componentes principales en el transecto A.  $\text{N}^\circ \text{cel} \times 10^3 \text{L}^{-1}$

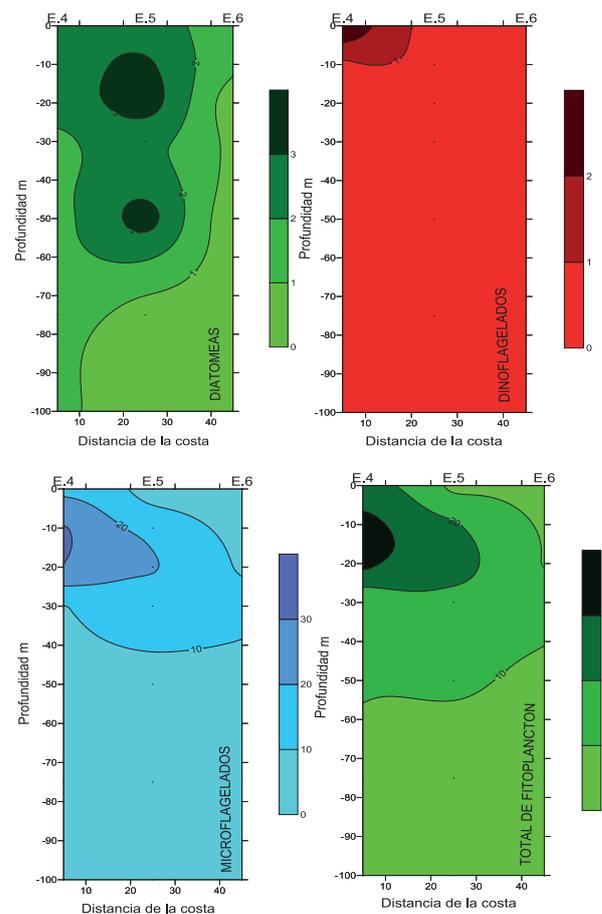


Figura 4.- Distribución vertical del fitoplancton y sus componentes principales en el transecto B.  $\text{N}^\circ \text{cel} \times 10^3 \text{L}^{-1}$

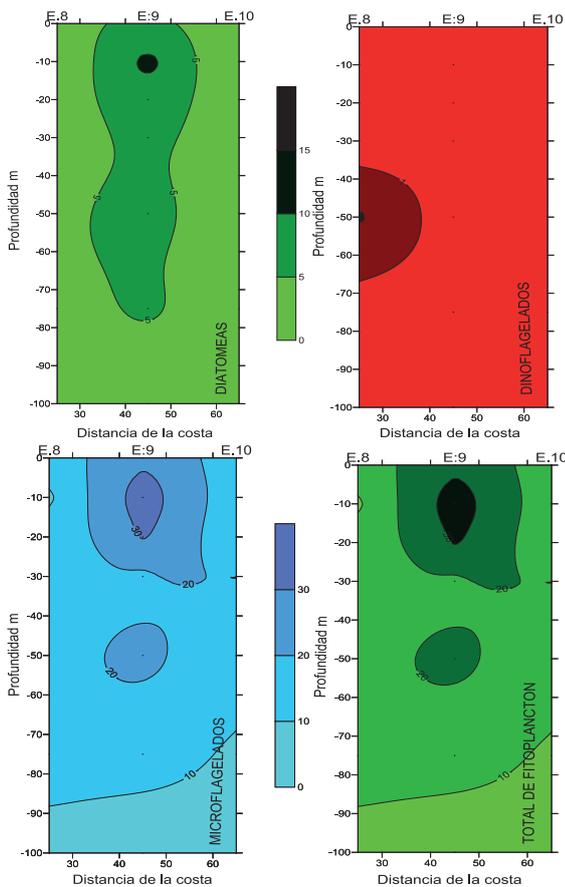


Figura 5.- Distribución vertical del fitoplancton y sus componentes principales en el transecto C. N°cel x 10<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>

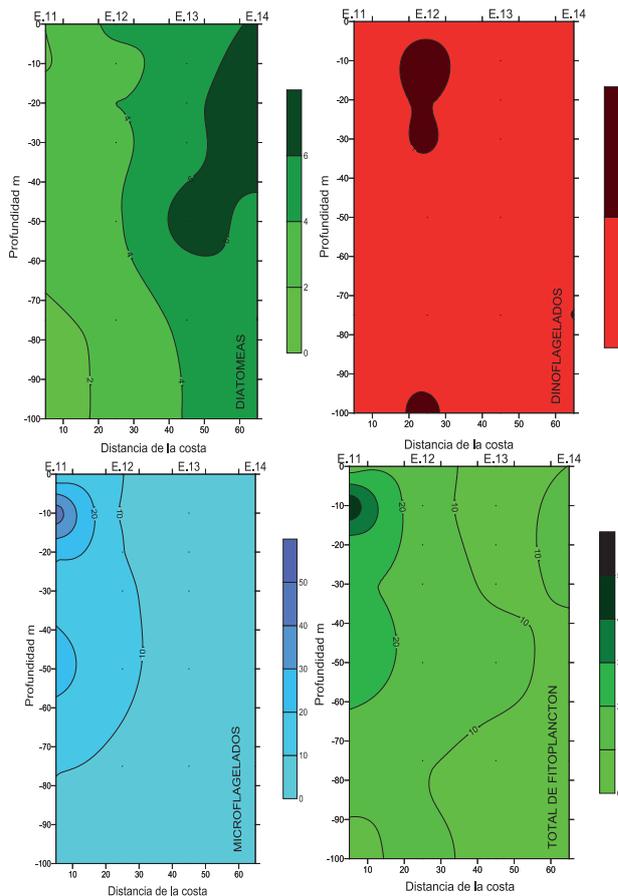


Figura 6.- Distribución vertical de fitoplancton, componentes principales, transecto D. N°cel x 10<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>

**Estructura de la comunidad fitoplanctónica**

En la columna de agua en el estrecho de Bransfield se identificaron 76 especies, de las cuales 5 son microflagelados, 53 diatomeas y 18 dinoflagelados.

El grupo más abundante fue el de los microflagelados (76%), seguido de las diatomeas (21%) y dinoflagelados (3%) del total del fitoplancton (Fig. 7).

Las especies más abundantes fueron: *Leucocryptos marina* (39%), *Thalassiosira antarctica* (7%), *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (6%), *P. seriata* (5%) y *Pronoctiluca pelagica* (2%) además del grupo de microflagelados, exceptuando *Leucocryptos marina*, que alcanzó un 36% del total de fitoplancton (Fig. 8).

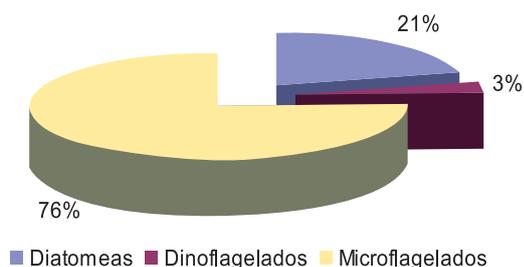


Figura 7.- Composición porcentual del fitoplancton en la columna de agua

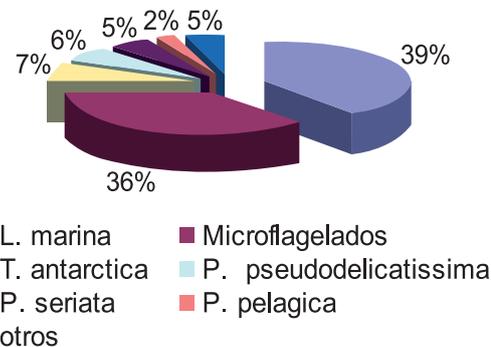


Figura 8.- Principales especies del fitoplancton en la columna de agua

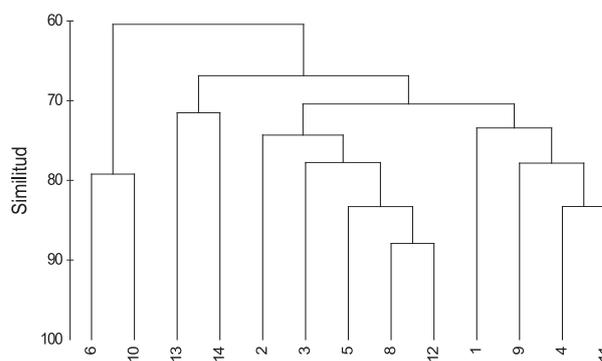


Figura 9.- Similitud entre estaciones en el estrecho de Bransfield

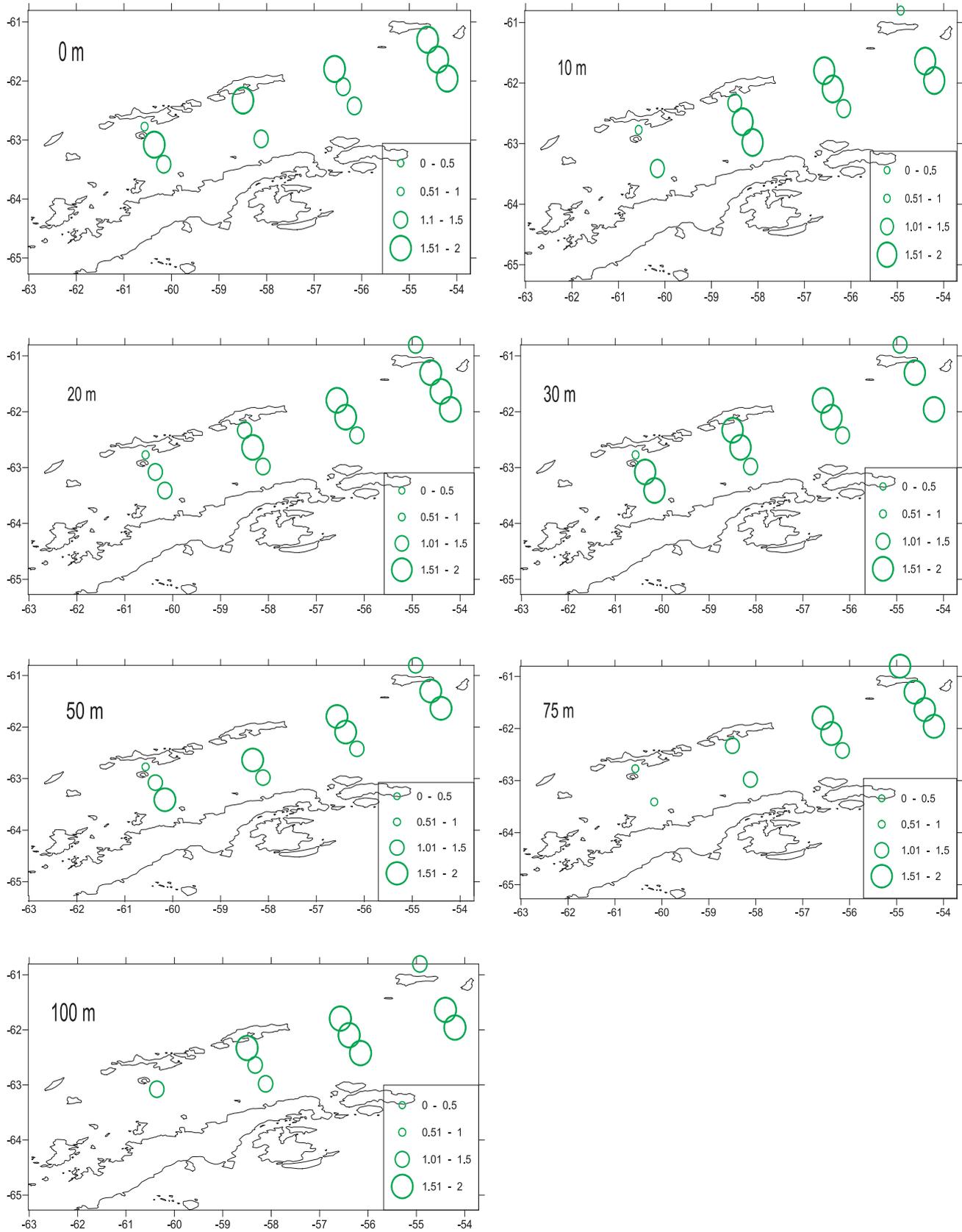


Figura 10.- Índice de diversidad, Bits/cel

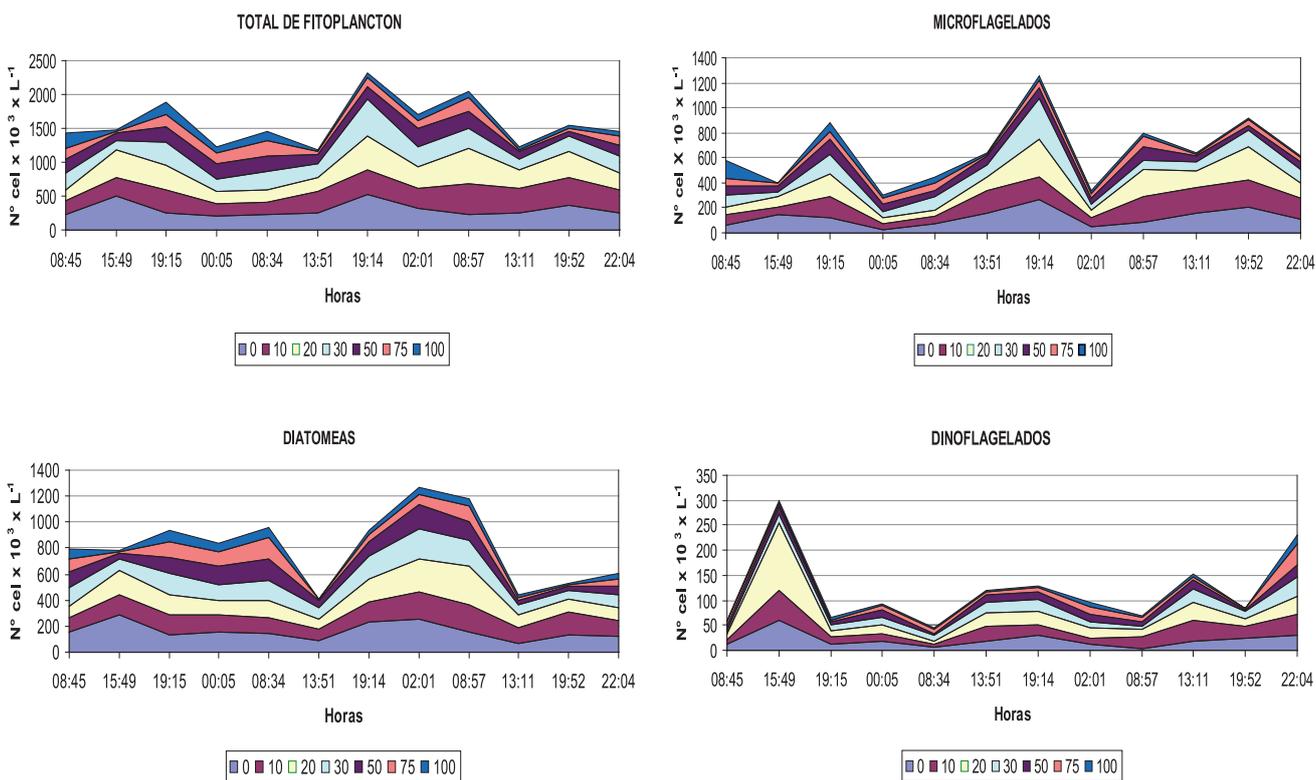


Figura 11.- Variación diaria del fitoplancton ( $N^{\circ} \text{cel} \times 10^3 \text{L}^{-1}$ ) Isla Elefante

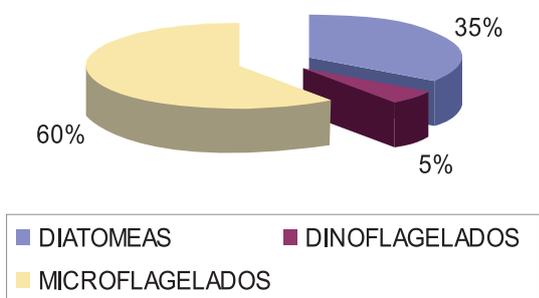


Figura 12.- Composición porcentual del fitoplancton en la columna de agua

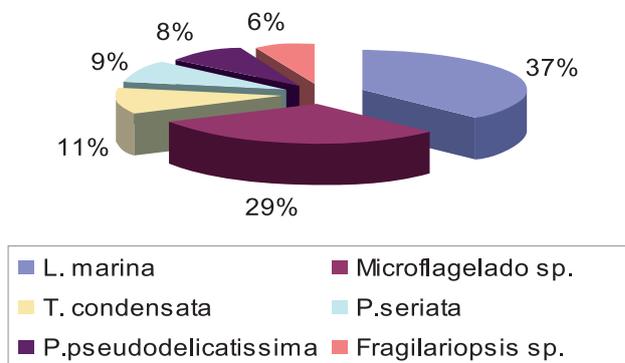


Figura 13.- Composición porcentual de especies del fitoplancton en la columna de agua

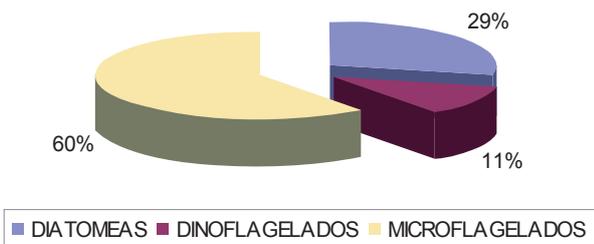


Figura 14.- Composición porcentual del fitoplancton en la columna de agua, bahía Almirantazgo

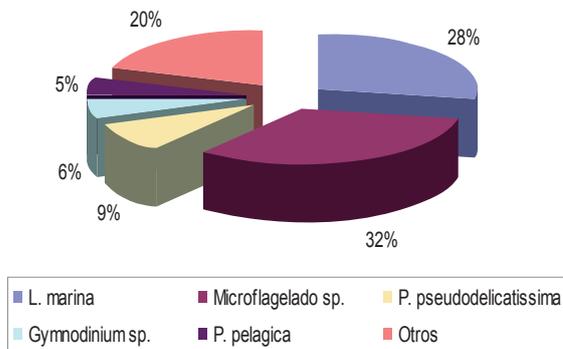


Figura 15.- Principales especies del fitoplancton en la columna de agua, bahía Almirantazgo

## Análisis de Similitud

Las muestras formaron un grupo grande con similitud mayor a 60% (Fig. 9) que se caracterizó por representar una comunidad dominada por microflagelados: *Leucocryptos marina*, *Tetraselmis* sp., *Fragilariopsis* sp., *Gymnodinium* sp. y *Pronoctiluca pelagica*.

## Diversidad

Los índices de diversidad para toda el área estudiada fueron bajos (Fig. 10) con valores que fluctuaron entre 0,6 y 2,4 bits/cel.

## B. Isla Elefante

### Variación temporal a pequeña escala

La variación diaria de la abundancia fitoplanctónica es pequeña. En la estación fija, se observó que el total del fitoplancton y el grupo de los microflagelados presentan mayores densidades alrededor de las 19:00 horas, en el caso de los microflagelados las menores densidades se encontraron alrededor de las cero horas. Las diatomeas, presentaron las mayores densidades a las 02:01 horas y las más bajas densidades alrededor de las 13:00 horas cuando la radiación solar es más intensa. Los dinoflagelados presentaron la mayor densidad a las 15:49 horas del 24 de enero (Fig. 11).

Las mayores concentraciones en general se registraron arriba de los 30 m. Mientras que en el caso de los dinoflagelados las concentraciones máximas se observaron arriba de los 10 m.

### Estructura de la comunidad fitoplanctónica

En la columna de agua en la isla Elefante, se identificaron 61 especies de las cuales 4 fueron microflagelados, 45 diatomeas y 12 dinoflagelados. El grupo más abundante fue el de los microflagelados (60%), seguido de las diatomeas (35%) y dinoflagelados (5%) del total del fitoplancton (Fig. 12)

Las especies más abundantes fueron: *Leucocryptos marina* (37%), *Thalassiosira condensata* (11%), *Pseudonitzschia seriata* (9%) *P. pseudodelicatissima* (8%) y *Fragilariopsis* sp. (6%) además del grupo de microflagelados, exceptuando *Leucocryptos marina*, alcanzó un 29% del total de fitoplancton (Fig. 13).

## C. Bahía Almirantazgo

En la columna de agua en la bahía Almirantazgo se identificaron 46 especies, de las cuales 4 fueron microflagelados, 33 diatomeas y 9 dinoflagelados. El grupo más abundante fue el de los microflagelados (60%), seguido de diatomeas (29%) y dinoflagelados (11%) del total del fitoplancton (Fig. 14). Las especies más abundantes fueron: *Leucocryptos marina* (28%),

*Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (9%), *Gymnodinium* sp. (6%) y *Pronoctiluca pelagica* (5%) además el grupo de microflagelados, exceptuando *Leucocryptos marina*, alcanzó un 32% del total de fitoplancton (Fig. 15).

## 4. DISCUSIÓN

Durante el presente crucero la abundancia del fitoplancton fue mucho menor que en el año 2006 y el número de especies se redujo en un 25%. Sin embargo, el patrón de distribución fue similar, presentándose las mayores densidades cerca de las islas Shetland del Sur y alrededores de la isla Elefante y las menores concentraciones cerca de la península Antártica.

La comunidad fitoplanctónica igual que en el ANTAR XVI se encontró en un estado de activo desarrollo, mostrando índices de diversidad bajos.

No hay gran variabilidad fitoplanctónica durante el día debido a que en la Antártica durante el verano austral la radiación solar es casi uniforme; sin embargo, la pequeña diferencia de la intensidad luminosa a medio día sí afecta a las diatomeas que muestran su menor densidad.

## 5. REFERENCIAS

- BALECH E. 1976. Clave Ilustrada de Dinoflagelados Antárticos. Publicación N° 11. Instituto Antártico Argentino. Buenos Aires. 1 – 99.
- FRENGUELLI J. 1943. Diatomeas de las Horcadas del Sur. Revista del Museo de la Plata Tomo V, Botánica N° 21. La Plata, Argentina.
- FRENGUELLI J. ORLANDO H. 1958. Diatomeas y Silicoflagelados del sector Antártico Sud Americano. Publicación N° 5. Instituto Antártico Argentino. Buenos Aires.
- HASLE G R. 1978. The inverted-microscope method. 1978. En: (Ed. A. Sournia) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris, Oceanographic Methodology 6: 88-96.
- MEDLIN L, PRIDDLE J. 1990. Polar Marine Diatoms. British Antarctic Survey. Natural Environment Research Council.
- PRIDDLE J, FRYXELL G. 1985. Handbook of the Common Plankton Diatoms of the Southern Ocean. Centrales except the Genus *Thalassiosira*. British Antarctic Survey. Natural Environment Research Council.
- SHANNON C, WEAVER W. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press Urbana. 125 pp.
- SOURNIA A, GRALL J R, JACQUES G. 1979. Diatomées et Dinoflagellés planctoniques d'une coupe méridienne dans le sud de l'océan Indien (campagne Antiprod I du Marion-Dufresne, mars 1977). Botanique Marina. Vol. XXII, pp. 183-198.
- SUNDSTRÖM BO G. 1986. The Marine Diatom Genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Doctoral Dissertation, Lund University, Sweden. 117 pp, 39 plates.
- THRÖNDSSEN J, HEIMDAL B. 1993. Marine Phytoplankton. A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorid. Editor. Carmelo R. Thomas. Academic Press, Inc. A Division of Harcourt Brace & Company. San Diego.

# ESTRUCTURA COMUNITARIA DEL ZOOPLANCTON ANTÁRTICO EN EL ESTRECHO BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE, VERANO AUSTRAL 2007, ANTAR XVII

## COMMUNITY STRUCTURE IN ANTARCTIC ZOOPLANKTON BRANSFIELD STRAIT AREA OF ELEPHANT ISLAND, AUSTRAL SUMMER 2007, ANTAR XVII

Patricia Ayón<sup>1</sup>

Elda Pinedo

Diana López

### RESUMEN

AYÓN P, PINEDO E, LÓPEZ D. 2016. Estructura comunitaria del zooplancton antártico en el estrecho Bransfield y alrededores de la isla Elefante, verano austral 2007, ANTAR XVII. *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 121-127.- Se presenta la estructura comunitaria de zooplancton antártico en el estrecho Bransfield y alrededores de la isla Elefante durante el verano austral 2007. Se determinó 10 grupos de zooplancton, siendo los Copepoda, Euphausida y Siphonophora los más frecuentes y abundantes. Las mayores abundancias se localizaron al suroeste de la isla Rey Jorge, entre ésta y la isla Gibbs y al norte de la isla D'Urville. Los niveles de abundancia estuvieron entre 612 y 21.592 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 µ y entre 137 y 12.988 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 500 µ. El análisis de diversidad mostró valores que estuvieron entre 1,32 y 2,32 bits para la malla de 300 µ y entre 0,68 y 2,35 bits para la malla de 500 µ. Los mayores valores de diversidad se encontraron al suroeste del estrecho Bransfield, cerca de la isla Torre, y al noreste de las islas Shetland del Sur, entre las islas Rey Jorge y Gibbs; las estaciones menos diversas se localizaron en el centro del estrecho Bransfield y al noreste de la isla D'Urville.

PALABRAS CLAVE: Zooplancton, Antártida, estrecho Bransfield

### ABSTRACT

AYÓN P, PINEDO E, LÓPEZ D. 2016. Community structure in Antarctic zooplankton Bransfield Strait area of Elephant Island, austral summer 2007, ANTAR XVII. *Bol Inst Mar Perú*. 31(1): 121-127.- This report presents Antarctic zooplankton community structure from the Bransfield Strait and around Elephant Island during austral summer 2007. A total of 10 groups of zooplankton were identified. Copepoda, Euphausida and Siphonophora were the most frequent and abundant. The highest abundance was located southwest of King George Island and between it and the Gibbs Island and north of D'Urville Island. Abundance levels ranged from 612 to 21592 ind/1000 m<sup>3</sup> for 300 µm mesh and 137 to 12988 ind/1000 m<sup>3</sup> for 500 µm mesh. Diversity analysis showed values between 1.32 and 2.32 bits to 300 µm mesh and between 0.68 and 2.35 bits to 500 µm mesh. The highest values were found southwest Bransfield Strait near the Island Tower, and northeast of the South Shetland Islands, between King George and Gibbs islands; while less diverse stations were located in the central Bransfield Strait and northeast of the D'Urville Island.

KEYWORDS: Zooplankton, Antarctic, Bransfield Strait

## 1. INTRODUCCIÓN

En el ecosistema antártico uno de los componentes importantes de este sistema es el krill, constituido principalmente por la especie *Euphausia superba*. Muchos trabajos se han realizado sobre el krill sin embargo son pocos en la zona del estrecho Bransfield y alrededores de la isla Elefante que consideren el estudio de todos los componentes del zooplancton, por lo que los muestreos que se hicieron dentro de la XVII expedición del Perú en la Antártida servirán para el Proyecto COPEPOD II, del cuál uno de los objetivos específicos es establecer las relaciones inter e intra específicas en la comunidad de plancton y relacionarlo con las variables ambientales. Asimismo, la información servirá para alimentar la serie de datos históricos para la misma zona colectados en expediciones anteriores por el Perú.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la XVII expedición del Perú a la Antártida en la zona comprendida entre el estrecho Bransfield y alrededores de la isla Elefante, se muestrearon 12 estaciones, colectándose un total de 24 muestras con una red Bongo de 60 cm de diámetro, provista con mallas de 300 y 500 micras, operada en arrastres oblicuos desde 200 m de profundidad hasta la superficie a una velocidad promedio de 2,5 nudos/hora. En la boca de la red de 300 micras de malla, se colocó un flujómetro marca Hydrobios con sistema run-stop para medir la cantidad de agua filtrada. Las muestras fueron fijadas y preservadas en formaldehído al 2%. El análisis de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio del Área de Evaluación de Producción Secundaria en la Sede Central del IMARPE.

<sup>1</sup> IMARPE. Esq. Gamarra y Gral. Valle s/n, Callao, Perú. payon@imarpe.gob.pe

La determinación de las especies se basó en los trabajos de taxonomía de KIRWOOD 1982, KELLERMAN 1990, BRADFORD-GRIEVE et al. 1999, tratando de hacer la determinación hasta nivel de especies, cuando no se pudo determinar hasta ese nivel se hizo al taxón inmediato superior. El conteo de las especies se realizó de acuerdo a sus niveles de abundancia, en el caso de especies abundantes se contaron en una fracción de la muestra mediante la técnica del Beacker (VAN GUELPEN et al. 1982) mientras que para las menos abundantes se hizo en el total de la muestra. Se midió el biovolumen de zooplancton por el método de desplazamiento de Yashnov (1959) modificado por ROBERTSON 1970.

Se hizo análisis comunitario, obteniéndose los índices de diversidad de Shannon y Wiever, el Análisis de Conglomerados (CLUSTER), el Escaleo No-Métrico Multidimensional (MDS) y el análisis de similitud (SIMPER) para determinar las especies responsables de la similitud dentro de los grupos y entre los grupos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Abundancia y volumen total

La abundancia de zooplancton presentó valores entre 612 y 21.592 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 micras y entre 137 y 12.988 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 500 micras (Fig. 1). La mayor abundancia se localizó al suroeste de la isla Rey Jorge y entre ésta y la isla Gibbs para la malla de 300 micras y, al norte de la isla D'Urville para la de 500 micras.

Los biovolúmenes totales de zooplancton fluctuaron entre 7,7 y 731,7 mL/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 micras y entre 3,2 y 731,7 mL/1000m<sup>3</sup> para la malla de 500 micras.

El mayor valor, para ambas mallas, se registró en la estación hidrográfica H10 (Fig. 2) asociado principalmente al aporte de especies grandes como *Euphausia superba* y *Limacina helicina*. Mientras que en la estación hidrográfica 4 (malla de 300 μ) se presentó abundancia alta asociada, aunque a un volumen bajo, en este caso el zooplancton estuvo compuesto por especies pequeñas, como los copépodos *Ctenocalanus* spp., *Oithona similis* y *Euchaeta antarctica* que no aportaron significativamente al volumen total de la muestra.

En general, las abundancias totales máximas de zooplancton aumentaron en comparación con lo reportado para el ANTAR XVI (OCHOA et al. 2007) cuando se presentaron valores entre 485 y 8.947 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 micras y, entre 33 y 8.821 ind/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 500 micras.

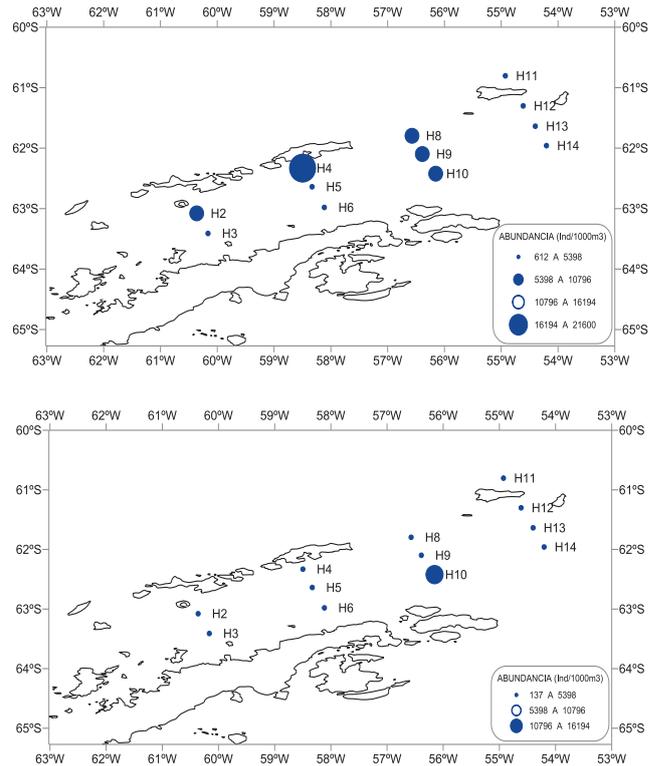


Figura 1.- Distribución de abundancias totales del zooplancton. Arriba: malla 300 micras, abajo: malla 500 micras

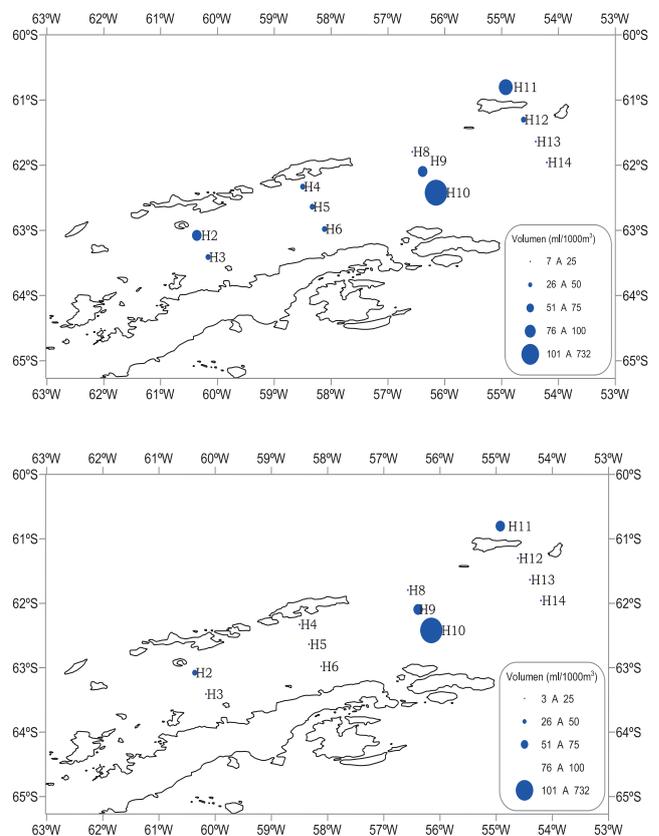


Figura 2.- Distribución de volúmenes totales de zooplancton. Arriba: malla 300 micras, abajo: malla 500 micras

Asimismo, su distribución cambió ligeramente, ya que en el muestreo 2006 la abundancia más alta se localizó en 3 zonas: centro del estrecho Bransfield, entre las islas Rey Jorge y Gibbs-Elefante y alrededor de la isla Elefante; donde en este muestreo se registraron los menores valores de abundancia total, a excepción de la región entre las islas Rey Jorge y Gibbs-Elefante.

En el caso de los biovolúmenes, éstos también fueron mayores a lo registrado durante el ANTAR XVI (OCHOA et al. 2007), habiéndose determinado valores comprendidos entre 1,10 – 39,73 mL/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 300 micras y entre 0,04 – 33,82 mL/1000 m<sup>3</sup> para la malla de 500 micras.

### Composición de especies

En la malla de 300 micras, se determinó 10 grupos de zooplancton: Copépoda, Eufáusida, Sifonofora, Gasterópoda, Quetognata, Ostrácoda, Anfípoda, Cirripedia, Poliqueta e ictioplancton. El grupo Copépoda fue el más abundante y frecuente seguido de Eufáusida y Sifonofora (Figs. 3, 4).

Dentro del grupo Copepoda, la especie más frecuente fue *Oithona similis* (100%), seguida de *Calanoides acutus*, *Ctenocalanus* spp. y *Euchaeta antártica* con el 83% cada una (Tabla 1). Dentro de este grupo las especies más abundantes fueron *Ctenocalanus* spp. con niveles de abundancia promedio de 1.479 ind/1000 m<sup>3</sup>, *Metridia* spp. (copepodito) con 693 ind/1000 m<sup>3</sup> y *C. acutus* con 662 ind/1000 m<sup>3</sup>. Las mayores abundancias de *Ctenocalanus* spp. y *C. acutus* se encontraron al noreste del estrecho Bransfield, principalmente frente a la isla Rey Jorge; mientras que *Metridia* spp. estuvo dispersa con la mayor concentración entre las islas Rey Jorge y Gibbs.

El grupo de los eufáusidos, estuvo representado por estadios tempranos como caliotopis y furcillas con una frecuencia del 92% en ambos casos. Mientras que en mayor densidad se presentaron adultos de *Thysanoessa* sp. (455 ind/1000 m<sup>3</sup>) detectándose la mayor concentración frente a la isla Decepción.

En la malla de 500 micras, se determinó 9 grupos, los más abundantes y frecuentes fueron: Eufáusida, Copépoda, Gastrópoda y Sifonofora (Figs. 5, 6).

Los nectóforos superiores e inferiores de sifonóforos no determinados (Sifonoforo ND), presentaron el mayor nivel de abundancia promedio (903 ind/1000 m<sup>3</sup>) y abundancia máxima en la estación hidrográfica H2 (2.358 ind/1000 m<sup>3</sup>) (Tabla 2); pero la frecuencia fue 25%, distribuyéndose cerca a las costas de las islas Shetland del Sur.

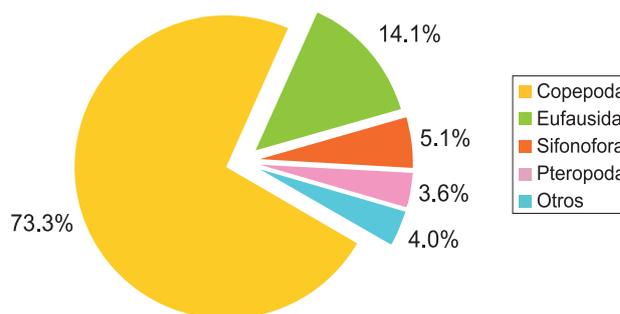


Figura 3.- Abundancia relativa de grupos de zooplancton, malla 300 micras

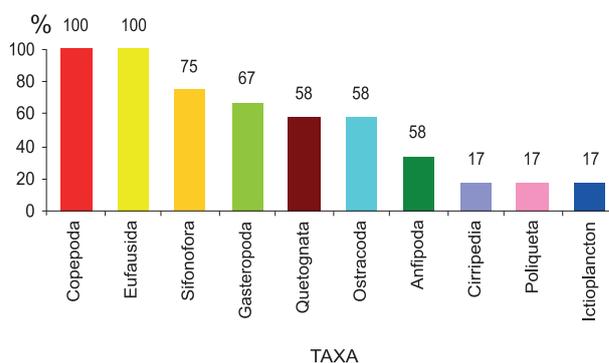


Figura 4.- Frecuencia relativa por grupos de zooplancton, malla 500 micras

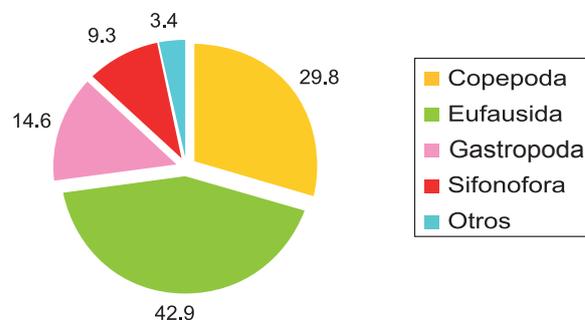


Figura 5.- Abundancia relativa de grupos de zooplancton, malla de 500 micras

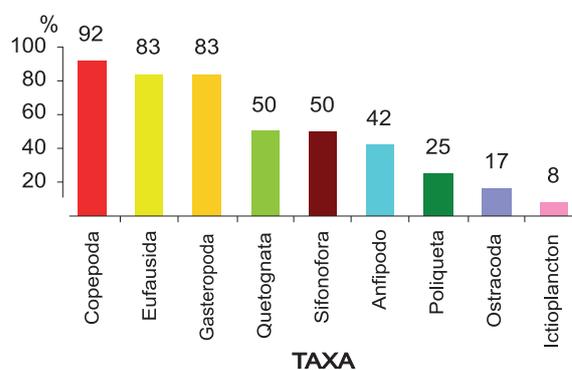


Figura 6.- Frecuencia relativa por grupos, malla de 500 micras

Tabla 1.- Listado de especies con mayor frecuencia y niveles promedio de abundancia total, malla 300 micras

GRUPO	ESPECIE	FREC. %	Abundancia mínima (Ind/1000m <sup>3</sup> )	Abundancia máxima (Ind/1000m <sup>3</sup> )	Promedio (Ind/1000m <sup>3</sup> )
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	100	10	2693	496
Eufáusida	Eufausido ND	92	4	655	157
Copepoda	<i>Calanoides acutus</i> <sup>3</sup>	83	184	1654	662
Copepoda	<i>Ctenocalanus</i> spp. <sup>1</sup>	83	15	4257	1479
Copepoda	<i>Euchaeta antarctica</i> <sup>6</sup>	83	2	1555	393
Copepoda	<i>Oithona frigida</i> <sup>4</sup>	75	7	1488	195
Eufáusida	<i>Thysanoessa</i> sp. <sup>5</sup>	75	21	2177	455
Anfípoda	<i>Primno macropa</i>	67	1	94	33
Copepoda	<i>Rhincalanus gigas</i>	67	28	313	96
Quetognata	<i>Eukrohnia hamata</i>	67	14	283	93
Copepoda	<i>Metridia</i> spp. <sup>2</sup>	58	43	2551	693
Copepoda	<i>Scolecithricella minor</i>	58	35	638	206
Eufáusida	<i>Euphausia superba</i>	58	14	375	124
Gastropoda	<i>Limacina helicina</i>	58	14	363	123

<sup>1-6</sup> Primeras 6 especies con promedios altos de abundancia total

Tabla 2.- Listado de especies con mayor frecuencia y niveles de abundancia total, malla 500 micras

GRUPO	ESPECIE	FREC. %	Abundancia mínima (Ind/1000m <sup>3</sup> )	Abundancia máxima (Ind/1000m <sup>3</sup> )	Promedio (Ind/1000m <sup>3</sup> )
Copépoda	<i>Calanoides acutus</i> <sup>4</sup>	92	10	753	312
Copépoda	<i>Euchaeta antarctica</i> <sup>6</sup>	75	2	732	245
Copépoda	<i>Rhincalanus gigas</i>	67	10	142	58
Eufáusida	<i>Thysanoessa</i> sp. <sup>2</sup>	67	2	1542	435
Gastrópoda	<i>Limacina helicina</i>	67	17	363	139
Quetognata	<i>Eukrohnia hamaca</i>	50	15	43	30
Gastrópoda	<i>Clione</i> sp.	42	1	17	10
Anfípodo	<i>Primno macropa</i>	33	5	21	13
Copépoda	<i>Calanus propinquus</i>	33	2	183	53
Copépoda	<i>Metridia</i> spp.	33	27	378	156
Eufáusida	<i>Euphausia superba</i> <sup>5</sup>	33	1	856	283
Eufáusida	Caliptopis y furciliias	25	17	46	30
Poliqueta	Tomopteridae	25	14	17	16
Quetognata	<i>Sagitta gazellae</i>	25	5	35	21
Sifonofora	Sifonoforo ND <sup>1</sup>	25	165	2358	903
Copépoda	<i>Metridia gerlachei</i> <sup>3</sup>	17	13	762	387

Dentro de los eufáusidos, *Thysanoessa* sp. fue la especie más frecuente (67%) y más abundante (435 ind/1000 m<sup>3</sup>) con distribución similar a la presentada con la malla de 300 micras.

En los copépodos, las especies más frecuentes fueron *Calanoides acutus* (92%) y *Euchaeta antarctica* (75%); las más abundantes fueron *Metridia gerlachei* (387 ind/1000 m<sup>3</sup>) y *C. acutus* (312 ind/1000 m<sup>3</sup>). La mayor concentración de *M. gerlachei* estuvo entre las islas Rey Jorge y Gibbs; *C. acutus* estuvo distribuido al noreste del estrecho, con mayor concentración al norte de la isla Elefante.

Comparando éstos resultados con los obtenidos en el crucero anterior (OCHOA et al. 2007) para el mismo periodo y área de muestreo, se nota la ausencia total de salpas, habiendo sido importante también en el verano austral 1998, cuando sus niveles de abundancia fueron incluso más altos que los copépodos (AYÓN et al. 1999). Al analizar las condiciones oceanográficas se observó que las temperaturas que estuvieron asociadas a las altas densidades de salpas fueron mayores a 1,5 °C, probablemente las condiciones en los últimos dos años (temperaturas menores) hayan influenciado en el decrecimiento poblacional de estas salpas.

**Análisis de diversidad**

Los índices de diversidad de zooplancton estuvieron entre 1,32 y 2,32 bits para la malla de 300 micras y entre 0,68 y 2,35 bits para la malla de 500 micras. En ambas mallas, los mayores valores de diversidad se encontraron al suroeste del estrecho Bransfield, cerca de la isla Torre, y al noreste de las islas Shetland del Sur, entre las islas Rey Jorge y Gibbs. Por otro lado, las comunidades zooplantónicas menos diversas se distribuyeron en la zona centro del estrecho y al noreste de la isla D'Urville.

A comparación con el verano austral 2006, los índices de diversidad disminuyeron notablemente (en esta oportunidad no se encontraron valores altos cerca al mar de Weddell) y se observó disminución de la diversidad, ya que para dicho ANTAR, los mayores valores estuvieron entre 376 y 3,19 bits para la malla de 300 y 500 micras, respectivamente.

**Análisis de comunidad**

**Malla 300 micras.-** Del análisis de CLUSTER, se diferenciaron 2 grupos (G1 y G2), conteniendo 10 y 2 estaciones, respectivamente (Fig. 7). Cuando se ubicaron los grupos en el área de muestreo, se observó que G1 se distribuyó en casi todo el estrecho de Bransfield y en los alrededores de la isla Elefante, mientras que el G2, sólo en el extremo noreste de la península Antártica (Fig. 8).

Para probar que estos dos grupos eran diferentes, se usó la rutina estadística ANOSIM. De esta manera, la hipótesis nula, de que no hay diferencias entre los grupos, fue rechazada por el estadístico global R

( $r=0,87$ ,  $p=0,015$ ) confirmando el agrupamiento de las estaciones.

Los dos grupos presentaron diferente composición de especies (Disimilitud promedio= 75,45) (Tablas 3, 4), aunque G2 presentó algunas de las especies de G1, estuvo dominado por la mayor abundancia de *Euphausia superba* y del pterópodo *Limacina helicina*, a comparación de G1 en el que dominaron copépodos pequeños como *Ctenocalanus* spp. y el eufáusido *Thysanoessa* sp. Probablemente, esta distribución estuvo asociada con las características oceanográficas encontradas en las estaciones del G1, caracterizadas por tener la temperatura superficial del mar menor a 0,5 °C y la isoterma de -0,5 °C por encima de los 100 m de profundidad (VÁSQUEZ y TENORIO 2007), siendo las más bajas en toda el área muestreada.

Tabla 3.- Especies que contribuyen a la similaridad dentro de los grupos (ind/1000 m<sup>3</sup>)

Similaridad Promedio G1 = 48,39		
Especie	Abundancia Promedio	Contribución %
<i>Ctenocalanus</i> spp.	2323	20,21
<i>Calanoides acutus</i>	661	19,17
<i>Oithona similis</i>	686	14,50
<i>Thysanoessa</i> spp.	425	7,39
<i>Euchaeta antarctica</i>	488	6,53
<i>Metridia</i> spp.*	484	4,79
<i>Rhincalanus gigas</i>	152	4,43
Eufausido ND	171	4,23
<i>Oithona frigida</i>	274	4,06
<i>Scolecithricella minor</i>	144	3,71
<i>Primno macropa</i>	28	2,57

Similaridad Promedio G2 = 30,85		
Especie	Abundancia Promedio	Contribución %
<i>Euchaeta antarctica</i>	876	34,45
<i>Limacina helicina</i>	1120	28,66
<i>Oithona similis</i>	91	23,37
Eufausido ND	61	13,51

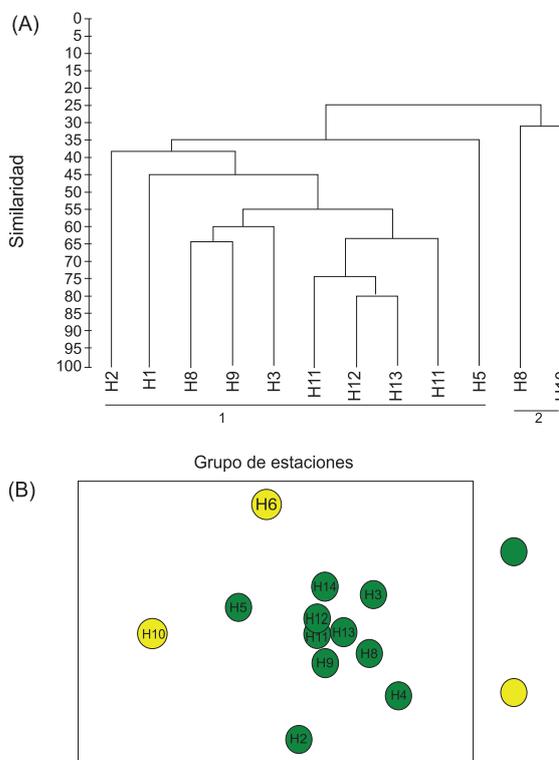


Figura 7.- Agrupamiento de estaciones basado en los resultados de (A) Cluster, (B) MDS

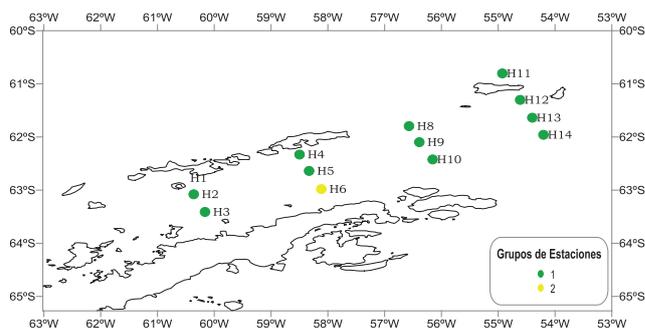


Figura 8.- Distribución de los grupos de estaciones derivados del Cluster

En el verano austral 2006 se diferenciaron 3 grupos, asociados principalmente por la contribución de los copépodos como *Calanus propinquus*, *Metridia gerlachei* y *Ctenocalanus* sp., composición diferente al de este periodo, en el que las principales especies que han regulado la conformación de los grupos han sido *Ctenocalanus* spp.-*Calanoides acutus* y *Euchaeta antarctica*-*Limacina helicina*.

**Malla 500 micras.**- El análisis de CLUSTER diferenció 2 grupos (G1 y G2), uno de ellos conteniendo solamente la estación H6, y el otro grupo todas las demás estaciones.

Esta separación fue muy similar a lo presentado en la malla de 300 micras, con G1 ocupando casi todo el estrecho Bransfield y los alrededores de la isla Elefante y G2 sólo cerca de la isla Astrolabio en las inmediaciones de la península Antártica (Figs. 9, 10).

Este agrupamiento, se probó estadísticamente mediante el ANOSIM, resultando ser aceptado (R=0,81, p=0,083).

Con el análisis de similitud (SIMPER), se determinó las especies responsables de la similitud dentro de los grupos y de la disimilitud entre los grupos (Tablas 5, 6). Los dos grupos tuvieron una composición de especies muy diferente (Disimilitud promedio=86,51). G1 estuvo dominado por *Euphausia superba*, *Limacina helicina* y *Thysanoessa* sp.; las especies con mayor contribución para la similitud dentro del G1 fueron copépodos grandes como *Calanoides acutus*,

*Euchaeta antarctica* y *Rhincalanus gigas*, así como el eufáusido *Thysanoessa* sp. y el pterópodo *L. helicina*. G2 se diferenció de G1 al contener sólo 3 especies, de las cuales 2 fueron comunes con G1 pero en menor abundancia (*L. helicina* y *Eukrohnia hamata*) y poseía 1 género: el anfípodo *Ampellicca* sp.

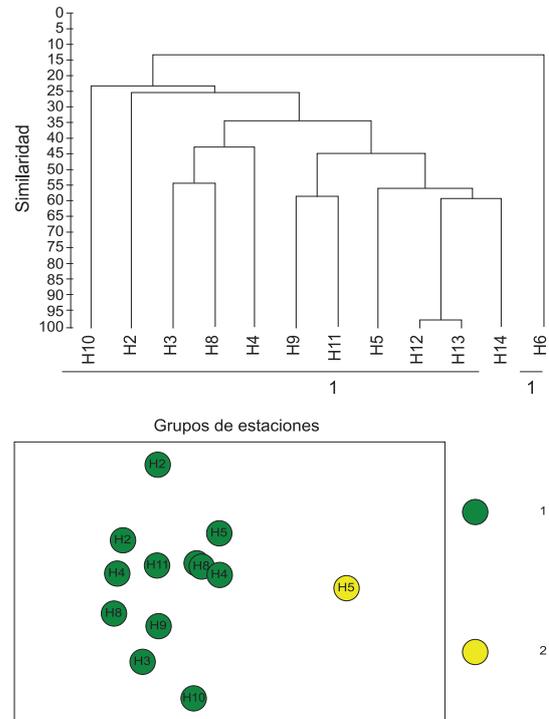


Figura 9.- Agrupamiento de estaciones basado en los resultados de (A) Cluster y (B) MDS

Tabla 4.- Especies que contribuyen a la disimilitud entre los grupos (ind/1000 m<sup>3</sup>)

Especie	Disimilitud Promedio G1 y G2 = 75,45		
	Abundancia Promedio	Abundancia Promedio	Contribución %
	G1	G2	
<i>Ctenocalanus</i> spp.	2323	7	13,36
<i>Euphausia superba</i>	48	1875	10,18
<i>Calanoides acutus</i>	661	0	9,62
<i>Limacina helicina</i>	51	1120	8,72
<i>Euchaeta antarctica</i>	488	876	6,40
<i>Thysanoessa</i> spp.	425	45	5,52
<i>Oithona similis</i>	686	91	5,30
<i>Metridia</i> spp.	484	0	5,22
<i>Rhincalanus gigas</i>	152	0	3,39
<i>Oithona frigida</i>	274	7	3,38
<i>Scolecithricella minor</i>	144	0	3,26
Sifonoforo ND	361	0	3,15
Eufausido ND	171	61	2,53
Cirrípodo sp.	1	91	2,21
<i>Eukrohnia hamata</i>	66	38	2,19
Ostracoda	90	0	1,85
<i>Primno macropa</i>	28	0	1,77
<i>Metridia gerlachei</i>	99	0	1,54
<i>Hyperliella antarctica</i>	0	45	1,54

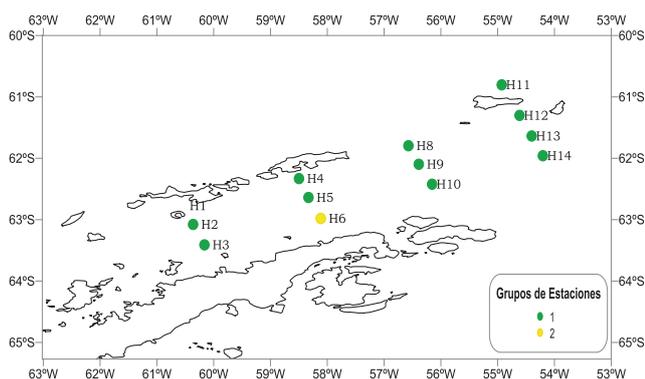


Figura 10.- Distribución de los grupos de estaciones derivados del Cluster

Tabla 5.- Especies que contribuyen con la similaridad dentro de los grupos (ind/1000 m<sup>3</sup>)

Especie	Similaridad Promedio G1 = 36,95	
	Abundancia Promedio	Contribución %
<i>Calanoides acutus</i>	319	39,22
<i>Thysanoessa</i> spp.	340	18,34
<i>Euchaeta antarctica</i>	201	11,86
<i>Limacina helicina</i>	353	8,39
<i>Rhincalanus gigas</i>	49	7,32
<i>Eukrohnia hamata</i>	47	3
<i>Metridia</i> spp.	100	2,81

G2 con sólo 1 estación

Tabla 6.- Especies que contribuyen a la disimilaridad entre los grupos (ind/1000 m<sup>3</sup>)

Especie	Disimilaridad Promedio G1 y G2 = 86,51		
	Abundancia Promedio	Abundancia Promedio	Contribución %
	G1	G2	
<i>Calanoides acutus</i>	319	0	18,83
<i>Thysanoessa</i> sp.	340	0	14,48
<i>Euchaeta antarctica</i>	201	0	9,19
<i>Limacina helicina</i>	353	107	7,75
<i>Euphausia superba</i>	798	0	6,49
<i>Rhincalanus gigas</i>	49	0	5,38
<i>Eukrohnia hamata</i>	47	15	4,41
Sifonoforo ND	246	0	4,31
<i>Metridia</i> spp.	100	0	4,28
<i>Ampellicca</i> sp.	0	15	4,19
<i>Metridia gerlachei</i>	80	0	2,12
<i>Clione</i> sp.	6	0	1,79
<i>Dimophyes artica</i>	5	0	1,75
<i>Calanus propinquus</i>	20	0	1,66
<i>Primno macropa</i>	11	0	1,64
Eufausido ND	8	0	1,10
<i>Sagita gazellae</i>	5	0	1,02

Comparando los resultados del análisis con ambas mallas, se observa un cambio en la composición del grupo G2, la exclusión de especies de menor tamaño, principalmente copépodos pequeños y la aparición de otras especies de zooplancton como el quetognato *Sagita gazellae*, el anfípodo *Ampellicca* sp., el pterópodo Gymnosomato *Clione* sp. y el sifonóforo *Dimophyes artica*.

#### 4. REFERENCIAS

- AYÓN P, GIRÓN M, ARONÉS K, QUESQUÉN R. 1999. Composición y distribución del zooplancton antártico en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante. Verano austral 1998. Perú ANTAR IX. Inf. Int. Mar Perú N° 145: 47-62.
- BRADFORD-GRIEVE J, MARKHASEVA E, ROCHA C, ABIAHY B. 1999. Copepoda. En: Boltovskoy D. (ed.) South Atlantic Zooplankton, Backhaus Publishers: 869-1098p.
- KELLERMAN A. 1990. Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes. Ver Polarforsch., 67:136 pp.
- KIRWOOD J. 1982. A guide to the euphausiacea of the Southern Ocean. Anare Research Notes 1 (ISSN 0729-6533): 45pp.
- OCHOA N, BONICELLI J, LÓPEZ D. 2007. Estructura de comunidad del zooplancton antártico en el estrecho Bransfield y alrededores de la isla Elefante: enero 2006. PERU ANTAR XVI: COPEPOD I. En: Informe Anual del proyecto COPEPOD I, Biología y ecología de las principales comunidades pelágicas del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante.
- ROBERTSON A. 1970. An Improved apparatus for determining plankton volume. Fish. Bull. South-Africa. 6(1): 23-26.
- VAN GUELPEL L, MARKLE D, DUGGAN D. 1982. An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton subsampling techniques. J. Cons. Int. Explor. Mer, 40: 226-236.
- VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2007. Condiciones Física Oceanográficas en la Expedición ANTAR XVII. 17 – 27/ Enero/2007 BIC. HUMBOLDT.

# AVES Y MAMÍFEROS MARINOS ANTÁRTICOS RELACIONADOS CON EL KRILL *Euphausia superba* EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD E ISLA ELEFANTE

## ANTARCTIC MARINE BIRDS AND MAMMALS RELATED KRILL *Euphausia superba* IN BRANSFIELD STRAIT AND ELEPHANT ISLAND

Luis Alza<sup>1</sup>Gisella Yataco<sup>1</sup>

### RESUMEN

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.- Se describe la distribución y la diversidad de las aves y los mamíferos marinos antárticos sobre la base de observaciones realizadas durante la XVII Expedición del Perú en la Antártida (ANTAR XVII). Las observaciones se realizaron a bordo del BIC Humboldt del 17 al 23 enero 2007. El esfuerzo de observación fue de 718 y 470 millas náuticas, para aves y mamíferos respectivamente, de un recorrido total de 1078 millas náuticas. Se analizó la relación entre la composición y abundancia de las especies y las unidades espaciales de observación (transectos) definidas del trayecto total. Se observaron 16 especies de aves marinas y 05 de mamíferos marinos. Las especies de aves más abundantes fueron: *Pygoscelis antarctica*, *Fulmarus glacialisoides*, *Daption capensis* y *Oceanites oceanicus*; y de mamíferos fueron: *Megaptera novaeangliae* y *Orcinus orca*. Los índices de amplitud de nicho permitieron describir 2 grupos en la distribución de especies y familias: asociados a costa (nicho estrecho) y tanto a costa como afuera de costa (nicho amplio). El análisis jerárquico de agrupación de las unidades (transectos) definió principalmente 2 tipos de zonas caracterizadas por su asociación a la costa; y los índices de diversidad de especies determinaron unidades espaciales importantes tanto asociadas como no asociadas a costa.

PALABRAS CLAVE: Aves marinas, mamíferos marinos, ANTAR XVII

### ABSTRACT

ALZA L, YATACO G. 2016. *Antarctic marine birds and mammals related krill Euphausia superba in Bransfield Strait and Elephant Island*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 128-138.- We describe the distribution and diversity of Antarctic marine mammals and seabirds based on the observations made during the XVII Peruvian Expedition to the Antarctica (ANTAR XVII). The observations were made aboard the BIC Humboldt from 17<sup>th</sup> to 23<sup>rd</sup> January 2007. The observation effort was 718 and 470 nm for birds and mammals, respectively; from a total distance of 1078 nm. We analyzes the relationship between the composition and abundance of species and the spatial units of observation (transects) defined from the total track. A total of 16 species of seabirds and 5 of marine mammals were observed. The most abundant bird species were: *Pygoscelis antarctica*, *Fulmarus glacialisoides*, *Daption capensis* and *Oceanites oceanicus*, and for mammals: *Megaptera novaeangliae* and *Orcinus orca*. The niche breadth indices let us describe two groups in the species and families distribution: those associated with inshore (narrow niche) and those associated with both inshore and offshore (broad niche). Hierarchical clustering analysis of the units (transects) defined mainly two types of areas, characterized by their association to the coastline; and the species diversity indices identified significant spatial units both associated and non-associated to coast.

KEYWORDS: Marine birds, marine mammals, ANTAR XVII

## 1. INTRODUCCIÓN

Los patrones generales de comportamiento de los depredadores superiores en el mar están dirigidos a satisfacer sus necesidades básicas tales como: alimentación, reproducción y supervivencia. En este sentido la presencia de las aves marinas en el mar está relacionada principalmente a la obtención de alimento (BALANCE et al. 2001), por lo que en muchas regiones polares y sub-polares las aves se concentran en áreas donde las presas son abundantes (FURNESS y MONAGHAN 1987). Por otro lado, la presencia de mamíferos marinos generalmente es un buen indicador de sistemas de alta productividad (TRITES

1997, BERTA et al. 2006). Por tanto los patrones de composición, abundancia y distribución de los depredadores superiores pueden ser un medio para la evaluación del estado de los ecosistemas marinos.

Las observaciones realizadas a bordo de embarcaciones permiten obtener una visión de la distribución de depredadores en el mar, llenando el vacío sobre el conocimiento de las áreas de distribución; por ejemplo, áreas de alimentación en aves marinas (REID et al. 1999). Además, permiten realizar estudios más detallados sobre la relación y la distribución de los depredadores con aspectos físicos y biológicos del ambiente.

<sup>1</sup> Unidad de Investigaciones de Aves y Mamíferos Marinos. IMARPE

Los estudios preliminares y evaluaciones rápidas del buen funcionamiento del ecosistema analizan la composición y distribución de las especies utilizando medidas de diversidad, tales como: índices cuantitativos y análisis de agrupación (MAGURRAN 1988). Estos permiten mostrar y conocer los patrones de distribución espacial de las especies y de las familias en estudio; así como, reconocer áreas de importancia debido a su alta diversidad, que está asociada a una mayor oferta de hábitat. Estudios de este tipo son un paso previo importante para relacionar los patrones a los procesos ecológicos.

Muchos estudios han demostrado que la distribución de los cetáceos puede estar fuertemente relacionada a las características del hábitat, sin embargo, la información sobre la distribución por sí sola no revela la función de estas áreas, solo cuando observaciones del comportamiento son realizadas en función a los tipos de hábitat se puede obtener una imagen completa del uso real del hábitat (HASTIE et al. 2004).

El objetivo de este documento es describir la distribución de las diferentes especies y familias de depredadores superiores (aves y mamíferos) en el mar, entre el estrecho de Bransfield y las islas Piloto Pardo, utilizando medidas de diversidad. Se examina también, la relación de la presencia de aves marinas con la de krill, comparando los resultados obtenidos en ANTAR XVI.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Obtención de datos

La toma de datos se realizó sobre la base de 30 transectos ( $T_i, T_{i+1} \dots, i=1 \dots 30$ ) (Fig. 1). Durante los 7 días de evaluación, se realizaron observaciones continuas desde la cubierta de puente del BIC Humboldt entre las 04:30 y las 22:30 horas, utilizando binoculares 10x50 y 7x50, con compás y gradilla de distancia, para aves y mamíferos respectivamente; así como contómetros y relojes. En el caso de las aves marinas, sólo se registraron las aves del lado derecho de la embarcación en un área comprendida dentro de un ángulo de  $90^\circ$  y hasta una distancia de 300 m medidos a partir de la proa del buque (GIBBONS et al. 1996). En el caso de los mamíferos marinos se realizaron observaciones desde ambas bandas cubriendo un ángulo de  $180^\circ$ , el rango de observación dependió de las condiciones de visibilidad y de lo conspicuo de la especie (SUTHERLAND 1996).

El esfuerzo de observación para aves y mamíferos marinos fue de 717 y 470 millas náuticas (mn) respectivamente de un total de 1078 mn recorridas. Las millas restantes del total para cada grupo corresponden a horas de penumbra, de mala visibilidad o de malas condiciones del mar, durante las cuales no se evaluó.

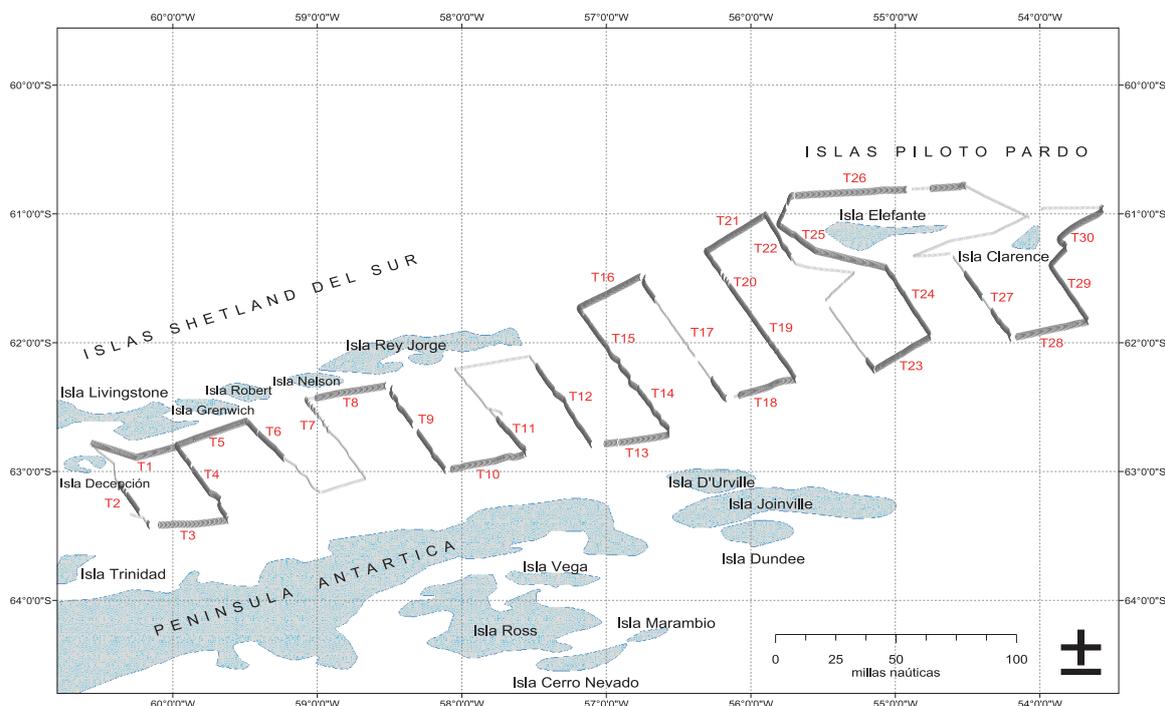


Figura 1.- Trayecto de evaluación del buque, área observación de aves y mamíferos (línea oscura) y distribución de las 30 unidades espaciales (transectos). ANTAR XVII, 17-23 enero 2007

Los registros de avistamiento para ambos grupos consideraron la identificación de la especie o el nivel taxonómico más próximo, el número de individuos y el comportamiento, este último consideró tres categorías: alimentación, desplazamiento y descanso. De manera simultánea a los avistamientos, fueron colectados datos de posición geográfica (latitud y longitud), profundidad del fondo marino y temperatura superficial del mar; además, de información sobre la abundancia y distribución del krill.

#### Análisis de datos

Los avistamientos se presentan en mapas de distribución, abundancia y presencia de especies y familias. Las unidades básicas de muestreo (UBM) fueron de 0,25 mn, las cuales se agruparon en número variable dentro de los 30 transectos (entre 54 y 166 UBM para los transectos). Las UBM dentro de cada transecto se relacionan por sus características espaciales (p. e. distancia a la costa, orientación de la costa) dentro del área de estudio (Fig. 1).

El programa utilizado en los análisis de datos fue el PAST versión 1.35 (HAMMER et al. 2001).

**Amplitud de nicho.**- Además de los mapas de distribución de familias y especies se calcularon los índices de amplitud de nicho para cada especie. Los cálculos de la amplitud de nicho se hicieron utilizando el índice de Shannon ( $H'$ ), que considera abundancia y número de unidades espaciales (transectos) ocupadas por cada especie. El valor mínimo de este índice es 0 observado sólo en un sitio o transecto (nicho muy estrecho) y el máximo es 4,5 observado en todos los sitios en igual abundancia (nicho muy amplio).

**Análisis jerárquico de agrupación.**- Este permitió clasificar a las unidades espaciales (transectos) y a las especies; distinguiendo como difieren o se asemejan los transectos en función a la composición o distribución de especies, y como se agrupan las especies en función a su presencia en los transectos. Se presenta como dendrogramas de las unidades espaciales y las especies, utilizando el algoritmo del promedio de grupos pareados, técnica recomendada de uso general, y el índice de similitud cuantitativo de Morisita adecuado para datos de abundancia (KREBS 1989).

**Índices de diversidad.**- Se calculó el índice de diversidad más elemental, la riqueza (S) (MAGURRAN 1988) y además los índices de diversidad de especies de Shannon ( $H'$ ) y de equidad (e), los que se calcularon utilizando la composición y abundancia de las especies para cada unidad espacial. Estos permiten sugerir la importancia de cada unidad espacial a través de la diversidad de especies que está relacionada de manera directa con la oferta de hábitat.

### 3. RESULTADOS

#### Aves marinas

La avifauna registrada estuvo compuesta por 16 especies y 3 géneros, pertenecientes a 7 familias. Se observaron 4.422 individuos. Las especies registradas en orden taxonómico, abundancias y proporciones se muestran en la Tabla 1. Las especies con mayor número de avistamientos fueron: *Fulmarus glacialis* (23,73%), *Pygoscelis antarctica* (19,06%), *Oceanites oceanicus* (16,88%) y *Fregetta tropica* (12,78%).

En la figura 2 se muestra la distribución de las tres familias de aves más abundantes, Spheniscidae (44,96%), Procellariidae (38,07%) y Oceanitidae (13,90%). Las otras familias representaron menos de 2% del total.

La familia Spheniscidae fue la más abundante con 1.988 individuos y la tercera en mayor número de avistamientos (381). Esto sugiere una distribución agregada que puede ser explicada por la ubicación de los avistamientos cerca a costa en un rango de distribución estrecho; sin embargo, se observa su presencia en el extremo noreste de la península Antártica, la cual estuvo asociada a la presencia de hielos (iceberg).

La familia Procellariidae fue la segunda más abundante con 1.683 individuos, pero con mayor número de avistamientos (662). Presentó una distribución amplia tanto cercana a costa como alejada; siendo los avistamientos, en esta última, más frecuentes.

La familia Oceanitidae fue la tercera familia más abundante con 615 individuos, y la segunda en número de avistamientos (488). Esto sugiere una distribución dispersa y un rango amplio, ubicada tanto cerca de costa como en mar abierto y presente en todas las unidades espaciales. La presencia de las tres familias fue más frecuente en las zonas comprendidas alrededor de las islas Piloto Pardo (Fig. 2), específicamente entre las islas y la península antártica.

El cálculo del índice de amplitud de nicho para cada especie se muestra en la Tabla 2. De estos resultados se identificó a 11 especies con nicho estrecho: *Pygoscelis papua*, *Eudyptes chrysolophus*, *Diomedea melanophris*, *Pachyptila vittata*, *Pterodroma* spp., *Chionis alba*, *Larus dominicanus*, *Catharacta antarctica*, *C. maccormicki*, *Sterna vittata* y *S. paradisaea*. Estas especies presentaron un valor menor a 2,3 del índice de Shannon ( $H'$ ) y fueron observadas como máximo en 17 unidades espaciales, en las cuales presentaron valores de equidad (e) altos entre 0,56-0,94, es decir hubo número de individuos similares entre las unidades en las cuales fueron registrados.

Tabla 1.- Número de avistamientos e individuos de especies de aves registradas en el estrecho de Bransfield e islas Piloto Pardo. Enero 2007

Familias	Nombre científico	Nombre común	Número de avistamientos	Número individuos	Proporción (%)
SPHENISCIDAE	<i>Pygoscelis</i> spp.	Pingüino	44	384	8,68
	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Pingüino macaroni	1	1	0,02
	<i>Pygoscelis papua</i>	Pingüino papua	22	90	2,04
	<i>Pygoscelis antarctica</i>	Pingüino barbijo	314	1 513	34,22
DIOMEDEIDAE	<i>Diomedea melanophris</i>	Albatros ceja negra	41	68	1,54
	<i>Macronectes giganteus</i>	Petrel gigante	111	145	3,28
PROCELLARIIDAE	<i>Daption capense</i>	Paloma del cabo	156	733	16,58
	<i>Pachyptila vittata</i>	Petrel paloma	5	8	0,18
	<i>Pterodroma</i> spp	Pardela	2	3	0,07
CHIONIDAE	<i>Fulmarus glacialisoides</i>	Petrel plateado	388	794	17,96
	<i>Chionis alba</i>	Paloma antártica	1	1	0,02
OCEANITIDAE	Oceanitidae		3	3	0,07
	<i>Oceanites oceanicus</i>	Golondrina de mar	276	350	7,91
STERCORARIIDAE	<i>Fregetta tropica</i>	Golondrina de mar de vientre negro	209	262	5,92
	<i>Catharacta antarctica</i>	Skua antártica	35	36	0,81
LARIDAE	<i>Catharacta maccormicki</i>	Skua del polo sur	4	4	0,09
	<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana	5	6	0,14
	<i>Sterna vittata</i>	Gaviotín antártico	17	20	0,45
	<i>Sterna paradisaea</i>	Gaviotín ártico	1	1	0,02

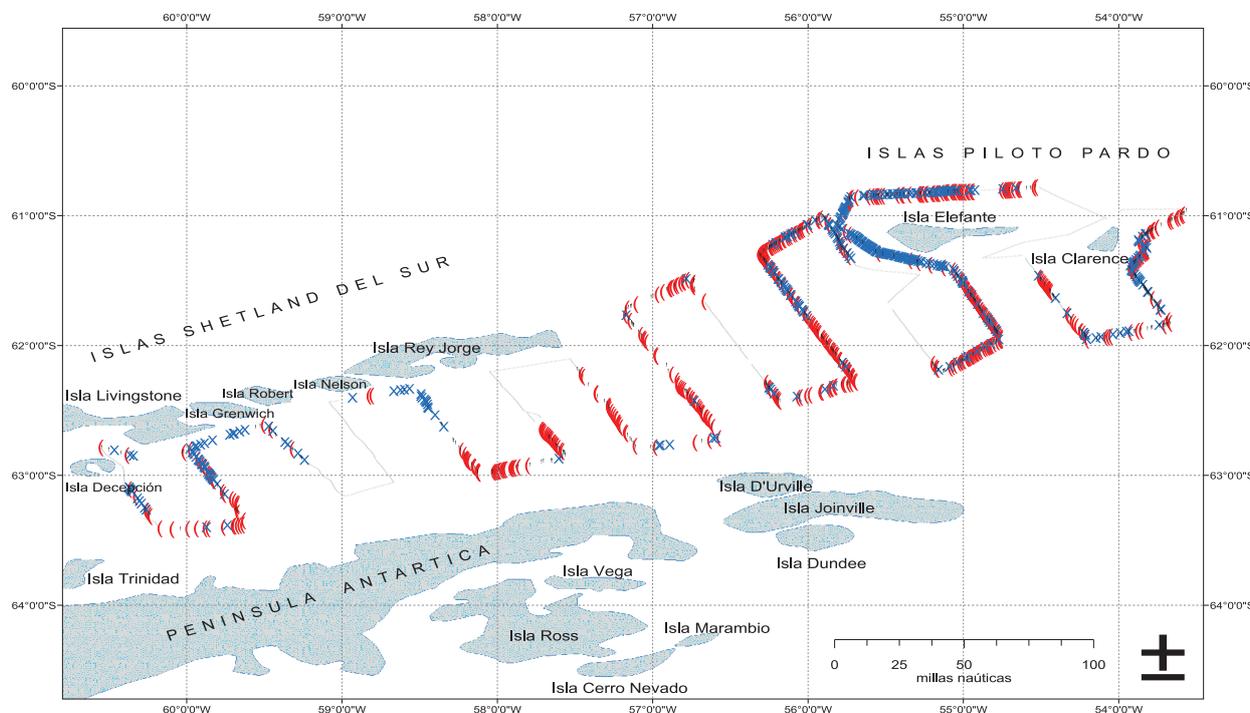


Figura 2.- Distribución de las tres familias de aves marinas más importantes en abundancia y avistamientos en el área de evaluación: Oceanitidae (x), Spheniscidae (x) y Procellariidae (x). ANTAR XVII, 17-23 de enero 2007

Las especies clasificadas como especies de nicho amplio fueron: *Pygoscelis* spp., *Pygoscelis antarctica*, *Macronectes giganteus*, *Daption capense*, *Fulmarus glacialoides*, *Oceanites oceanicus* y *Fregetta tropica*; por presentarse en más de 8 unidades y presentar valores del índice de Shannon (H') mayores a 2,3. Además, presentaron valores de equidad entre 0,29-0,8.

El análisis jerárquico de agrupación se realizó tanto para los transectos (unidades espaciales) como para las especies. En el caso de las unidades, se agruparon en dos zonas. Estas unidades se caracterizaron principalmente por su asociación a la costa (cercanía a las islas). Las unidades espaciales pueden clasificarse como: asociadas a costa o a islas (T5, T25, T1, T6, T22, T28, T29, T20, T2, T26 y T4) y no asociadas a costa (T9, T10, T19, T23, T24, T30, T11, T12, T14, T18 y T21) (Fig. 3).

Tabla 2.- Amplitud de nicho para especies registradas en las 30 unidades espaciales definidas. Índices utilizados para la interpretación: Shannon (H') y Equidad (e)

Especies	Número de unidades	Número de individuos	Shannon H'	Equidad e
<i>Pygoscelis</i> spp.	19	384	1,86	0,34
<i>Pygoscelis papua</i>	10	90	1,89	0,66
<i>Pygoscelis antarctica</i>	25	1513	1,98	0,29
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	1	1	0	
<i>Diomedea melanophris</i>	17	68	2,25	0,56
<i>Macronectes giganteus</i>	26	145	2,89	0,69
<i>Chionis alba</i>	1	1	0	
<i>Daption capense</i>	24	733	2,36	0,44
<i>Pachyptila vittata</i>	3	8	0,74	0,70
<i>Pterodroma</i> spp.	2	3	0,64	0,94
<i>Fulmarus glacialoides</i>	24	794	2,69	0,61
<i>Oceanites</i> spp.	3	3	1,10	
<i>Oceanites oceanicus</i>	28	350	3,10	0,80
<i>Fregetta tropica</i>	22	262	2,67	0,66
<i>Catharacta antarctica</i>	14	36	2,34	0,74
<i>Catharacta macormicki</i>	3	4	1,04	0,94
<i>Larus dominicanus</i>	4	6	1,24	0,87
<i>Sterna vittata</i>	10	20	2,18	0,89
<i>Sterna paradisaea</i>	1	1	0	

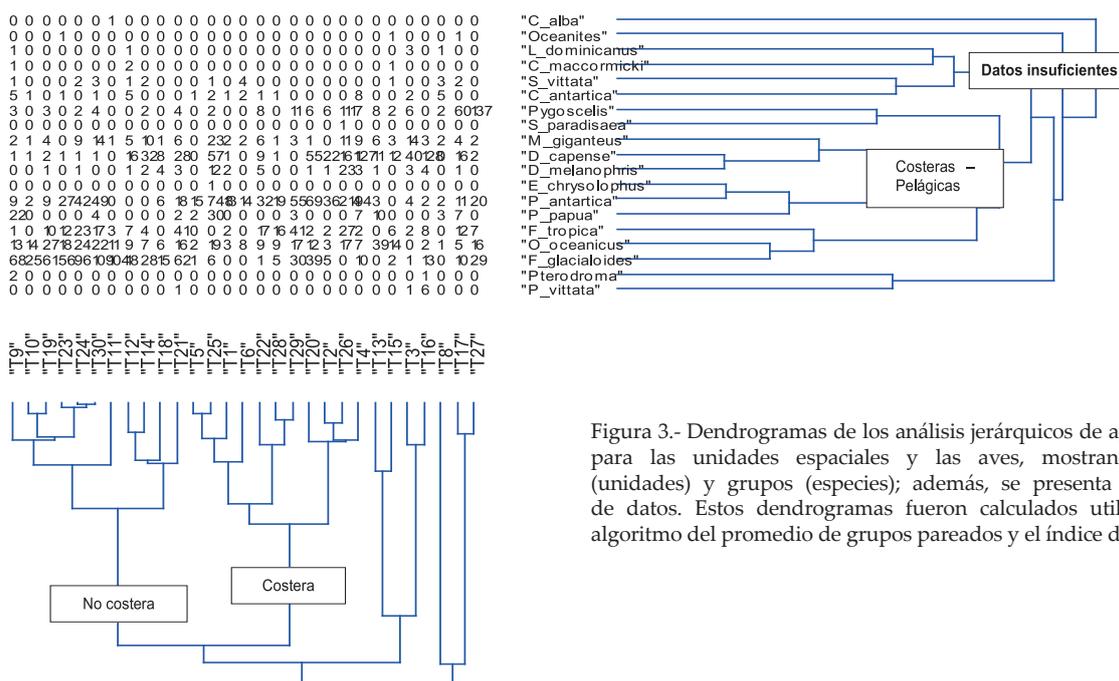


Figura 3.- Dendrogramas de los análisis jerárquicos de agrupación para las unidades espaciales y las aves, mostrando zonas (unidades) y grupos (especies); además, se presenta la matriz de datos. Estos dendrogramas fueron calculados utilizando el algoritmo del promedio de grupos pareados y el índice de Morisita

En la Tabla 3 se presentan los valores de riqueza o número de especies (S), diversidad (H') y equidad o dominancia (e) para cada unidad espacial evaluada. Estas unidades presentaron valores de riqueza (S) entre 8 y 13 especies por unidad, valores de diversidad (H') entre 1,57 y 1,96 y valores de equidad (e) entre 0,16 y 0,32. La combinación de estos valores permitió determinar la importancia de estos lugares.

Las unidades espaciales consideradas como más diversas presentaron valores de riqueza (S) entre 8 y 13 especies por unidad, valores de diversidad (H') entre 1,25 y 2,09 y valores de equidad (e) entre 0,27 y 0,81. Las unidades con mayor índice de diversidad fueron: T3, T8, T9, T12, T14, T15, T17, T18, T21, T22 y T29. De estas, utilizando el análisis jerárquico y la composición de especies, 2 se encuentran asociadas a la costa (Tabla 3).

El índice de diversidad de Shannon es afectado por la riqueza y equidad de las especies: el efecto de estas dos características sobre el comportamiento del índice

esta en relación al tipo de ambiente estudiado; en ambientes con una alta riqueza (p. e. áreas tropicales) el índice será afectado por la riqueza; en ambientes con baja riqueza el índice será afectado por la equidad o dominancia de las especies.

#### MAMÍFEROS MARINOS

Se registraron 5 especies que se presentan en la Tabla 4 donde también se incluye información básica sobre las agrupaciones registradas como el número de individuos, el tamaño promedio y los tamaños mínimos y máximos de manada.

La especie con mayor presencia en la zona evaluada fue la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* con el mayor número de individuos observados y el mayor número de avistamientos (Tablas 4, 5). La segunda especie importante fue la orca *Orcinus orca*, observada en cuatro oportunidades.

Tabla 3.- Índices de riqueza (S), diversidad y equidad calculados para cada unidad espacial, así como el número de UBM (0,25 millas náuticas) recorridas y el número de individuos registrados en cada unidad

Unidades espaciales	UBM	S	Número de Individuos	Shannon H'	Equidad e
T1	79	7	24	1,48	0,33
T2	55	7	75	1,38	0,33
T3	54	10	76	1,57	0,32
T4	154	10	274	1,43	0,34
T5	54	5	21	0,98	0,53
T6	71	5	30	1,34	0,32
T8	60	8	19	1,96	0,16
T9	145	13	129	1,59	0,32
T10	67	6	44	1,08	0,43
T11	66	5	120	0,52	0,76
T12	154	10	65	1,91	0,18
T13	54	7	78	1,50	0,30
T14	127	8	87	1,59	0,26
T15	125	9	42	1,75	0,22
T16	68	9	167	0,97	0,60
T17	82	11	129	1,78	0,26
T18	55	6	40	1,58	0,24
T19	138	8	117	1,41	0,34
T20	76	8	185	1,45	0,28
T21	105	10	181	1,78	0,21
T22	78	9	88	1,82	0,21
T23	97	7	116	1,34	0,32
T24	136	9	200	1,47	0,30
T25	166	11	901	0,75	0,70
T26	123	8	565	1,51	0,27
T27	102	7	213	1,17	0,45
T28	65	7	52	1,49	0,27
T29	109	7	160	1,60	0,24
T30	124	10	224	1,53	0,30

La distribución de ballena jorobada se encuentra asociada a zonas costeras y se tuvieron mayores observaciones en los transectos dentro del estrecho de Bransfield y entre los alrededores de las islas Piloto Pardo, en esta misma zona se obtuvieron también los registros de ballena azul, de aleta y orcas (Fig. 4).

El cálculo del índice de amplitud de nicho de los mamíferos marinos (Tabla 6) considerando las 15 unidades espaciales, sólo se justifica para las ballenas jorobadas ( $S=2,32$ ) y las orcas ( $S=1,8$ ). Las demás especies se presentaron sólo en 1 y 3 unidades. Los análisis de la amplitud de nicho requieren un tamaño de muestra mayor.

Tabla 4.- Número de individuos de especies de mamíferos marinos registrados en el estrecho de Bransfield e islas Piloto Pardo (Enero 2007)

Sub-orden	Familia	Nombre científico	Número de individuos	Tamaño promedio de grupo	Mínimo y máximo
Mysticeti	Balaenopteridae	<i>Megaptera novaeangliae</i>	60	3,5	1 – 6
		<i>Balenopteridae</i>	28	1,5	1-2
		<i>Balaenoptera physalus</i>	7	2	1-3
		<i>Balaenoptera musculus</i>	4	1	1-1
Odontoceti	Ziphiidae	<i>Hyperoodon planifrons</i>	3	3	3-3
	Delphinidae	<i>Orcinus orca</i>	16	5	4-6

Tabla 5.- Número y tasa de avistamientos de mamíferos marinos (avistamientos/hora observada) en el estrecho de Bransfield e islas Piloto Pardo (Enero 2007)

Especie	Número de avistamientos	Tasa de avistamiento (avist/hora obs.)
<i>Megaptera novaeangliae</i>	60	1,28
<i>Balenopteridae</i>	28	0,60
<i>Balaenoptera musculus</i>	3	0,06
<i>Balaenoptera physalus</i>	3	0,06
<i>Hyperoodon planifrons</i>	1	0,02
<i>Orcinus orca</i>	4	0,08

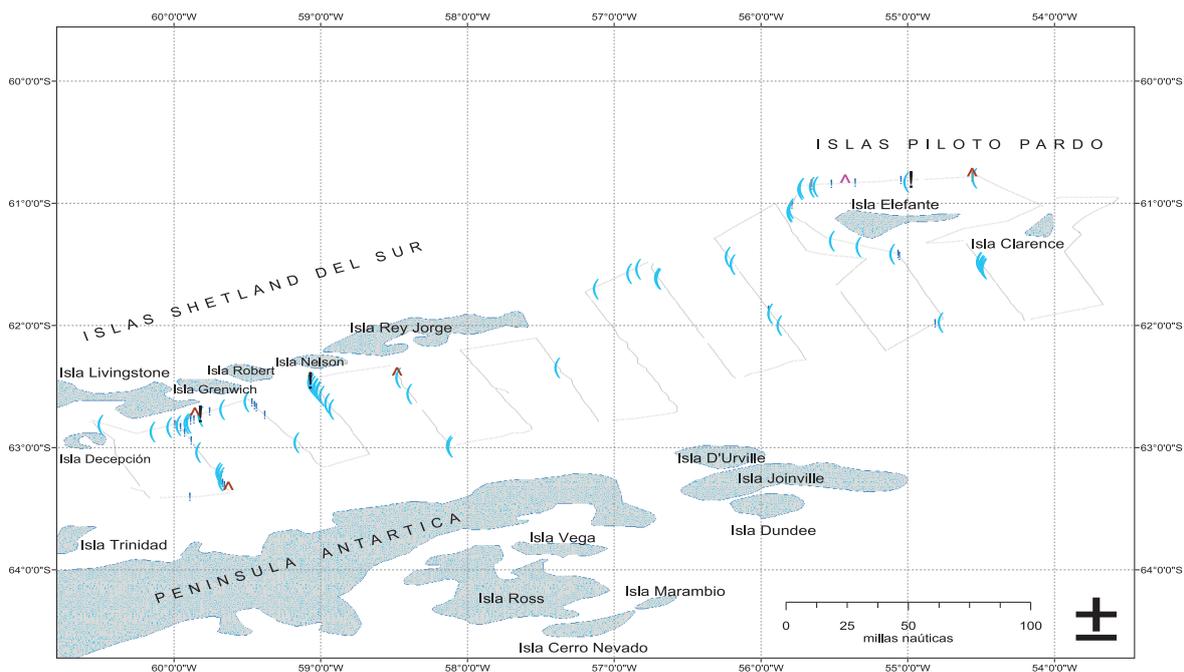


Figura 4.- Distribución de las especies de cetáceos en el área evaluada. Ballena jorobada (xxx), ballena de aleta (xxx), ballena azul (xxx), ballena no identificada (xxx), ballena nariz de botella (xxx) y Orca (xxx). ANTAR XVII, 17- 23 de enero 2007

Tabla 6.- Amplitud de nicho para las especies registradas en las 30 unidades espaciales. Índices utilizados para la interpretación: Shannon (H') y Equidad (e)

Especies	Número de unidades	Número de individuos	Shannon H'	Equidad e
<i>Balaenoptera musculus</i>	3	4	1,04	0,94
<i>Balaenoptera physalus</i>	1	7	0	
<i>Megaptera novaeangliae</i>	14	115	2,32	0,73
<i>Hyperodon planifrons</i>	1	3	0	
<i>Orcinus orca</i>	3	16	1,04	0,94
Balenopteridae	9	34	1,80	0,67

Tabla 7.- Índices de riqueza (S), diversidad y equidad calculados para cada unidad espacial, así como el número de UBM (0,25 mn) recorridas y el número de individuos registrados en cada unidad

Unidades espaciales	S	Número de individuos	Shannon H'	Equidad e
T1	1	5	0	
T3	1	2	0	
T4	3	22	1,10	0,33
T5	3	10	0,64	0,66
T6	2	15	0,39	0,77
T7	3	29	0,40	0,81
T9	2	8	0,69	0,50
T12	1	1	0	
T16	1	4	0	
T17	1	3	0	
T19	2	11	0,30	0,83
T23	2	3	0,64	0,56
T24	2	20	0,42	0,75
T26	6	31	1,64	0,22
T27	1	15	0	

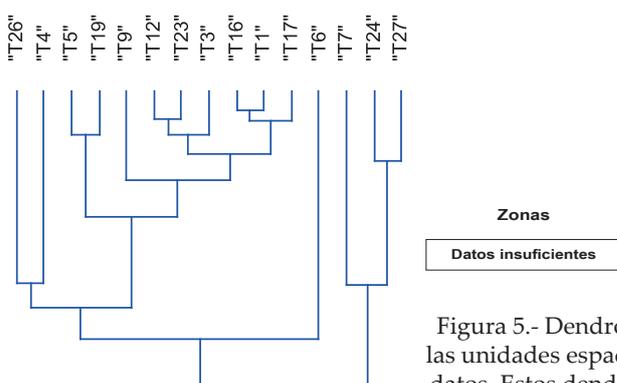
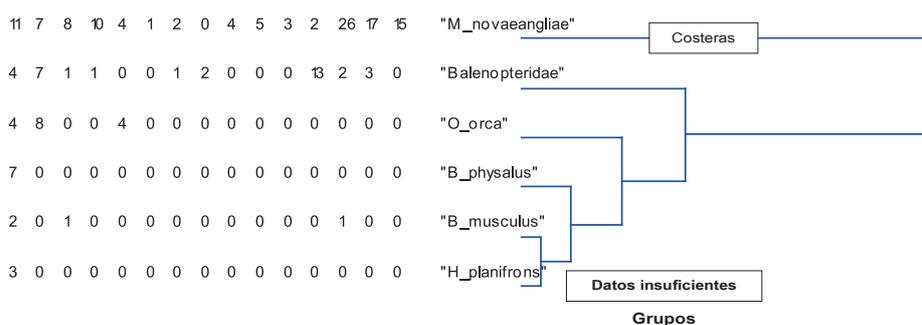


Figura 5.- Dendrogramas de los análisis jerárquicos de agrupación para las unidades espaciales y los mamíferos; además, se presenta la matriz de datos. Estos dendrogramas fueron calculados utilizando el algoritmo del promedio de grupos pareados y el índice de Morisita

El dendrograma de las especies muestra a la ballena jorobada independiente de las otras especies, fue observada principalmente en las unidades cercanas a la costa. Las otras especies presentaron datos insuficientes como para considerar sus agrupaciones razonables.

Los índices de diversidad de Shannon (H') fueron calculados para todas las unidades espaciales. Las unidades T4, T5, T7 y T26 presentaron más de 2 especies, lo cual permite obtener valores diferentes de cero para el índice, pero así son insuficientes para establecer una categoría de importancia sobre la base del índice de riqueza y de diversidad de Shannon (Tabla 7). En las unidades T26 y T4 se calcularon los índices de diversidad de Shannon (H') más altos (Tabla 6). Estas unidades corresponden a zonas cercanas a costa (Fig. 5).

**Relación de la presencia de aves marinas con krill**

La presencia y la abundancia del total de individuos y de cada familia por UBM fueron significativamente mayores en las unidades con krill que en las unidades sin krill (Fig. 6). La distribución de frecuencias del número de especies por UBM con krill, no presentó diferencias significativas entre las evaluaciones (X<sup>2</sup>, p-valor = 0,715212). En cambio, esta distribución de frecuencias sin krill, sí presentó diferencias entre las evaluaciones (X<sup>2</sup>, p-valor = 0,011688), esto posiblemente está relacionado al esfuerzo. La distribución de frecuencias con y sin krill por UBM

dentro de cada año, no presentaron diferencias (X<sup>2</sup>, p-valor = 0,765005, p-valor = 0,475489), lo cual podría sugerir que la comunidad de aves se mantuvo a pesar de la ausencia de krill, pero también esto se relaciona con la riqueza máxima de aves en el estrecho Bransfield, 17 especies.

**4. DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos muestran que la composición y distribución de especies está influenciada por la cercanía a la costa, esto es una consecuencia del comportamiento de las especies (restricciones fisiológicas, hábitat de alimentación, hábitat de reproducción e interacciones inter e intra-específicas), presentándose especies y familias que son más probables a ser observadas cerca o asociadas a costa, debido a restricciones de desplazamiento o disponibilidad de alimento (pingüinos, gaviotas y ballenas jorobadas), otras que pueden alejarse de costa, mayor capacidad de desplazamiento o prefieren determinadas presas (petreles, pardelas y ballenas picudas), y otras que son frecuentes tanto cerca de costa como alejadas de costa (petreles y golondrinas).

Las condiciones logísticas y ambientales permitieron una prospección con mayor detalle dentro del área de estudio. En términos generales, el número de individuos registrados para aves y mamíferos fue mayor al observado en el ANTAR XVI y la composición de especies para ambos casos cambió.

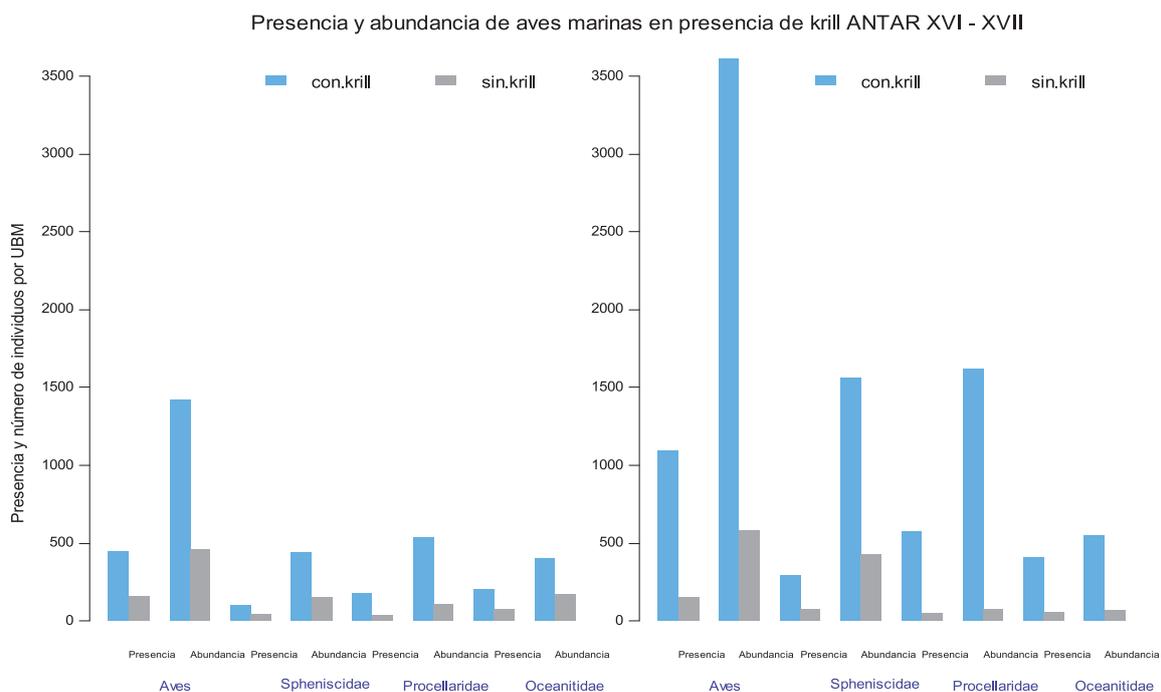


Figura 6.- Presencia (número de UBM) y abundancia (número de individuos por UBM) de aves marinas con y sin presencia de krill en las evaluaciones ANTAR XVI y XVII

Las nuevas especies de aves marinas registradas el 2007 fueron: *Catharacta maccormicki* y *Eudyptes chrysolophus*, registradas con 4 y 1 avistamientos respectivamente. No se registró la presencia del pingüino de Adelia (*Pygoscelis adeliae*) ni del petrel de barbilla blanca (*Procellaria aequinoctialis*). La especie con mayor número de avistamientos fue el *Fulmarus glacialis* representando el 23,73% del total de avistamientos, en el 2006 la especie con mayor número de avistamientos fue la golondrina de mar. Se registró una mayor frecuencia de individuos de albatros ceja negra (*Diomedea melanophris*).

Las nuevas especies de mamíferos marinos registrados fueron: ballena de aleta *Balaenoptera physallus* y ballena azul *Balaenoptera musculus*. No se registró presencia de *Leptonychotes weddelli*, *Balaenoptera bonaerensis*, *Berardius arnouxii*. Sin embargo, esto puede estar relacionado a dificultades en la identificación a nivel de especies debido a las malas condiciones del mar en algunas zonas, por lo que 28 avistamientos sólo se pudieron identificar hasta el nivel de familia Balaenopteridae.

En el análisis de los índices de amplitud de nicho de este año, se clasificó 7 especies de aves marinas en nicho amplio y 11 en nicho estrecho, esto podría sugerir que el área evaluada o sus cercanías presentan algún tipo de heterogeneidad ambiental en la oferta de hábitat (gradientes) que podrían ser de alimentación (dependiendo de las preferencias o limitaciones de las especies) o de reproducción.

En el caso del pingüino de barbijo (*Pygoscelis antarctica*), especie clasificada como de nicho amplio, los mayores avistamientos fueron concentrados a costa. Esto se explica debido a que se encontraría en época reproductiva durante la evaluación (colonias reproductivas en las islas Shetland del Sur y Piloto Pardo) (TRIVELPIECE et al. 1987, WOEHLE 1993). En el caso de las golondrinas y las pardelas su distribución fue más amplia encontrándose tanto cerca de costa como alejada de ésta; lo cual se puede explicar por sus hábitos alimenticios pelágicos (OBST 1985).

El análisis jerárquico de agrupación en el caso de las aves, permitió clasificar a las unidades espaciales en dos zonas principalmente caracterizadas por su asociación con la costa. Por otro lado, las agrupaciones entre especies, usando el mismo análisis, no mostraron agrupaciones, es decir no fue posible definir grupos de aves por su distribución dentro de los transectos.

Los índices de diversidad para aves calculados en zonas cercanas a costa, las islas Rey Jorge (T8) y Elefante (T22), estuvieron dentro de los más altos.

Estas zonas también tuvieron una alta diversidad en el 2006. Otras unidades importantes fueron aquellas ubicadas dentro del estrecho entre las islas Rey Jorge y Elefante. En el 2006 en esta zona no se tuvo suficiente información de la composición de especies ya que solo se prospectó en dos unidades espaciales.

En el caso de los mamíferos, las zonas donde se calculó el mayor índice de diversidad fueron aquellas cercanas a costa, como el caso de T26, paralela a las islas Piloto Pardo, que continua siendo importante por la presencia de mamíferos marinos; en la evaluación realizada en el 2006 fue una de las zonas donde se registró el mayor número de avistamientos.

Los resultados del presente análisis concuerdan con los hallazgos de las investigaciones que muestran el amplio rango de distribución y abundancia de las ballenas jorobadas en el área; AGUAYO et al. (1998) reportaron su importante presencia en el área de la península Antártica en el verano. Esta predominancia en relación a otros cetáceos en el estrecho de Bransfield había sido reportada también en expediciones anteriores (BUCCICARDI y TAKAHASHI 2004; ONTÓN et al. 1999; Sánchez y Paz Soldán informe no publicado).

Finalmente, la presencia de aves en zonas sin krill y la distribución de frecuencia del número de especies no fueron distintas con y sin presencia de krill, se debería a que la distribución de aves marinas no sólo está en función de la distribución de las presas, sino también estaría en función a la distribución del hábitat de las presas.

## 5. REFERENCIAS

- AGUAYO A, TORRES D, ACEVEDO J. 1998. Los mamíferos marinos de Chile: I. Cetácea. Serie Científica INACH 48:19-159.
- BALANCE L T, AINLEY D G, HUNT G L. Jr. 2001. Seabird Foraging Ecology. Pages 2636-2644 En: Encyclopedia of Ocean Sciences, vol. 5. Editado por: J. H. Steele, S. A. Thorpe y K. K. Turekian. Academic Press, London.
- BERTA A, SUMICH J, KOVACS K. 2006. Marine Mammals. Evolutionary Biology. Elsevier, Segunda Edición. 547 pág.
- BUCCICARDI U, TAKAHASHI D. 2004. Mamíferos antárticos en el Estrecho de Bransfield y alrededores de Isla Elefante. Verano austral 2003. Informe Instituto del Mar del Perú 32(4): 373-379.
- FURNESS R W, MONAGHAN P. 1987. Seabird Ecology. Blackie. London. 164 pag.
- GIBBONS D W, HILL D, SUTHERLAND W J. 1996. En: Ecological Census Techniques: A Handbook. Editado por: Sutherland, W. J. Cambridge University Press.
- HAMMER Ø, HARPER D A T, RYAN P D. 2001. PAST. Palaeontological Statistic software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1):9 pag.

- HASTIE G, WILSON B, WILSON L, PARSONS K, THOMPSON P. 2004. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. *Marine Biology* 144: 397-403.
- KREBS C J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York.
- MAGURRAN A E. 1988. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona.
- OBST B S. 1985. Densities of Antarctic seabirds at sea and the presence of the krill *Euphausia superba*. *The Auk* 102: 540-549.
- 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. Informe Instituto del Mar del Perú (145): 63-68.
- REID T A, HULL C L, EADES D W, SCOFIELD R P, WOehler E J. 1999. Shipboard observations of penguins at sea in the Australian Sector of the Southern Ocean, 1991-1995. *Marine Ornithology* 27: 101-110.
- SUTHERLAND W J. 1996. En: *Ecological Census Techniques: A Handbook*. Editado por: Sutherland, W. J. Cambridge University Press.
- TRITES A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. En: *Pinniped populations, Eastern North Pacific: status and issues*. Editado por: G. Stone, J. Goebel y S. Webster.
- TRIVELPIECE W Z, TRIVELPIECE S G, VOLKMAN N J. 1987. Ecological segregation of Adelie, gentoo and chinstrap penguins at King George Island, Antarctica. *Ecology*. 68(2):351-361.
- WOehler E J. 1993. *The Distribution and Abundance of Antarctic and Sub Antarctic Penguins*. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, England.

## NOTA CIENTÍFICA

### LOS CLATRATOS DE METANO EN LOS FONDOS OCEÁNICOS

*Nestor Teves<sup>1</sup>*

#### INTRODUCCIÓN

Un clatrato, estructura de clatrato o compuesto de clatrato (del latín *clathratus*, rodeado, protegido, enrejado) es una sustancia química formada por una red de un determinado tipo de molécula que retiene a un segundo tipo diferente de molécula. Un hidrato de clatrato es un tipo especial de hidrato donde la molécula de agua forma una estructura capaz de contener un gas. El agua congelada puede crear celdas capaces de contener moléculas de gas, enlazadas mediante puentes de hidrógeno. Numerosos gases de bajo peso molecular ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ , Argón, Criptón, Xenón...) forman clatratos en ciertas condiciones de presión y temperatura. Estas celdas son inestables si están vacías, colapsándose para formar hielo convencional.

La historia de los compuestos de clatrato es relativamente reciente. Se les denominó “compuestos moleculares”, es decir, complejos consistentes en una molécula del anfitrión (que forma el marco básico de la red) y una molécula del huésped (que se fija en la molécula del anfitrión por interacción).

#### LOS CLATRATOS DE METANO

Los clatratos de metano son moléculas de metano “atrapadas” en esferas cristalinas formadas por varias moléculas de agua altamente ordenadas, resultando en sólidos parecidos al hielo glaciar (Fig. 1). Las condiciones favorables para constituir un clatrato de metano con moléculas de agua son bajas temperaturas y altas presiones. Los lugares naturales predilectos para la formación de estos compuestos, aparte de rocas en lugares muy fríos como los polos, son los sedimentos oceánicos a profundidades mayores de 300 metros.

Grandes cantidades de metano están atrapadas en el permafrost y en los fondos marinos en forma de clatrato de metano, que puede regresar a la forma de gas si las temperaturas aumentan o si disminuye la presión. Un escape de tan sólo un 10 por ciento del metano que ahora está inmovilizado en ese estado, tendría sobre el calentamiento del planeta el mismo impacto que multiplicar por 10 la actual concentración atmosférica de dióxido de carbono. Los terrenos pantanosos en los trópicos, así como áreas dejadas al descubierto por glaciares del Hemisferio Norte que están en retroceso, han sido considerados la fuente primaria del metano ingresando en la atmósfera por culpa del calentamiento global. Se sabe que ahora las emisiones de metano están aumentando y que algunas fuentes podrían emitir cantidades incluso mayores a causa del calentamiento global, causando una funesta realimentación entre el ascenso de la temperatura y el aumento de las emisiones de metano.

Un proyecto a cargo de instituciones científicas de Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia, ha estudiado los registros proporcionados por los núcleos de hielo, que abarcan cientos de miles de años, para identificar períodos con un aumento marcado de metano, y con especial atención al periodo conocido como Younger Dryas. La causa del gran aumento de metano hace 12.000 años, cuando la Tierra se calentó y terminó el periodo Younger Dryas ha sido tema de mucho debate entre los científicos. El objetivo de la investigación fue determinar la estabilidad del clatrato de metano durante el rápido calentamiento que experimentó la Tierra a partir de la última época glacial, y si los clatratos podrían ser una fuente de futuro cambio climático a medida que las temperaturas globales sigan aumentando.

Existen vastas reservas de clatratos de metano debajo del océano y en el permafrost. Sin embargo, en estudios recientes se ha encontrado que los clatratos de metano no son una fuente de escapes a gran escala como se temía.

#### EL METANO Y LA ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA SUBMARINA

Un grupo de científicos ha descubierto 570 sitios en alta mar a 30-100 millas de la costa de Carolina del Norte hasta Massachusetts, donde el  $CH_4$  se encuentra camino a la superficie. Este hallazgo sugiere que las fugas de  $CH_4$  en

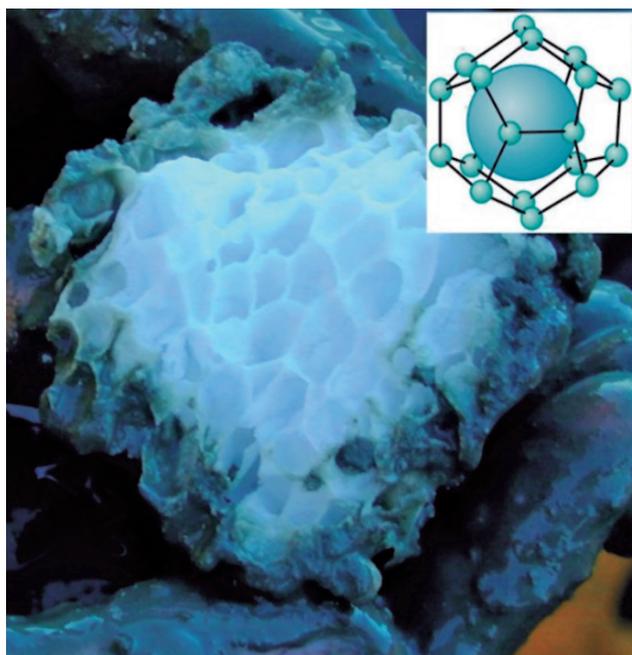


Figura 1.- Depósito oceánico de clatrato de metano

<sup>1</sup> Ex Decano de la Facultad de Oceanografía, Acuicultura y Ciencias alimentarias. Universidad Nacional Federico Villarreal

el Atlántico (Fig. 2) están más extendidas de lo que creían muchos científicos. Sin embargo los estudios establecen que estas fuentes tienen una contribución insignificante en los gases atmosféricos de efecto invernadero. Además de su importancia energética, el metano es también un poderoso gas de efecto invernadero, aún más amenazador ya que es 20 veces más "calentador" que el dióxido de carbono. Se considera que representa, hoy en día, el 20% del proceso actual de efecto invernadero. Y este papel no se atribuye, por lo menos por ahora, a la propia naturaleza sino a los desechos de origen antrópico. Desde hace dos siglos, la cantidad de metano presente en la atmósfera se ha más que duplicado bajo el efecto de las actividades humanas, mientras que el  $\text{CO}_2$  atmosférico sólo ha aumentado en un 30%.

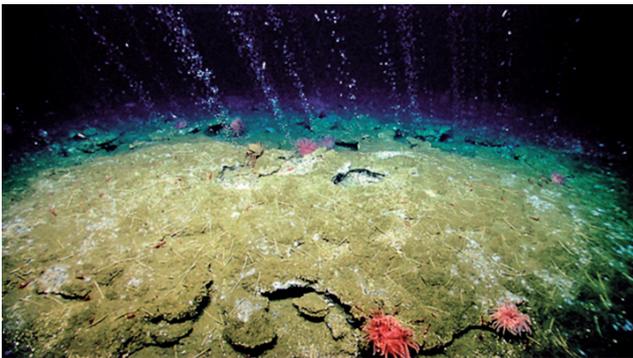


Figura 2.- Fugas de gas metano en el fondo del Océano Atlántico

Aunque el creciente interés que la ciencia presta al metano se debe en gran parte a su impacto climático, también estriba en que el fondo de los océanos sigue suscitando una serie de interrogantes. Siempre se había pensado que en las profundidades submarinas apenas existía vida más allá de la zona de penetración de la luz, así que el descubrimiento progresivo (en apenas tres décadas) de una intensa microbiología submarina ha transformado los conocimientos de forma radical. Una de las consecuencias más destacadas de este cambio de perspectiva es que el fondo marino se comporta como un bioreactor anaeróbico gigante en el que se producen enormes cantidades de metano.

El mecanismo global de esta producción se explica por la presencia, en el espesor de los sedimentos oceánicos, de miles de millones de bacterias anaeróbicas, entre las cuales están los microbios metanógenos, que desprenden metano de forma parecida a las especies consumidoras de oxígeno cuando rechazan el  $\text{CO}_2$ . Estos microorganismos se alimentan de materia viva que proviene de la superficie. En efecto, el plancton marino, muy abundante en la zona luminosa superior del océano, genera una especie de lluvia orgánica a la que se añaden los restos descompuestos de desechos, cadáveres, excrementos, etc. Estos residuos van cubriendo muy lentamente los fondos y se mezclan con la materia mineral. Por otro lado, los ríos llevan a los océanos partículas de origen continental cargadas de nutrientes orgánicos. Así, a lo largo de los milenios, se acumula un sustrato a veces muy espeso (hasta varias decenas de metros) en el que evolucionan estas bacterias y donde se produce metano. En estos hielos de hidratos de metano se han encontrado gusanos poliquetos de 2,5 a 5 cm.

Se ha descubierto que el 90% del metano oceánico, tan pronto como se produce, se degrada por procesos microbiológicos que utilizan la importante concentración de sulfato llevado a los fondos por las aguas marinas. La existencia de esta barrera natural antimetano es capital en la regulación del clima a escala de todo el planeta. Este proceso empezó a ser dilucidado recientemente, cuando se estableció que se debía a colonias microbianas extraordinarias que asocian a bacterias y arqueobacterias.

Aunque el mecanismo de esta barrera antimetano de origen microbiológico puede comprenderse como elemento clave del ciclo del carbono oceánico, a falta del cual la desregulación climática sería absoluta, subsiste aún una importante interrogante sobre el 10% de gases producidos de forma permanente que escapan a este proceso. Ahora bien, se ha descubierto que el metano no degradado quedaba retenido, a alta presión y a baja temperatura, en los hidratos de metano presentes de forma muy expandida en los fondos marinos.

Así, el océano mundial contendría enormes cantidades de estos hidratos de metano, principalmente en los márgenes continentales, en otras palabras, en los taludes que se sumergen hacia las profundidades desde los continentes. Aunque las cifras suscitan una gran incertidumbre, se trataría de unos 12 billones de toneladas, más o menos mezcladas con sedimentos donde forman filones e inclusiones.

Por lo tanto, se toman en serio dos hipótesis de riesgo, una "climática" (que provoca una subida de la temperatura del fondo oceánico), otra "mecánica" (una brusca perturbación de las condiciones de presión). En ambos casos, el peligro estriba en un desprendimiento masivo del metano liberado por los clatratos.

La hipótesis mecánica se refiere esencialmente a la aparición de inestabilidades en las capas de sedimentos depositadas en taludes submarinos inclinados, que podrían desencadenar amplios flujos de materias. En tales deslizamientos, los clatratos presentes en la masa o en el entorno pueden disociarse, bajo el choque, provocando el desprendimiento del metano que almacenan.

Los datos recogidos en la actualidad parecen mostrar que las concentraciones de hidratos están situadas a grandes profundidades, lo que las pone relativamente al abrigo de los fenómenos de los taludes.

En una menor medida, este riesgo "mecánico" relacionado con los clatratos puede también estar inducido por las actividades humanas como la explotación de los hidrocarburos mar afuera, calentando entre otras cosas los fondos marinos, que podría provocar peligrosas desestabilizaciones acompañadas de emisiones de metano. En todas estas regiones en las que la producción del metano es muy abundante, a causa de la carga orgánica elevada del sedimento, se han puesto a punto algunas técnicas innovadoras de estimación de los flujos. Los investigadores combinan las medidas sísmicas y acústicas (que dan información sobre la estructura del fondo) con análisis de las burbujas de gas que provienen de las muestras de sedimento extraídas in situ. Así se llega a verdaderas cartografías regionales de la producción de metano, un primer paso hacia la obtención de un balance fiable de las emisiones de metano marino a escala planetaria.

---

## CONCLUSIONES

Los clatratos o hidratos de metano se encuentran principalmente en el permafrost y en los fondos oceánicos.

La producción de metano en los fondos marinos ocurre por la acumulación de grandes volúmenes de materia orgánica en los sedimentos constituidos por organismos planctónicos y nectónicos caídos al morir, enterrados por la sedimentación y la actividad bacteriana y de arqueas.

El escape de metano de los clatratos se produce por calentamiento global y disminución de la presión.

## REFERENCIAS

- LIU K, CRUZAN J D, SAYKALLY R J. 1996. Water clusters. *Science*. 1996. 271: 929-933. Doi: 10.1126/science.271.5251.929
- TEVES N. 2007. Hallazgos recientes en las profundidades abisales. *Rev. Geol. Cap. Ing. Geol. CDL/CIP N°3*  
<https://mariecuriesnews.wordpress.com/tag/clatratos-de-metano/>
- <https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid.>
- <http://www.eu-hermes.net>
- [www.amazings.com/ciencia/noticias/030609d.html](http://www.amazings.com/ciencia/noticias/030609d.html)
- [masciencia.org](http://masciencia.org)
- [https://ec.europa.eu/research/rtdinfo/48/01/print\\_article\\_3789\\_es.html](https://ec.europa.eu/research/rtdinfo/48/01/print_article_3789_es.html)

## PUBLICACIONES CIENTÍFICAS SERIADAS DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

Boletín IMARPE Bol Inst Mar Perú ISSN 0458-7766 (BIMP)

Informe IMARPE Inf Inst Mar Perú ISSN 0378-7702 (IIMP)

### INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

En principio, sus páginas están abiertas a las investigaciones realizadas por el personal técnico y científico del propio Instituto del Mar del Perú (IMARPE), pero podrán aceptarse trabajos realizados en otras instituciones o laboratorios, autorizados por la Dirección Ejecutiva Científica, previa calificación por Revisores Especializados y aceptación del Comité Editorial. Además, publica notas científicas, notas técnicas, reseñas bibliográficas, y obituarios referidos a destacados investigadores marinos, peruanos y de otras nacionalidades.

#### MANUSCRITOS ORIGINALES

La solicitud para publicación de un trabajo en el IIMP deberá ser remitida a la sede del Instituto del Mar del Perú, dirigida al Director Ejecutivo Científico. Los manuscritos deberán presentarse impresos en original, a una columna, (incluyendo ilustraciones y tablas) en una sola cara en papel tamaño A4, a doble espacio y con márgenes amplios. Se acompañará además del CD o USB. Los textos deberán seguir estrictamente la estructura adoptada en el último volumen del IIMP, o serán devueltos a los autores.

La primera página incluirá: (1) **TÍTULO DEL TRABAJO** (explícito, descriptivo y tan corto como sea posible), debajo, irá el título traducido al inglés; (2) **EL NOMBRE COMPLETO DEL AUTOR O LOS AUTORES** [(a) El autor debe decidir una forma definitiva de expresar su nombre, es decir no utilizar a veces los dos nombres de pila y los dos apellidos; otras veces sólo un nombre y un apellido; otras veces poner sólo iniciales para el segundo nombre y el segundo apellido; si esto cambia, en los registros y en las bases de datos, ya se trataría de autores diferentes; (b) se aconseja a los autores que generalmente utilizan sus dos apellidos, los unan mediante un guion; también debe incluirse la dirección institucional, el correo electrónico, en notas al pie de página.

En las páginas siguientes, deberá ir un **RESUMEN** en español, incluyendo palabras clave y un **ABSTRACT** en inglés, incluyendo keywords (Resúmenes en otros idiomas son opcionales). También debe incluirse el título abreviado sugerido para los encabezamientos de páginas impares. Las notas, reseñas bibliográficas, etc. no tendrán resúmenes.

Los **textos** deberán ser concisos, claros y directos, e incluirán usualmente una **INTRODUCCIÓN**, **MATERIAL Y MÉTODOS**, **RESULTADOS**, **DISCUSIÓN** (podría ser un solo capítulo, **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**) y **CONCLUSIONES**, además de **AGRADECIMIENTOS** y **REFERENCIAS**.

Los nombres científicos deberán ser escritos en cursivas e irán acompañados por autor y familia cuando sean citados por primera vez en el texto. Los nombres científicos deben ser corroborados con cuidado.

Las medidas y sus abreviaturas deben corresponder al Sistema Internacional de Unidades (SI).

En las citas bibliográficas en el texto, los nombres de autores irán en letras **VERSALES**, seguidos por el año de publicación, p.ej. (GUEVARA-CARRASCO 2004), ESPINOZA y ZEBALLOS (2004) o ESTRELLA et al. (2006).

En las **REFERENCIAS** se incluirán únicamente los artículos mencionados en el texto, y se seguirá estrictamente el formato del IIMP. Se ordenarán alfabéticamente por autor y cronológicamente para cada autor. Los títulos de publicaciones periódicas irán abreviados. Las referencias a libros o capítulos de libros deberán ser completas, incluyendo ciudad, editorial y paginación. En todos los casos, los nombres del autor principal y los colaboradores, en la relación de Referencias, se anotarán por el apellido y la inicial del nombre de pila, sin punto, solamente separado por coma; año de publicación; Título del artículo, Revista y número de páginas. Ejs.: DELGADO E, SÁNCHEZ S, CHANG F, VILLANUEVA P. 2001. Título artículo--- Revista---Vol. (Núm.): pp.

---

En las referencias electrónicas, la norma general incluye también el nombre del autor, fecha de publicación en internet, título del artículo o documento <URL>, fecha de acceso, Ejemplos:

- BROWNING T. 1997. Embedded visuals: student desing in Wb spaces. Kairons: A Journal foreachers of Writing in Webbd Environments 3(1). <http://englisch.ttu.edu/kairons/2.1/features/browning/bridge.html>. Accesed 1997 Oct 21.
- KENNETH IA. 2000. A buddisht response to the natures of human rights. Journal of Buddist Ethics 8(4), <http://www.cac.psu.edu/jbe.twocont.html>. Obtenido el 20 de febrero de 2001.

Se recomienda el tipo "palatino linotype", y su tamaño en el artículo variará de la siguiente manera:

Título en español, **14 NEGRA ALTA** (= mayúsculas) **centrado**.

Título en inglés, **12 NEGRA ALTA centrado**.

Autores: nombre, *12 cursiva blanca*; dirección 9 blanca, centrado

**RESUMEN** y **CAPÍTULOS 12 negra, alta. Subcapítulo, 12 negra alta y baja** (mayúscula y minúscula), alineado a la izquierda. Texto en general 11 blanca, inicio de párrafos con sangría. Referencias de Literatura, en tipo 10 blanca.

### **Ilustraciones y tablas**

Las fotografías, dibujos, gráficos y mapas serán considerados como **FIGURAS**, numeradas consecutivamente con guarismos arábigos. Se recomienda remitir las ilustraciones y tablas como imágenes digitalizadas contenidas en archivos electrónicos (separadas del archivo conteniendo el texto).

Si se tratara de dibujos, normalmente deberán ser efectuados con tinta china sobre papel Canson y montados sobre cartulina blanca. Las fotografías (a color o blanco y negro) impresas en papel brillante (no mate) deberán ser nítidas y contrastadas, y serán montadas en cartulina blanca; no se recomienda la remisión de diapositivas. Cuando sea pertinente, la ilustración llevará una indicación del grado de aumento o reducción con respecto al original; se recomienda utilizar una barra en escala métrica e indicar el tamaño final con que deberá aparecer en la publicación (tomando en cuenta el tamaño de página del IIMP (A4). Toda ilustración deberá estar claramente identificada con nombres de autores, título del manuscrito y número de figura. Las leyendas para las ilustraciones, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

Las **TABLAS** deberán ir numeradas consecutivamente, con guarismos arábigos, e impresas en páginas aparte. Sus leyendas, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

### **Nota.- Debemos resaltar dos aspectos importantes:**

1. En el Sistema Internacional de Unidades (SI): Algunos de los símbolos actuales aceptados son: **m** (metro), **cm** (centímetro), **mm** (milímetro), **km** (kilómetro), **kg** (kilogramo), **g** (gramo), **ha** (hectárea), **mn** (milla náutica), **L** (litro), **mL** (mililitro), **W** (vatio), **kW** (kilovatio), **Hz** (hertzio), **kHz** (kilohertzio).
2. En la escritura de cantidades: - No debe usarse el punto decimal, sino la coma decimal. Ej. Un sol con cincuenta céntimos será S/. **1,50** (está mal si se escribe 1.50). Ver también a continuación.

Las cantidades de miles y millones, deben separarse por puntos, cada tres dígitos: Ejs. Oncemil quinientos soles con cincuenta céntimos será: S/. **11.500,50** (estará mal si se escribe 11,000.50)-

Quince millones trescientos cincuenta mil y veinticinco céntimos se deberá escribir **15.350.000,25**

Cuando en un texto se tratan cifras con muchos ceros puede escribirse en letras. Ej. 1.000.000.000 (mejor escribir **mil millones**), o en vez de 100.000 escribir **cien mil**.

Cualquier consulta a: eantonietti@imarpe.gob.pe, editor@imarpe.gob.pe, vvaldiviesom@yahoo.es



# AÑOS Y NÚMEROS DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS DEL IREMAR Y DEL IMARPE

BOLETÍN IREMAR (ISSN 020-3920) Año 1963 Vol. 1 Números 1-5  
 INFORME IREMAR (ISSN 0475-1672) Año 1962 (Vol. 1) Números 1-6(6)  
 Año 1963 (Vol. 2) Números 7-22 (16)  
 Año 1964 (Vol. 3) Números 23-28 (6)

<b>BOLETÍN IMARPE (Bol Inst Mar Perú, ISSN 0458-7766)</b>								
AÑO	VOL	NÚMEROS	AÑO	VOL.	NÚMEROS	AÑO	VOL	NÚMEROS
1964	I	1	1982	VII	2,3,4,5,6	2000	XIX	1-2
1965		2, 3	1983		1,2,3,4,5,6,6a	2001	XX	1-2
1966		4,5,6	1984	VIII	1,2	2002	-----	-----
1967	-----	-----	1985	IXX+ 2 extr	1	2003	-----	-----
1968	A	7,8,9,10	1986	XI+ 3 extr	2,3,4,5,6,7	2004	XXI	1-2
1969	II	1,2,3,4	1987	XII	1,2,3,4,5,6	2005	XXII	1-2
1970		5,6	1988	XIII	1,2	2006	-----	-----
1971	-----	-----	1989	XIV	1,2	2007	-----	-----
1972		7,8,9	1990	-----	1,2	2008	XXIII	1-2
1973	-----	-----	1991	-----	-----	2009	XXIV	1-2
1974		10	1992	-----	-----	2010	XXV	1-2
1974	III	1,2,3	1993	-----	-----	2011	XXVI	1-2
1975	-----	-----	1994	-----	-----	2012	XXVII	1-2
1976	-----	4	1995	-----	-----	2013	XXVIII	1-2
1977		5	1996	XV	1,2	2014	XXIX	1-2
1978	IV	1,3	1997	XVI	1,2	2015	XXX	1,2
1979	-----	-----	1998	XVII	1-2			
1980	-----	-----	1999	XVIII	1-2			
1981	V, VI +1 ext.							

<b>INFORME IMARPE (Inf Inst Mar Perú, ISSN 0378-7702)</b>								
AÑO	(Vol)	NÚMEROS	AÑO	(Vol)	NÚMEROS	AÑO	(Vol)	NÚMEROS
1965	(01)	01-09 (9)	1982	----	-----	1999	(29)	143-150 (8)
1966	(02)	10-15 (6)	1983	(15)	83-85 (3)	2000	(30)	151-158 (8)
1967	(03)	16-19 (4)	1984	(16)	86-88 (3)	2001	(31)	159-164 (6)
1968	(04)	20-26 (7)	1985	----	-----	2002	----	-----
1969	(05)	27-30 (4)	1986	(17)	89 (1)	2003	----	-----
1970	(06)	31-35 (5)	1987	(18)	90-91 (3)	2004	32	1,2,3,4 (4)
1971	(07)	36-37 (2)	1988	(19)	92-93 (2)	2005	----	-----
1972	(08)	38-40 (3)	1989	(20)	94-96 (3)	2006	33	1 (1)
1973	(09)	41-43 (3)	1990	(21)	97-99 (3)	2007	34	1,2,3,4 (4)
1974	(10)	44 (1)	1991	(22)	100-101 (2)	2008	35	1,2,3,4 (4)
1975	----	-----	1992	(23)	102-104 (3)	2009	36	1-2, 3-4 (2)
1976	----	-----	1993	----	-----	2010	37	1-2, 3-4 (2)
1977	----	-----	1994	(24)	105 (1)	2011	38	1,2,3,4 (4)
1978	(11)	45-51 (7)	1995	(25)	106-115 (10)	2012	39	1-2, 3-4 (2)
1979	(12)	52-73 (22)	1996	(26)	116-122 (7)	2013	40	1-2, 3-4 (2)
1980	(13)	75-78 (4)	1997	(27)	123-129 (7)	2014	41	1-4 (1)
1981	(14)	79-82 (4)	1998	(28)	130-142 (7)	2015	42	1,2,3,4 (4)

<b>INFORME PROGRESIVO IMARPE</b>								
1995	1-16	(16)	1998	73-96	(24)	2001	136-159	(24)
1996	17-48	(32)	1999	97-111	(15)	2002	-----	
1997	49-72	(24)	2000	112-135	(24)	2003	-----	

<b>ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103)</b>		
2004 Vol. 4 Enero-diciembre 2004	2008 Vol. 8 Enero-diciembre 2008	2014 Vol. 13 Enero-diciembre 2013
2005 Vol. 5 Enero- diciembre 2005	2009 Vol. 9 Enero-diciembre 2009	2015 Vol. 14 Enero-diciembre 2014
2006 Vol.6 Enero-diciembre 2006	2010 Vol. 10 Enero-diciembre 2010	
2007 Vol. 7 Enero-diciembre 2007	2011 Vol. 11 Enero-diciembre 2011	
2007 Vol.8 Enero-diciembre 2008	2014 Vol. 12 Enero-diciembre 2012	

Para pedidos de publicaciones, solicitar el Catálogo de Publicaciones, dirigiendo su correspondencia a:  
 BIBLIOTECA DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ, Apartado Postal 22, Callao, Perú.  
 Correo Electrónico: [imarpe-bib@imarpe.gob.pe](mailto:imarpe-bib@imarpe.gob.pe). También consultar el Repositorio Digital en [www.imarpe.gob.pe](http://www.imarpe.gob.pe)



PERÚ

Ministerio  
de la Producción

Instituto del Mar del Perú

Esquina Gamarra y General Valle  
s/n Apartado postal 22, Callao Perú  
Central Telefónica 208 8650  
C.electrónico: [imarpe@imarpe.gob.pe](mailto:imarpe@imarpe.gob.pe)