

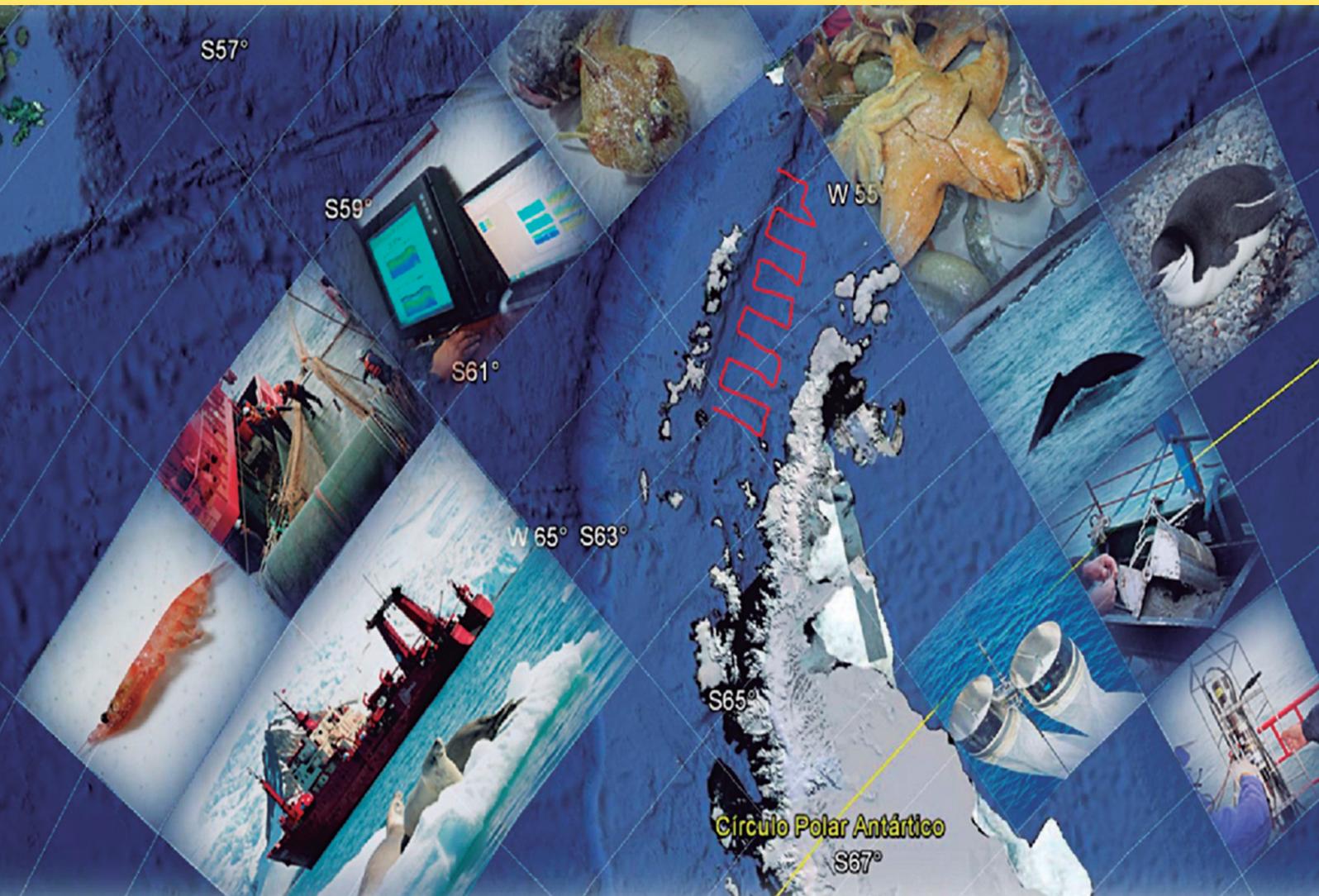


# BOLETÍN

## INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 31, Número 2



Julio - Diciembre 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

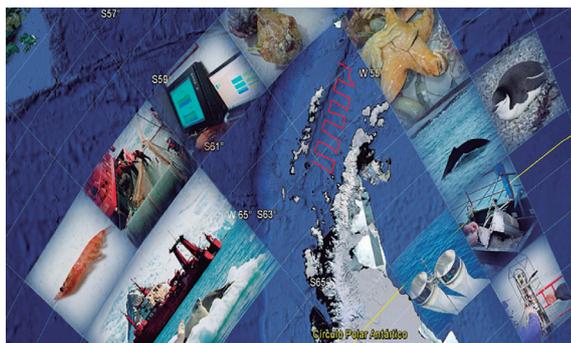
VOLUMEN 31, Número 2



Julio - Diciembre 2016  
Callao, Perú

BOLETÍN IMARPE ISSN 0458-7766

Bol Inst Mar Perú Vol 31 N° 2, Julio - Diciembre 2016



PORTADA: Expediciones ANTAR XXI y XXII

© 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**

VALMTE. AP (r) JAVIER ALFONSO GAVIOLA TEJADA

##### **DIRECTOR EJECUTIVO CIENTÍFICO**

BLGO. RENATO GUEVARA CARRASCO

##### **COMITÉ EDITORIAL**

###### COORDINADORA

BLGA. EMIRA ANTONIETTI VILLALOBOS

###### EDITORA

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 2, Julio-Diciembre 2016

[Bol Inst Mar Perú 31 (2)]

### CONTENIDO

1. **Estudio integrado del ecosistema en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, verano austral 2013 - PRESENTACIÓN**  
CARLOS MARTÍN SALAZAR, MARCO ANTONIO ESPINO ..... 151
2. **Oceanografía física y observación de las condiciones ambientales del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante**  
*Physical oceanography and observation of environmental conditions Bransfield Strait and around Elephant Island*  
LUIS VÁSQUEZ, JOSÉ TENORIO ..... 153
3. **Estructura comunitaria del zooplancton en el estrecho de Bransfield durante el verano austral 2013**  
*Community structure of zooplankton in the Bransfield Strait during the austral summer 2013*  
JONATHAN CORREA ..... 161
4. **Distribución espacial del fitoplancton en el estrecho de Bransfield durante el verano austral 2013**  
*Phytoplankton spatial distribution in the Bransfield Strait during the austral summer 2013*  
SONIA SÁNCHEZ, PATRICIA VILLANUEVA, ELCIRA DELGADO ..... 169
5. **Análisis de la meta-estructura comunitaria del macrobentos de fondo blando en la bahía Almirantazgo, estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante**  
*Analysis of the meta structure community of macrobenthos bottom soft in Admiralty Bay, Bransfield Strait and around Elephant Island*  
LUIS QUIPUZCOA, ROBERT MARQUINA, WILLIAMS YUPANQUI ..... 183
6. **Estudio bioacústico del krill (*Euphausia superba*) en el estrecho de Bransfield, Antártida**  
*Bioacoustic study of krill (Euphausia superba) in the Bransfield Strait, Antarctica*  
CARLOS SALAZAR, OSWALDO FLORES, ADOLFO GONZALES, RODOLFO CORNEJO, CARLOS PAULINO ..... 194
7. **La comunidad pelágica del estrecho de Bransfield con énfasis en el krill, verano 2013**  
*Community pelagic in Bransfield Strait, with emphasis on krill, summer 2013*  
JAVIER QUIÑONES, ERICH DÍAZ, MIGUEL ROMERO..... 206
8. **Operatividad y comportamiento de la red de arrastre de fondo 352/200 tipo Granton del BIC Humboldt. ANTAR XXI, 2013**  
*Operability and performance of the bottom trawl 352/200 Granton type of the BIC Humboldt. ANTAR XXI, 2013*  
CARLOS SALAZAR, JULIO ALARCÓN ..... 212

<b>9. Avistamiento de aves marinas antárticas y su relación con el krill (<i>Euphausia superba</i>). ANTAR XXI <i>Antarctic seabirds and its relationship with krill (Euphausia superba). ANTAR XXI</i></b>	
JAIME SILVA ALVA.....	217
<b>10. Distribución de mamíferos marinos y su relación con el krill en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI <i>Distribution of marine mammals and its relationship with krill in Bransfield Strait. ANTAR XXI</i></b>	
REGINA AGUILAR, DELIA VEGA .....	223
<b>11. Ecosistema marino del estrecho de Bransfield, bahía Almirantazgo y alrededores de las islas Joinville y Elefante. ANTAR XXII, 2014 <i>Marine ecosystem of Bransfield Strait, Admiralty Bay and around of Joinville and Elephant Islands ANTAR XXII, 2014</i></b>	
MARCO ESPINO, PATRICIA AYÓN, RODOLFO CORNEJO, JULIO ALARCÓN, LUIS VÁSQUEZ, JAVIER QUIÑONES, FLOR CHANG, ELISA GOYA, PIERO VILLEGAS, FEDERICO VELAZCO, LUIS QUIPUZCOA, DAVID CASTILLO, ROBERTO QUESQUÉN, SOFÍA RIVADENEYRA, JONATHAN CORREA .....	229
<b>12. Nota Científica: Calibraciones del sistema acústico científico</b>	
OSWALDO FLORES, ADOLFO GONZALES.....	295
Instrucciones para los autores .....	297

# ESTUDIO INTEGRADO DEL ECOSISTEMA EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE, VERANO AUSTRAL 2013

## PRESENTACIÓN

*Carlos Martín Salazar<sup>1</sup>*

*Marco Antonio Espino*

En el 2013, luego de cinco años, se reactivó las investigaciones antárticas a bordo del BIC Humboldt del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). La última campaña científica antártica en la cual se utilizara nuestra plataforma marina de investigación fue el ANTAR XVII en el 2006-2007. El IMARPE en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores y otras entidades del Estado, reafirmando el cumplimiento de la Política Nacional Antártica, la consolidación de la presencia del Perú en el Continente Antártico y la conmemoración de los veinticinco años de su participación desde la Primera campaña científica, autorizó la participación de investigadores en la Vigésima Primera Campaña Científica del Perú a la Antártida (ANTAR XXI) mediante Resolución Directoral N°DEC-030-2013 del 21 de enero del 2013.

El Perú requiere generar aportes a la comunidad científica antártica internacional, como sustento de su presencia en la Antártida y en resguardo de los intereses nacionales en la Región. A diferencia de otros países, el Perú solo investiga, pues existe un indiscutible interés científico de entidades e investigadores nacionales en contribuir a la obtención de un mejor conocimiento y conservación de la Antártida y sus recursos.

El IMARPE ha acumulado, entre otros aspectos, una experiencia importante en evaluación bioacústica de krill, soportado por el desarrollo metodológico, infraestructura y de recursos humanos a través de 40 años de aplicación de este método para la evaluación de los recursos pelágicos en el mar peruano, especialmente para la anchoveta que por su gran biomasa, es la especie clave de nuestro ecosistema, situación análoga a la del krill.

En la Región Antártica, desde 1988, se han presentado dos fases distintas en lo que se refiere al estudio de las comunidades del plancton pelágico: la primera en 1988, 1989 y 1991, caracterizada por la

priorización en la determinación de la estructura poblacional y abundancia de krill; y la segunda en 1998-2003, en que se realizó estudios orientados a conocer aspectos de la ecología del krill y sus depredadores a nivel de mesoescala. A partir de los proyectos COPEPOD I y II se dio énfasis a los estudios de las variaciones a pequeña escala. Asimismo, se ha producido series de tiempo de abundancia de depredadores superiores, comunidades planctónicas y condiciones oceanográficas.

En el ANTAR XXI se ejecutó un programa científico más ambicioso en la misma área de exploración de las otras campañas: el estrecho de Bransfield, la isla Rey Jorge (perteneciente a las islas Shetland del Sur) y alrededores de la isla Elefante vinculadas a la sub-región CCAMLR 48.1 (Península Antártica). Fue realizado a bordo del BIC Humboldt del 22 de enero al 28 de febrero durante el verano austral 2013 (Fig. 1). Este programa tuvo por finalidad describir

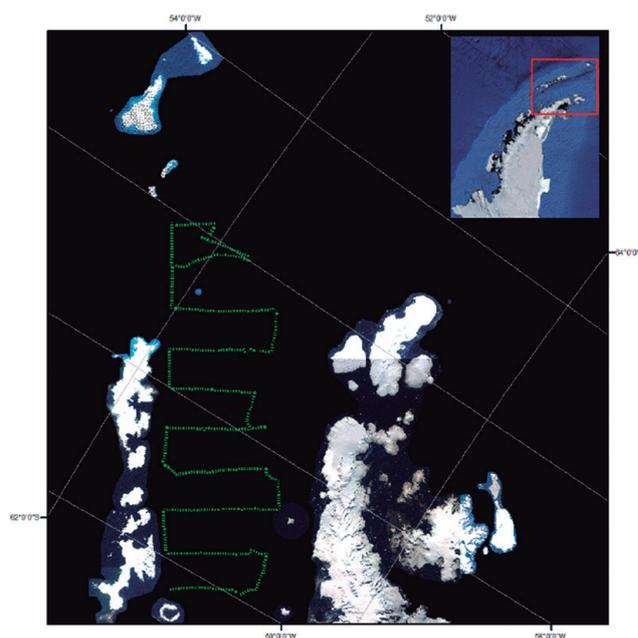


Figura 1.- Área de prospección. Subregión CCAMLR 48.1

el ecosistema antártico como una función de las interrelaciones entre el krill antártico (*Euphasia superba*), sus depredadores y las condiciones oceanográficas y biológicas del medio marino. Pero además, cabe destacar, la implementación en el programa de la primera investigación peruana de los recursos pesqueros no pelágicos antárticos y su biodiversidad mediante pesca de arrastre de fondo.

Se definieron cuatro áreas de investigación: (1) Detección acústica, comportamiento y pesca, (2) Biología y Ecología, (3) Oceanografía (Física, Química y Plancton) y (4) Depredadores superiores; las que convergieron en una pregunta científica esencial: ¿Cómo se interrelacionan las principales especies de las comunidades biológicas en la Antártida en función a las

condiciones ambientales en el ecosistema de la sub-área antártica 48.1?

En términos generales se cumplieron los objetivos trazados mediante la realización del experimento de pequeña escala sobre el comportamiento de los enjambres de krill en el estrecho de Bransfield (ECEK); el Piloto de arrastre de fondo en el área antártica alrededor de la isla Elefante (PAFE); el estudio de las principales comunidades pelágicas del estrecho de Bransfield (EPCP) y la colecta de macrofauna de fondo blando en la bahía Almirantazgo.

Este informe final plasma los resultados de una ardua tarea realizada por el Instituto del Mar del Perú en la Antártida.

---

1 Instituto del Mar del Perú (IMARPE)  
Esq. Gamarra y Gral. Valle s/n, Callao, Perú.  
csalazar@imarpe.gob.pe

# OCEANOGRAFÍA FÍSICA Y OBSERVACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE

## PHYSICAL OCEANOGRAPHY AND OBSERVATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS BRANSFIELD STRAIT AND AROUND ELEPHANT ISLAND

Luis Vásquez<sup>1</sup>José Tenorio<sup>2</sup>

### RESUMEN

VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2016. *Oceanografía física y observación de las condiciones ambientales del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante*. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 153-160.- Las características físicas oceanográficas en el estrecho de Bransfield presentaron características 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 y, aguas del estrecho de Gerlache. Durante el presente estudio se visualizó la separación de las aguas cálidas y pocas salinas que fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional del estrecho de Bransfield, con las aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional. En la zona del experimento en la Isla Elefante, se observó el incremento térmico de aproximadamente 0,5 °C entre las 2 hs del día 3 y las 7 hs del día 4; sin embargo, la termoclina se mantuvo estable sobre los 100 m de profundidad. Existe también un comportamiento térmico diferenciado (descenso térmico) que se registró en la zona profunda, por debajo de los 400 m de profundidad después de las 18 hs del día 3. Mientras que la salinidad no reflejó cambios significativos, principalmente en las primeras capas superficiales.

PALABRAS CLAVE: Estrecho de Bransfield, descenso térmico

### ABSTRACT

VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2016. *Physical Oceanography and observation of environmental conditions Bransfield Strait and around Elephant Island*. *Bol Inst Mar Peru*. 31 (2): 153-160.- The physical characteristics oceanographic in the Bransfield Strait presented characteristics of three types of water: Weddell Sea waters, Bellingshausen Sea waters characterized by the presence of surface water Antarctic Circumpolar Deep and Gerlache Strait waters. During this study, the separation of the warm waters and few salts flowing toward the northeast in the northern half of the Bransfield Strait, with cold water and saline occupying the southern half visualized. In the area of the experiment on Elephant Island, the temperature increase of about 0.5 °C between 2 pm on day 3 and 7 hours on day 4 was observed; however, the thermocline was stable over 100 m deep. There is also a distinct thermal behavior (thermal descent) recorded in the deep zone below 400 m depth after 18 pm day 3. While salinity did not reflect significant changes, mainly in the first surface layers.

KEYWORDS: Bransfield Strait, thermal drop

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde la expedición ANTAR XVII (2007) a bordo del BIC Humboldt hasta el verano del 2013, no se realizaron estudios por el IMARPE en el estrecho de Bransfield, solo se caracterizó la biodiversidad bentónica de la ensenada Mackellar y la parte profunda de la bahía Almirantazgo, mediante el proyecto conducido por el INANPE con participación del IMARPE, la Universidad Científica del Sur (UCSUR) y la cooperación del Programa Antártico Nacional de Brasil (PROANTAR).

En el ANTAR XXI, a bordo del BIC Humboldt, se retomaron los estudios iniciados en la década del

80, a fin de caracterizar la diversidad biológica de la comunidad del macrobentos en la bahía Almirantazgo, con énfasis en Polychaeta, Crustacea y Mollusca, estableciendo su distribución espacial y batimétrica en relación a los factores físicos que la condicionan.

Se mantienen los estudios en el estrecho de Bransfield, que tiene características particulares, como sus masas de agua y la interacción existente entre las aguas antárticas de fondo, que se constituyen en las inmediateces del continente antártico, originadas en el mar de Weddell y el mar de Ross, aguas que rápidamente pasan al fondo debido a su alta densidad.

1 Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático. lvasquez@imarpe.gob.pe

2 Walsh Perú S.A.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 53 estaciones (Fig. 1) de las cuales 4 correspondieron a lanzamientos de draga, 2 a arrastres de profundidad, 10 al experimento y 37 a evaluación del krill.

Los registros de temperatura superficial del mar-TSM se realizaron con el sensor FURUNO modelo T-2000. Para el análisis de la estructura termohalina se obtuvieron perfiles de temperatura y salinidad con el CTD (Conductivity-Temperature-Depth) de Sea Bird Electronics (SBE) modelo CTD-SBE19 Plus V2. También, se ejecutaron lanzamientos de roseta para la colección de muestras de agua, a profundidades estándar (10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 y 500 m) de acuerdo a la profundidad del lugar; las muestras colectadas fueron utilizadas en la determinación de oxígeno disuelto, nutrientes, potencial hidrónico, clorofila-a y plancton.

Las muestras de salinidad fueron colectadas en las estaciones oceanográficas, en todos los estratos (profundidades estándar). Para su análisis, se empleó el método de inducción mediante el Portasal Guildline modelo 8410A.

Los registros de vientos (dirección e intensidad) fueron obtenidos de la estación meteorológica WEATHERPAK instalada a bordo del BIC Humboldt.

La información registrada de los diferentes parámetros oceanográficos, fue procesada en una hoja de cálculo (Excel) y los resultados fueron graficados usando el software Surfer 11.0, dando cartas de distribuciones horizontales y verticales.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ESTRECHO DE BRANSFIELD

#### Vientos y Turbulencia

La intensidad de los vientos fluctuó entre 2,5 y 27,0 nudos, predominando vientos moderados, con intensidades menores a 16 nudos. Los vientos intensos, mayores a 22 nudos, se localizaron formando núcleos en la zona central, próximos a la isla Rey Jorge y en el extremo noreste del área evaluada (Fig. 2a). Con respecto a la dirección del viento, se observó que al oeste de la isla Nelson la dirección predominante fue del noreste, mientras que en el resto del área el viento no presentó una tendencia determinada.

La turbulencia mostró un comportamiento similar a la intensidad del viento ya que depende directamente de ella. En general, los índices de turbulencia fueron bajos con valores menores a  $500 \text{ m}^3/\text{s}^3$ , exceptuando la zona central Este, donde los índices de turbulencia sobrepasaron los  $2000 \text{ m}^3/\text{s}^3$  (Fig. 2b).

#### Temperatura

La TSM fluctuó entre  $-1,0$  y  $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , con promedio  $0,8 \text{ }^\circ\text{C}$  para toda la zona evaluada. La distribución térmica mostró un comportamiento similar al patrón general, es decir, con isotermas casi paralelas a la orientación del estrecho de Bransfield.

Las temperaturas más bajas ( $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) se presentaron próximas a la península Antártica (islas Urville y Bransfield), asociadas a aguas frías procedentes del mar de Weddell, en cambio las temperaturas

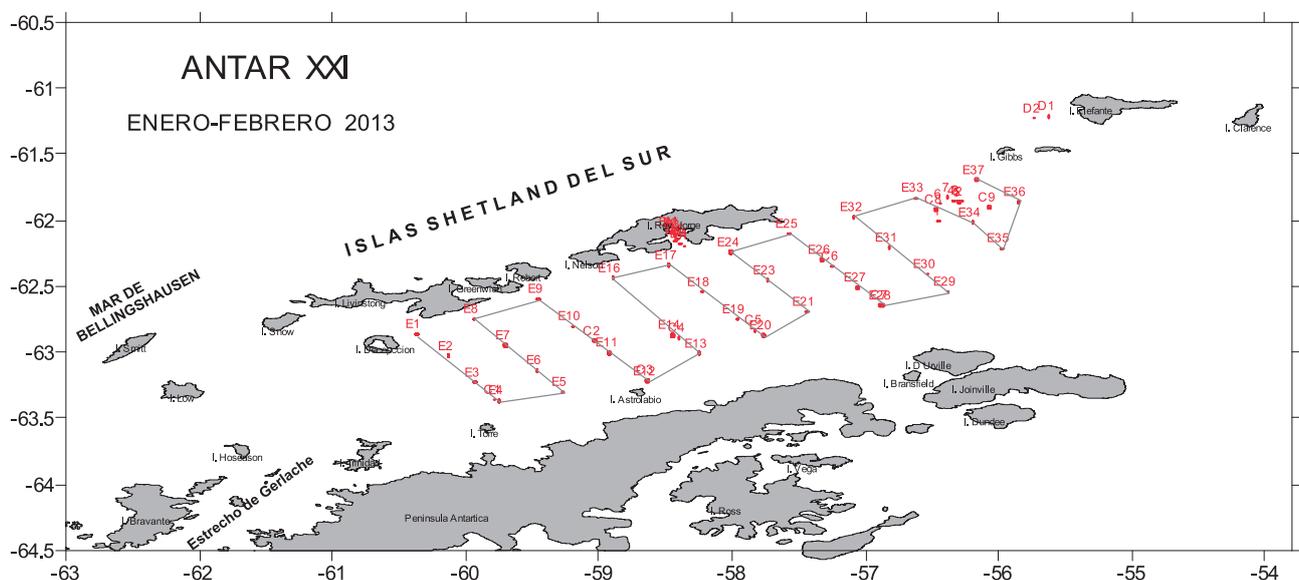


Figura 1.- Estaciones durante ANTAR XXI, 2013

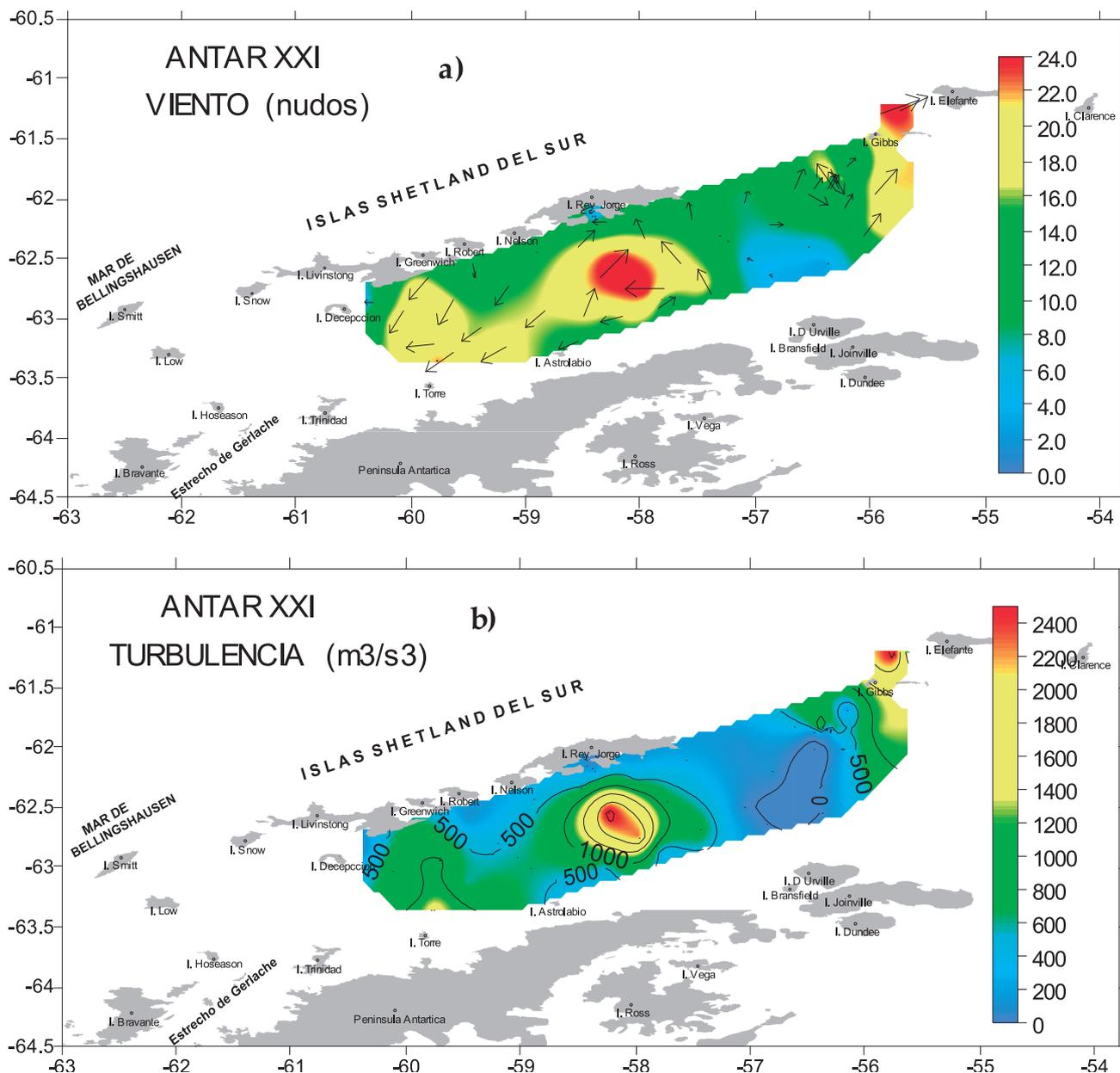


Figura 2.- a) Distribución del viento en nudos, b) Índice de turbulencia en  $m^3/s^3$ . ANTAR XXI, 2013

superficiales más altas se registraron próximas a las islas Shetland del sur, alcanzando temperaturas mayores a  $1,3\text{ }^\circ\text{C}$  frente a la isla Nelson debido posiblemente a la advección de aguas más cálidas (Fig. 3). Condiciones ambientales similares a las registradas por SOLDI et al. 1988.

Por otro lado, a lo largo del eje central del estrecho (ligeramente al sur) se observó presencia de un frente térmico y halino, denominado Frente de Bransfield que tiene asociado una corriente de chorro baroclina, la Corriente del Bransfield (GOMIS et al. 2002, LÓPEZ et al. 1999, TENORIO 2012), que separa aguas cálidas y poco salinas que fluyen hacia el noreste (islas Shetland del sur) en la mitad

septentrional del estrecho de Bransfield, de aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional (península Antártica).

Con el propósito de visualizar las capas térmicas superiores a 100 m de profundidad, se analizó capas cada 25 m, mostrando que las primeras capas (1 y 25 m) presentaron predominancia de temperaturas sobre los  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , en cambio las capas de 50, 75 y 100 m mostraron predominancia de temperaturas menores a  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ; sin embargo, en toda las capas se observó un frente térmico, siendo más pronunciado en la capa superficial (SANGRÁ et al. 2006) (Fig. 4). También se conserva la diferencia norte sur, es decir norte cálido y sur frío.

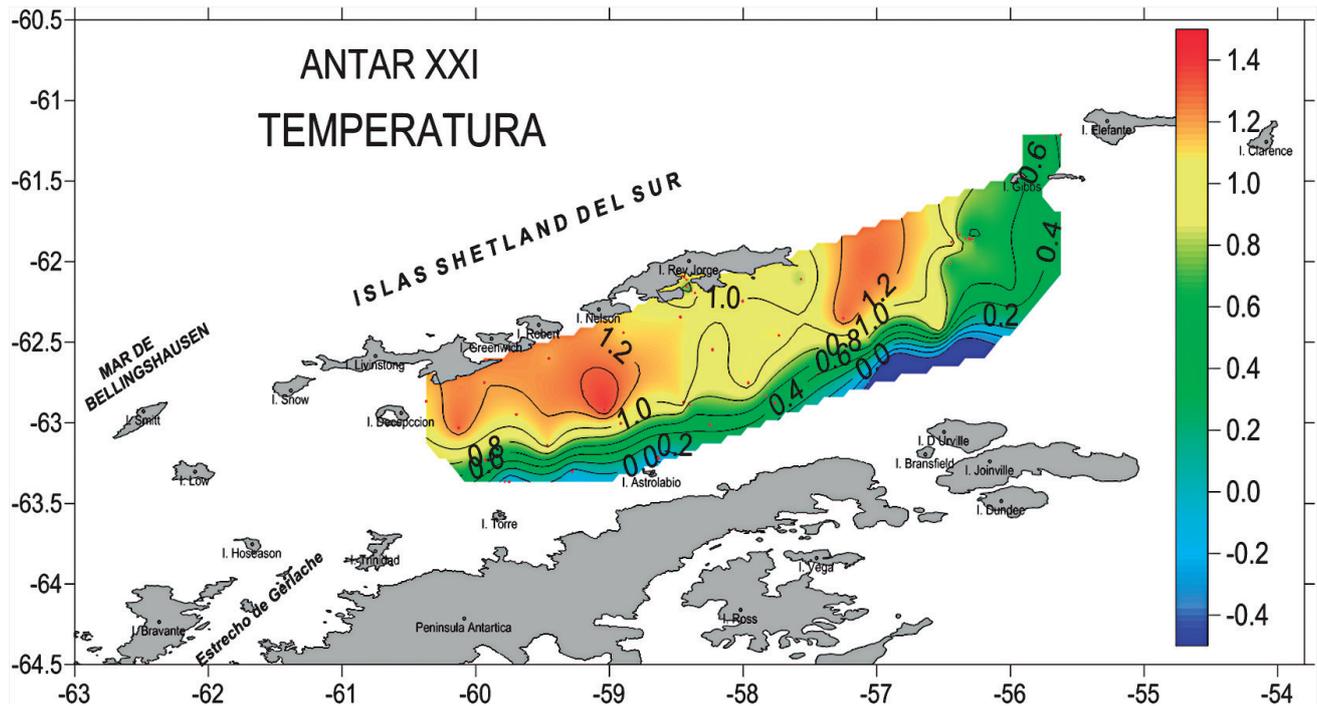


Figura 3.- Distribución de temperatura superficial del mar (°C). ANTAR XXI, 2013

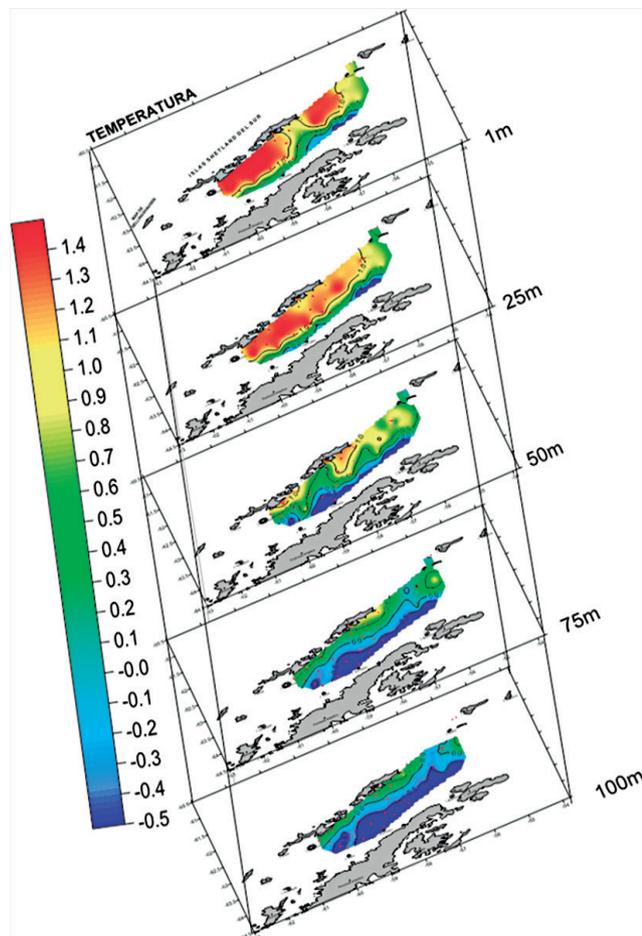


Figura 4.- Distribución térmica del mar (°C), mediante capas horizontales. ANTAR XXI, 2013

### Salinidad

La salinidad superficial del mar presentó valores entre 33,5 y 34,5 ups. Su distribución mostró un comportamiento contrario al de la temperatura; en general, las concentraciones de sales aumentan al aproximarse a la península Antártica. Las mayores concentraciones halinas (>34,3 ups) se localizaron frente a las islas Astrolabio y Urville, asociadas a temperaturas <0 °C, en tanto que las menores concentraciones de sales se localizaron entre las islas Nelson y Rey Jorge y al noreste de la isla Elefante, con valores menores a 34,0 ups, las mismas que se encontraron asociadas a temperaturas mayores a +1 °C (Fig. 5). Este comportamiento es típico de la zona antártica y ya ha sido comentado ampliamente en Biomass Scar/Scor/Iabo/Acmrr (Report Series 30, 31).

Las diferentes capas de la distribución halina, indican predominancia de relativas bajas concentraciones de sales en las primeras capas y con mayor presencia de estas aguas con poca salinidad en la zona adyacente a las islas Shetland del sur, que es el área que presenta las mayores temperaturas de la zona de estudio; las concentraciones van incrementándose hacia las capas más profundas al igual que la temperatura descende, este proceso se debe a que por densidad las aguas más frías y salinas se hunden para dar formación a las aguas de fondo e intermedias que luego se desplazarán hacia el ecuador (Fig. 6).

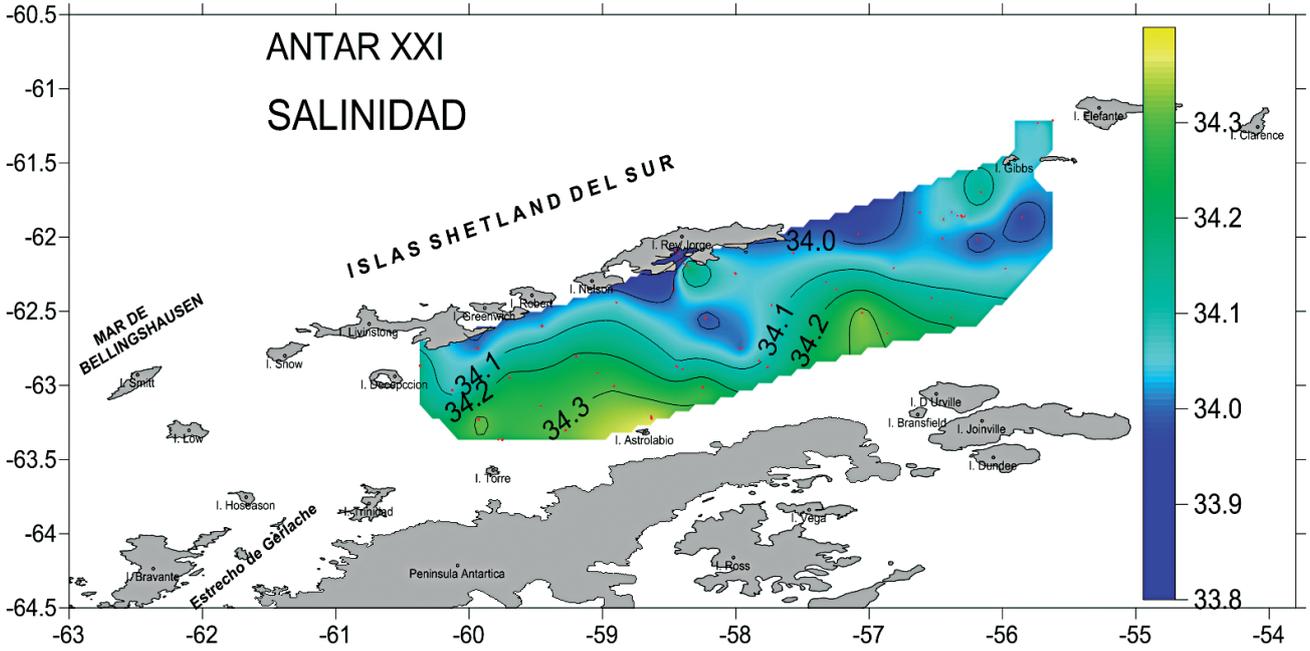


Figura 5.- Distribución de la salinidad superficial del mar (ups). ANTAR XXI, 2013

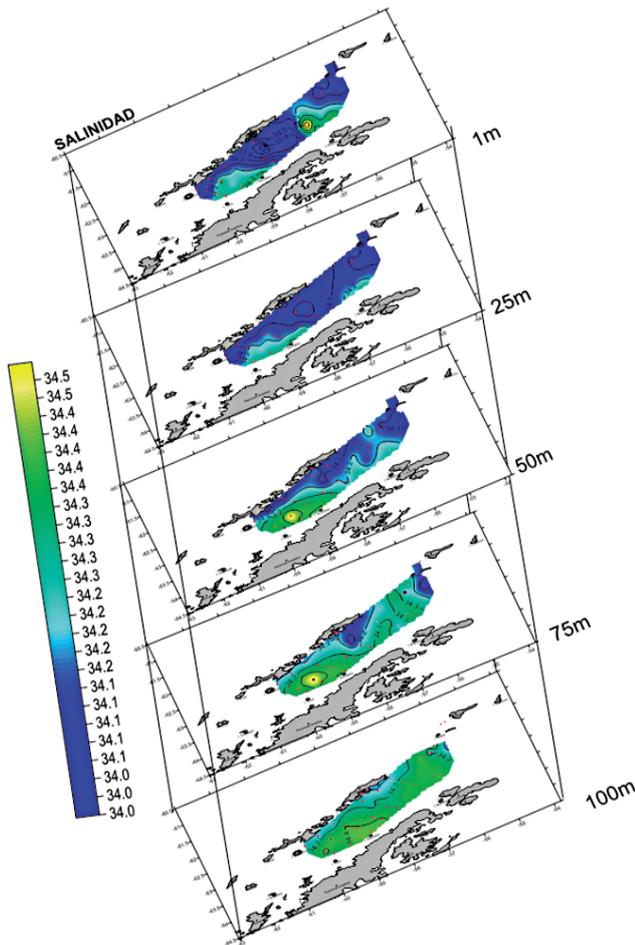


Figura 6.- Distribución halina del mar (ups), mediante capas horizontales. ANTAR XXI, 2013

### Masas de agua

Las aguas que ocupan el estrecho de Bransfield son aguas de mezcla, producto de la interacción de aguas procedentes: *i*) del mar de Weddell (W) caracterizadas por temperaturas bajas (<1 °C) y salinidades que fluctúan entre 33,8 y 34,7 ups, *ii*) del mar de Bellingshausen (B) con temperaturas de 2 °C y salinidades de 34,6 ups, *iii*) aguas formadas en el estrecho de Gerlache (S), las que presentan altas temperaturas (>2 °C) y bajas salinidades (<33,6 ups), *iv*) del agua formada in situ en el sector de la plataforma de la península antártica (Fig. 7).

La distribución termohalina mostró dos zonas con características diferentes, la zona adyacente a las islas Shetland del sur con relativas altas temperaturas y bajas concentraciones de sales asociadas a aguas procedentes del mar de Bellingshausen y la zona más próxima a la península antártica que mostró aguas ligeramente más frías y con mayores concentraciones de sales debido a la influencia de aguas que se forman en zonas adyacentes a la península antártica y procedentes del mar de Weddell y del estrecho de Gerlache (TENORIO 2012). La figura 7 muestra los diagramas T-S, observándose la alta variabilidad en el comportamiento de las masas de agua dentro del estrecho de Bransfield, lo que a su vez indica fuertes interacciones entre las diversas masas de agua principalmente en la zona central del estrecho, en cambio en el extremo sur predominan aguas procedentes del mar de Bellingshausen y en el extremo norte aguas del mar de Weddell.

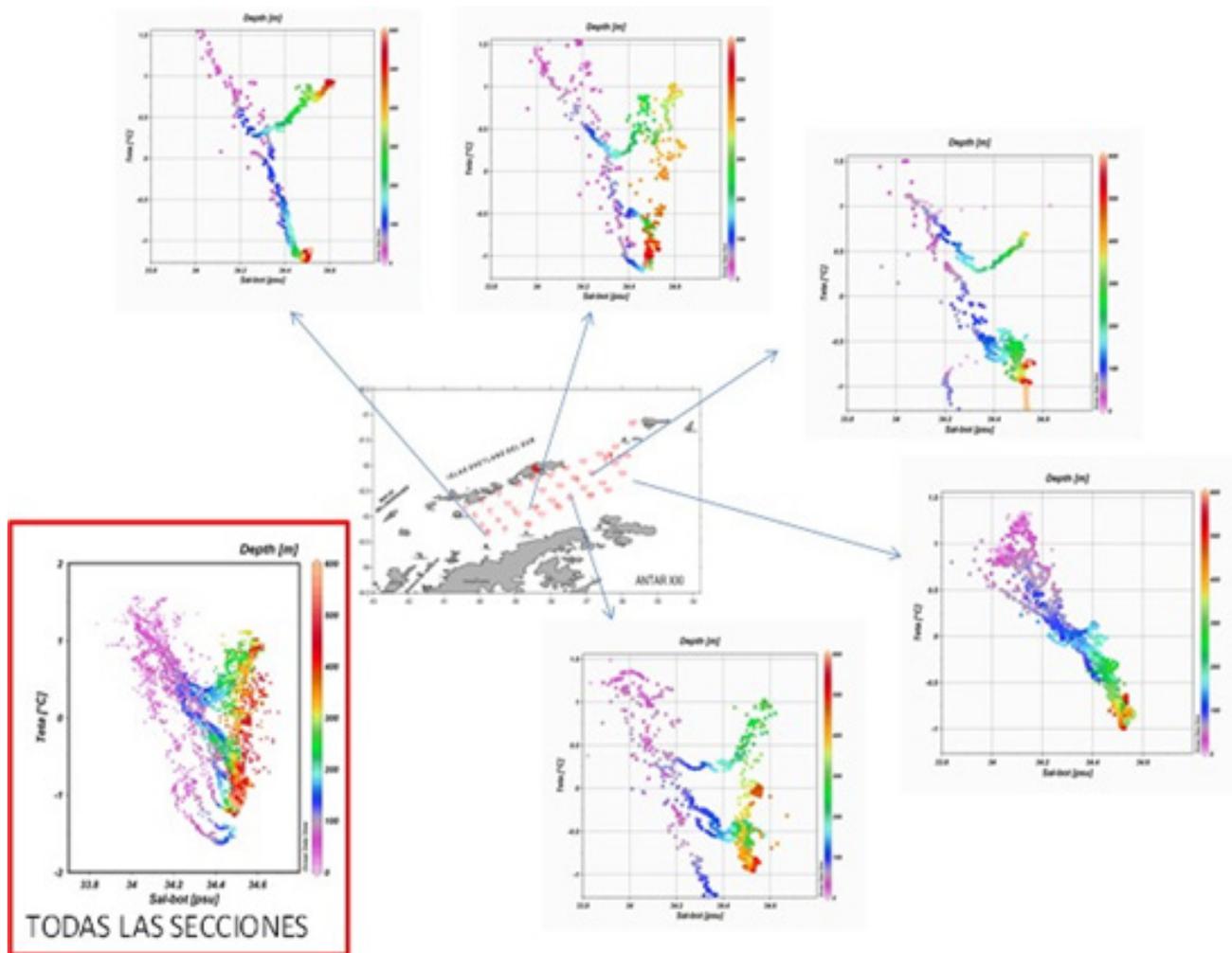


Figura 7.- Distribución de masas de agua. ANTAR XXI, 2013

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 Series 30 y 31).

**Secciones verticales**

La estructura térmica en el estrecho de Bransfield (Fig. 8) mostró en los primeros 100 m una estratificación asociada a una termoclina moderada, debilitándose dentro de las 30 mn de la península antártica, cambios térmicos asociados a la interacción de aguas frías provenientes del mar de Weddell, Ross y del deshielo a lo largo de la península con las aguas más cálidas del mar de Bellingshausen. Esta interacción, también dio lugar a la formación del frente termohalino, (Frente Bransfield) ubicado entre las 30 y 50 mn al norte de la península antártica, sin embargo, en las capas subsuperficiales el frente se fue debilitando y desapareciendo en la sección entre la isla Rey Jorge y las islas Gibbs.

La salinidad mostró una distribución más homogénea respecto a la temperatura, pero con un comportamiento contrario a este parámetro, es decir, menores concentraciones de sales se ubicaron en áreas donde predominaron mayores temperaturas y mayores salinidades en áreas más frías. Posiblemente, la persistencia de los vientos contribuyó a los procesos de mezcla que predominaron sobre 100 m ya que, en promedio, los vientos fueron moderados para la época de estudio. También se presentó mayor volumen de agua con baja salinidad en las secciones ubicadas más al Este del área evaluada, de lo que se desprende que las aguas del mar de Weddell tienen influencia en la zona noreste de la península con mayor importancia en las capas subsuperficiales, en cambio al suroeste son las aguas del mar de Bellingshausen y del estrecho de Gerlache las que predominan en la capa superficial y subsuperficial, respectivamente (Fig. 8).

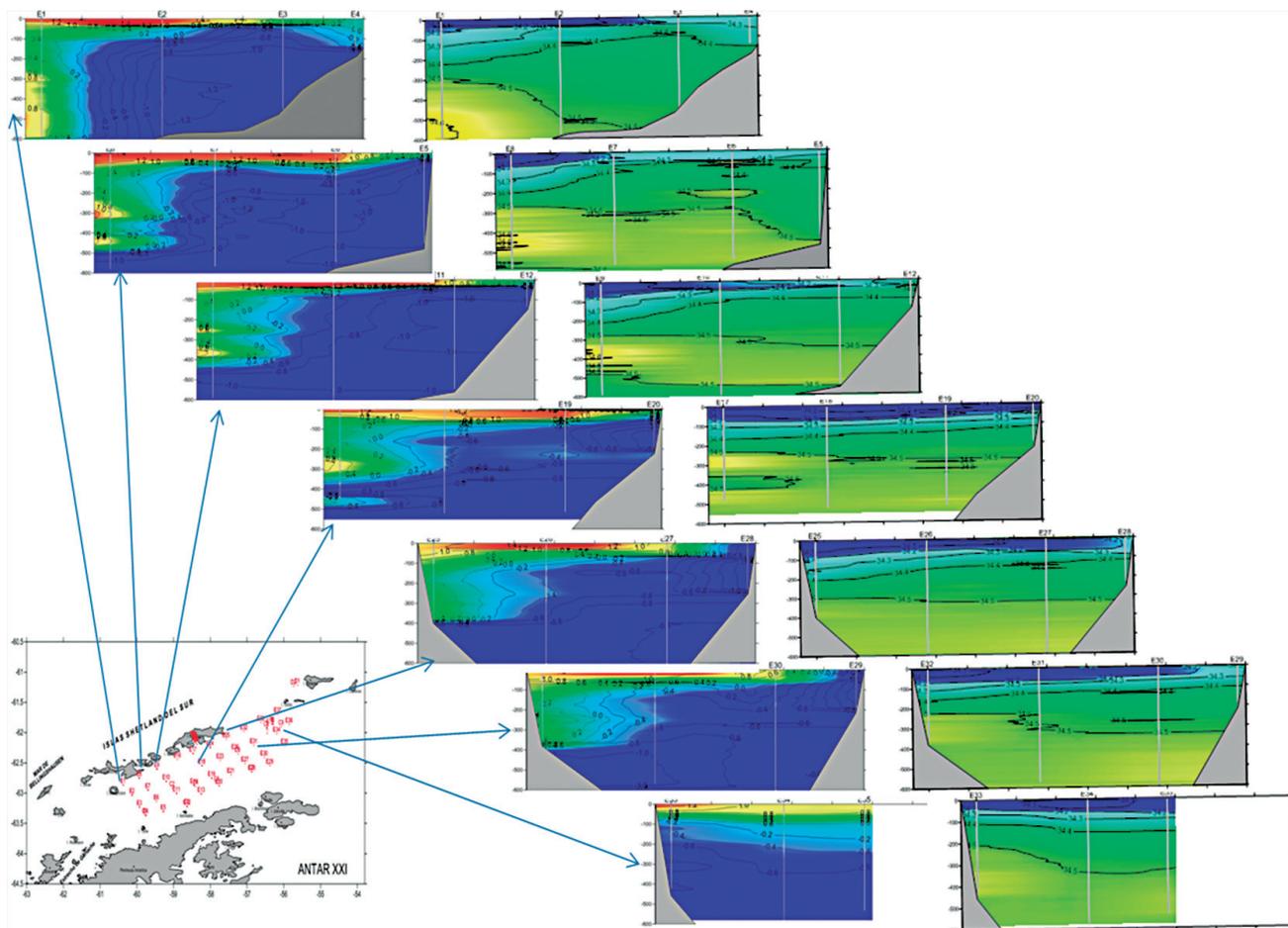


Figura 8.- Distribución de temperatura y salinidad en las secciones verticales. ANTAR XXI, 2013

#### EXPERIMENTO ISLA GIBBS – ISLA REY JORGE

Durante el experimento realizado entre las islas Gibbs y Rey Jorge, se registraron datos oceanográficos continuos desde las 23 hs del 2 de febrero hasta las 7 hs del 4 de febrero, mediante 8 lanzamientos de CTD, con los que se preparó una serie temporal (Fig. 9) del comportamiento de la temperatura y salinidad durante el periodo mencionado.

Las series temporales mostraron cambios en la distribución termohalina principalmente en la capa superficial. Se observó incremento térmico de aproximadamente  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre las 2 hs del día 3 y las 7 hs del día 4; sin embargo, la termoclina se mantuvo estable sobre los 100 m de profundidad, en cambio la isoterma de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  se profundizó alrededor de 30 m, la que al inicio del experimento se encontró a 110 m y al finalizar se localizó a 140 m. También resaltó el descenso térmico por debajo de los 400 m de profundidad después de las 18 hs del día 3.

La salinidad en los primeros 60-80 m no mostró cambios significativos, disminuyendo ligeramente el volumen de agua con baja salinidad al final del

experimento, siendo la capa de 60 a 150 m (vinculada a la termoclina) la que presentó mayores cambios. Siguiendo la isolínea de 34,5 ups se observó incremento de sales el día 3 para disminuir ligeramente el día 4. El periodo de observación fue muy corto para establecer índices de variación. Por otro lado, en los experimentos de ANTAR XVI y XVII (VÁSQUEZ y TENORIO 2013) se encontró sobre los 100 m una capa con mayor temperatura que le corresponde un mayor volumen de agua con poca salinidad, en cambio en el presente experimento no ocurrió esto y fue casi contrario, a finales del experimento se presentaron las mayores temperaturas sin embargo el volumen de agua con baja salinidad disminuyó. Es importante mencionar, que este experimento no se llevó a cabo en el mismo lugar, lo que podría conducir a erradas apreciaciones.

#### 4. CONCLUSIONES

El área evaluada presentó dos zonas con características diferentes: zona norte, próxima a las islas Shetland del sur con temperaturas más altas y salinidades más bajas, asociadas a aguas del mar de Bellingshausen y

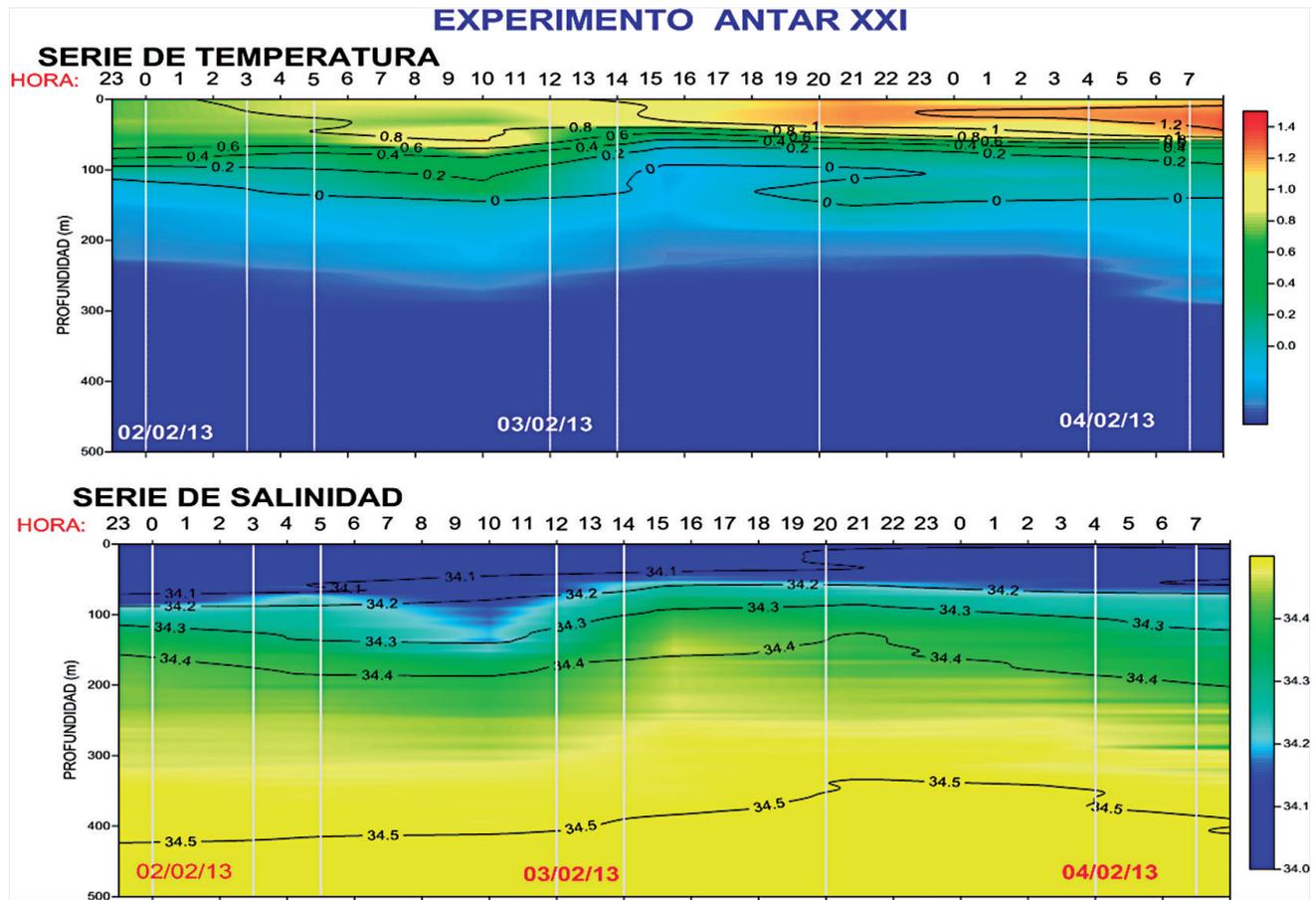


Figura 9.- Distribución a) Temperatura, b) Salinidad, durante el Experimento. ANTAR XXI, 2013

zona sur, próxima a la península antártica, la más fría con relativas altas salinidades e influencia del mar de Weddell y estrecho de Gerlache.

Los frentes termo-halinos resultan de la interacción de las diferentes masas de agua procedentes del Paso Drake, del mar de Weddell y del estrecho Bransfield y sufren procesos de mezcla en su recorrido de la península antártica.

### 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 J. 1934. Hydrology of the Bransfield Strait. Discovery Reports, Cambridge. Univ. Vol. 9, 64 pp.

GOMIS D, GARCIA M A, LOPEZ O, PASCUAL A. 2002. Quasi-geostrophic 3D circulation and mass transport in the western sector of the South Shetland Islands. Deep-Sea Research 2 (49): 603–621.

GORDON A I, NOWLIN W D. 1978. The basin waters of the Bransfield Strait. Journal of Physical Oceanography 8, 258-264.

LÓPEZ O, GARCIA M A, GOMIS D, ROJAS P, SOSPEDRA J, SANCHEZ-ARCILLA A. 1999. Hydrographic and hydrodynamic characteristics of the eastern basin of the Bransfield Strait (Antarctica). Deep Sea Research 1(46): 1755-1778.

SANGRÀ P, LUBIÁN L, HERNÁNDEZ-LEÓN S, VÁZQUEZ E, GORDO C, CORZO A, RODRÍGUEZ-SANTANA A, GARCÍA C M, RODRÍGUEZ-GÁLVEZ S, ALMEIDA C, PUTZEYS S, BECOGNÉE P, MACHO G, BELLAS J, MARTÍNEZ-CASTRO C, ANTORANZ A, CORTES J. 2006. Variabilidad a mesoscala en la parte central del Estrecho de Bransfield: Acoplamiento Físico-Biológico. VII Simposio Español de Estudios Polares. Libro de Resúmenes, 322-324.

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. pp. 7-46.

TENORIO J. 2012. (IMARPE 2006) Aspectos Oceanográficos durante la Expedición ANTAR XVI. Proyecto COPEPOD I. Inf Int Inst Mar Perú. 10 p.

VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2013. (IMARPE 2007) Condiciones físicas oceanográficas en la Expedición ANTAR XVII. Proyecto COPEPOD II. Inf Int Inst Mar Perú. 9 p.

# ESTRUCTURA COMUNITARIA DEL ZOOPLANCTON EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD DURANTE EL VERANO AUSTRAL 2013

## COMMUNITY STRUCTURE OF ZOOPLANKTON IN THE BRANSFIELD STRAIT DURING THE AUSTRAL SUMMER 2013

Jonathan Correa<sup>1</sup>

### RESUMEN

CORREA J. 2016. Estructura comunitaria del zooplancton en el estrecho de Bransfield durante el verano austral 2013. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 161-168.- Se presentan los resultados del análisis de muestras de zooplancton antártico colectadas en el estrecho de Bransfield, febrero 2013. El volumen total del zooplancton fluctuó entre 3 y 305 mL/1000 m<sup>3</sup>. El zooplancton estuvo constituido por copépodos, eufáusidos, sifonóforos, gasterópodos, apendicularias, quetognatos, anfípodos, pterópodos, ostrácodos, larvas de peces y otros. Copépodos, eufáusidos y sifonóforos fueron más frecuentes, los copépodos representaron el 76% de la abundancia total y fueron más diversos. Se determinaron 6 especies de larvas de peces, la más frecuente fue *Notothenia kempfi* que se distribuyó cerca de las islas Shetland del sur, bahía Almirantazgo y sureste de la isla Gibbs. El análisis de comunidades estableció 3 grupos o conglomerados. El primer grupo fue el de mayor abundancia, dominando *Metridia gerlachei* y *Euphausia superba*, distribuyéndose en masas de agua con temperaturas mayores a +1 °C. El segundo grupo tuvo baja abundancia, se distribuyó en salinidades mayores a 34,2 ups y más cercanas a la península Antártica. El tercer grupo tuvo abundancias intermedias, registró parámetros comunitarios más altos y la mayor abundancia de *Thysanoessa macrura*; este grupo se distribuyó en salinidades menores a 34,1 ups y aguas de mezcla con temperaturas mayores a 0 °C.

PALABRAS CLAVE: Plancton, estrecho de Bransfield, islas Shetland del Sur, península Antártica.

### ABSTRACT

CORREA J. 2016. Community structure of zooplankton in the Bransfield Strait during the austral summer 2013. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 161-168.- The results of the analysis of samples of Antarctic zooplankton collected in the Bransfield Strait in February 2013 are presented. The total volume of zooplankton ranged between 3 and 305 mL/1000m<sup>3</sup>. Zooplankton consisted of copepods, euphausiids, siphonophores, gastropods, appendicularians, chaetognaths, amphipods, pteropods, ostracods, fish larvae and others. Copepods, euphausiids and siphonophores were more frequent; but copepods accounted for 76 % of the total abundance and were more diverse. Six species of fish larvae were determined, the most frequent was *Notothenia kempfi* which was distributed near the South Shetland Islands, Admiralty Bay and southeast of the island Gibbs. The analysis of communities established 3 groups or conglomerates. The first group was the most abundant dominating *Metridia gerlachei* and *Euphausia superba*, distributed in bodies of water with temperature greater than +1 °C. The second group had low abundance, was distributed in higher salinities to 34.2 ups and closer to the Antarctic Peninsula. The third group had intermediate abundances, recorded higher community parameters and the greater abundance of *Thysanoessa macrura*; this group was distributed in lower salinities to 34.1 ups and mixing water with temperatures above 0 °C.

KEYWORDS: Plankton, Bransfield Strait, South Shetland Islands, Antarctic peninsula.

## 1. INTRODUCCIÓN

El zooplancton es uno de los eslabones más importantes en el ecosistema marino antártico, ya que forma parte de los consumidores primarios y sirve de alimento para aves, mamíferos y peces pelágicos (TAKAHASHI et al. 2003). El seguimiento de la abundancia, composición de especies y distribución de sus poblaciones son esenciales para la detección de cambios ecológicos en los ambientes oceánicos en escalas temporales y espaciales, así como también explican patrones en relación a la dinámica del océano austral y el efecto del cambio climático (HOSIE et al. 2003, HUNT y HOSIE 2005, TAKAHASHI et al. 2010).

En este trabajo se presentan los principales resultados sobre la estructura comunitaria del zooplancton en el estrecho de Bransfield realizado en la Expedición ANTAR XXI durante el verano austral del 2013.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de zooplancton fueron colectadas con una red bongo de 500 µm, mediante lances desde 200 m de profundidad hacia la superficie, a 2 nudos de velocidad y con rumbo circular. En el armazón de la red, se colocó un sensor para conocer la profundidad de arrastre y en uno de sus aros se sujetó un medidor de flujo de marca Hidrobios con la finalidad de conocer la cantidad de agua filtrada (Fig. 1).

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú. Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático. jcorrea@imarpe.gob.pe

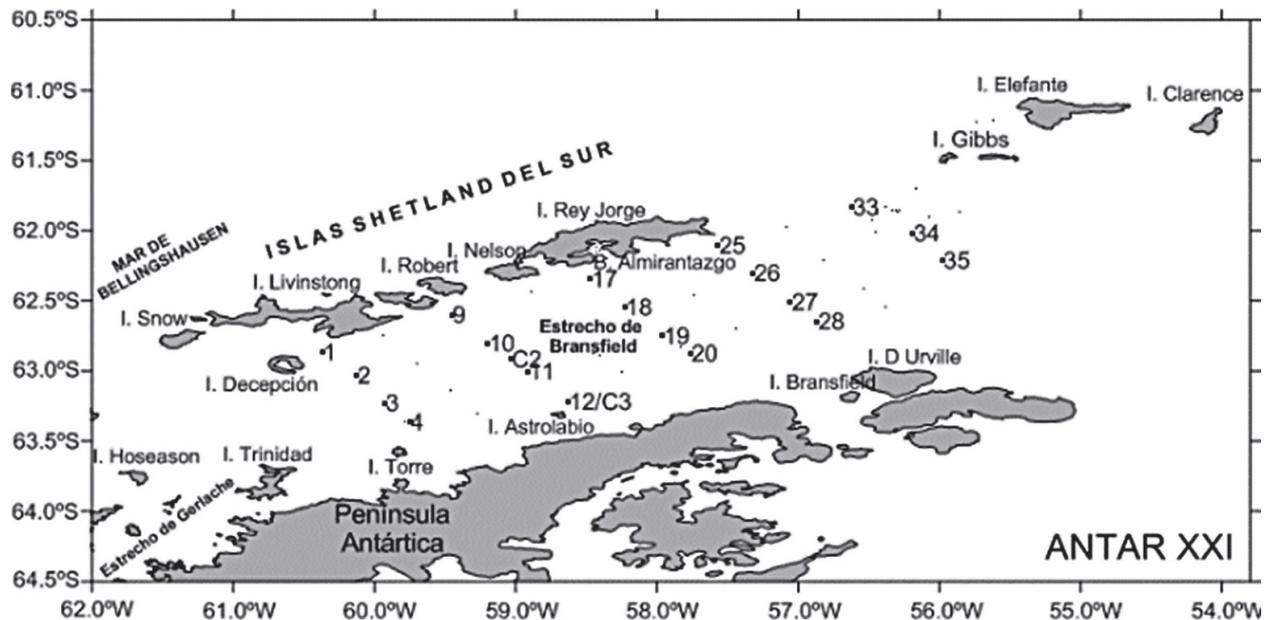


Figura 1.- Estaciones de muestreo del zooplancton. Estrecho de Bransfield, ANTAR XXI. 2013

El volumen de zooplancton se obtuvo usando el método por desplazamiento (KRAMER et al. 1972). Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras, dependiendo de la abundancia de las especies, algunas fueron contadas en el total de la muestra y otras en una fracción.

Para la determinación de las especies del zooplancton se consultó los trabajos de BOLTOVSKOY (1981), KIRWOOD (1982), EFREMENKO (1985), KELLERMANN (1986, 1990). Los resultados se expresaron en N° individuos/1000 m<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta las recomendaciones de PIELOU (1984) se calcularon los parámetros comunitarios en base a la frecuencia relativa superior al 10% del total de organismos, así como también se determinó índices de diversidad, equidad, riqueza de especies, similaridad de Bray Curtis y Cluster. El procesamiento de los datos, gráficos y tablas se realizó en Excel, las figuras de distribución y abundancia en Surfer- versión 11. Para el análisis comunitario se utilizó el programa Primer versión 6.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### VOLÚMENES Y ABUNDANCIA TOTAL

Se colectaron 20 muestras de zooplancton, cuyos volúmenes fluctuaron entre 3 y 305 mL/1000 m<sup>3</sup>. Los menores volúmenes se localizaron cerca de las islas Shetland del sur, con predominio en el centro del estrecho de Bransfield. Frente a la isla Rey Jorge se encontró 3 estaciones con volúmenes entre 51 y

100 mL/1000 m<sup>3</sup> mientras que frente a la península Antártica, cerca a las islas Torre y Astrolabio se encontraron volúmenes entre 101-200 mL/1000 m<sup>3</sup>. El mayor registro de volumen se localizó al suroeste de la isla Gibbs (Fig. 2a).

Los niveles de abundancia del zooplancton fluctuaron entre 129 y 13.575 ind/1000 m<sup>3</sup>, la menor abundancia se ubicó cerca de la isla Astrolabio, frente a la península Antártica. Los niveles entre 501-5000 ind/1000 m<sup>3</sup> se distribuyeron en el estrecho de Bransfield y las mayores abundancias coincidieron con el mayor volumen al suroeste de la isla Gibbs (Fig. 2b).

#### COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DEL ZOOPLANCTON

El zooplancton estuvo compuesto por 16 grupos taxonómicos, siendo más frecuentes los grupos Copepoda, Euphausiacea y Siphonophora. Entre los grupos con frecuencias menores al 25% se registró Isopoda, Hidromedusae, Foraminifera, Thaliacea y Cirripedia (Fig. 3).

Copepoda y Euphausiacea representaron el 76% y 14% de la abundancia total del zooplancton, respectivamente. La abundancia de copépodos fluctuó entre 37 y 12.382 ind/1000 m<sup>3</sup> con una mediana de 1176 ind/ 1000 m<sup>3</sup>, mientras que los eufáusidos mostraron abundancias entre 4 y 2.341 ind/1000 m<sup>3</sup> cuya mediana fue 221 ind/1000 m<sup>3</sup>. El resto de grupos zooplanctónicos no sobrepasó la mediana de 67 ind/1000 m<sup>3</sup> (Fig. 4).

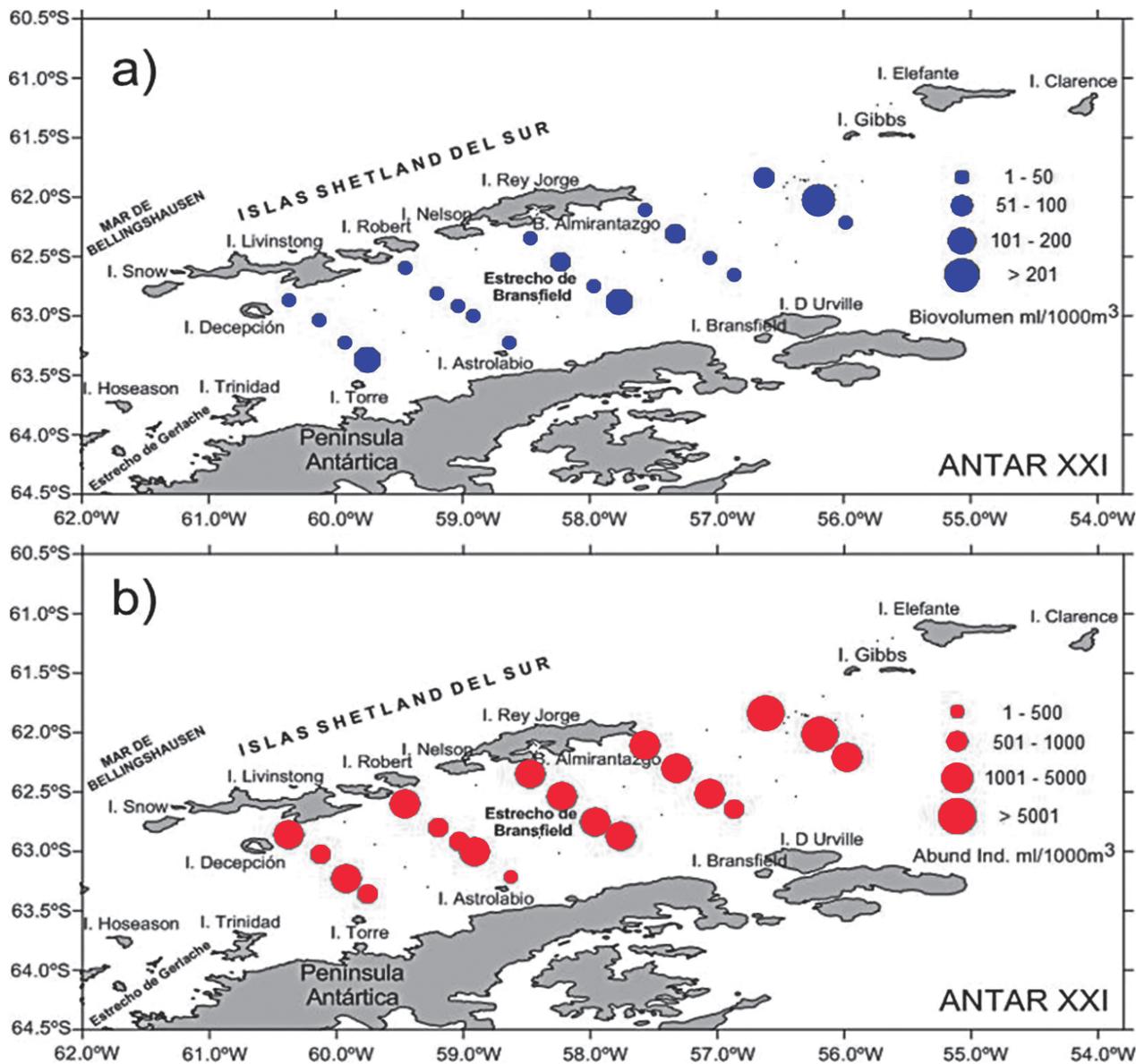


Figura 2.- Distribución de volúmenes y abundancia total de zooplancton, estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

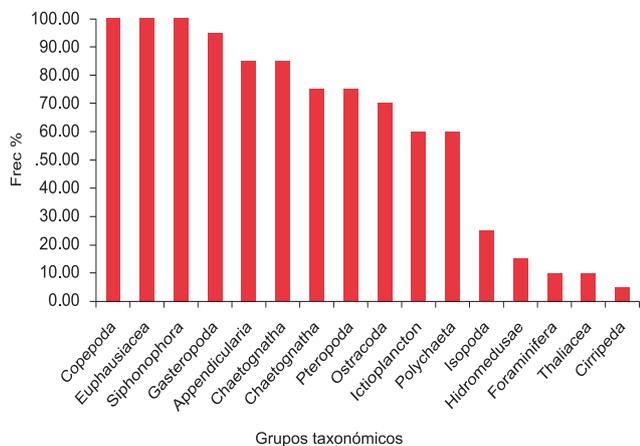


Figura 3.- Frecuencia porcentual de grupos taxonómicos de zooplancton. Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

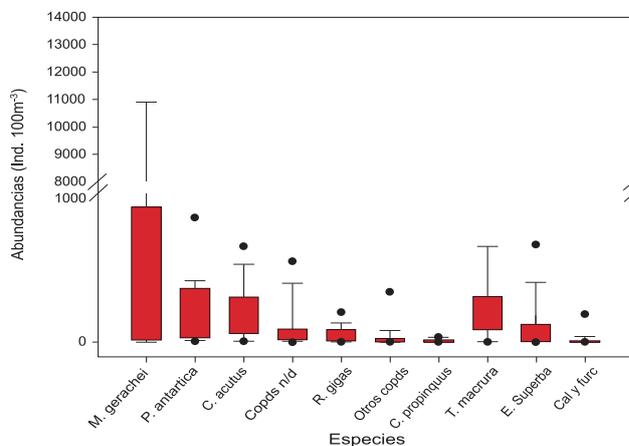


Figura 4.- Abundancia de especies de zooplancton. Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

**Copepoda.-** Fue el grupo más diverso, con un total de 17 especies y una no determinada. Las especies más frecuentes y abundantes fueron *Metridia gerlachei* (90%), *Paraeuchaeta antarctica* y *Calanoides acutus* (ambas 100%). La primera especie tuvo una abundancia que varió entre 1 y 12.065 ind/1000 m<sup>3</sup> (mediana 122,89 ind/1000 m<sup>3</sup>) cuyos mayores registros se localizaron al suroeste de isla Gibbs, a diferencia de *P. antarctica* y *C. acutus* cuyas abundancias intermedias se distribuyeron frente a bahía Almirantazgo hasta la península Antártica (Tabla 1 Anexo, Fig. 5) manteniendo ese predominio, GIRÓN y CARRASCO (1991), AYÓN et al. (1999) y BONICELLI et al. (2008).

**Euphausiacea.-** Estuvo representado por 2 especies y 2 estadios de desarrollo (furchilia y caliptosis). Las especies fueron *Thysanoessa macrura* (90%) que tuvo abundancias entre 4 y 1.936 ind/1000 m<sup>3</sup> (mediana 125.44 ind/1000 m<sup>3</sup>) y cuya mayor abundancia se localizó frente a la península Antártica y *Euphausia superba* (55%) que localizó su mayor abundancia al suroeste de isla Gibbs (Tabla 1, Fig. 5).

**Siphonofora.-** Tres especies se determinaron para este grupo, siendo las más importantes *Dymophies artica* y *Dyphies antarctica* con el 70% y 20% de frecuencia, respectivamente; la más abundante fue *D. artica* que se distribuyó en el estrecho de Bransfield entre islas Robert y Astrolabio hasta el suroeste de isla Gibbs (Tabla 1, Fig. 6).

**Chaetognatha.-** Se determinó tres especies, *Eukrohnia hamata* (85%), *Sagitta gazellae* (75%) y *Sagitta marri* (10%). *E. hamata* fue la más abundante distribuyéndose en casi todo el estrecho frente a las islas Shetland y al sureste de la isla Gibbs (Tabla 1, Fig. 6).

**Amphipoda.-** Fueron seis las especies de anfípodos: *Primno* sp. (55%), *Hyperiella antarctica* (20%) *Phrosina* sp. (15%), *Themisto gaudichaudii*, *Eusirus* sp. y *Vibilia armata* (las tres últimas con 5%). *Primno* sp. fue el anfípodo dominante del grupo, distribuyéndose cerca de las islas Livingston y Robert, y en el estrecho de Bransfield hasta el sureste de isla Gibbs (Tabla 1, Fig. 6).

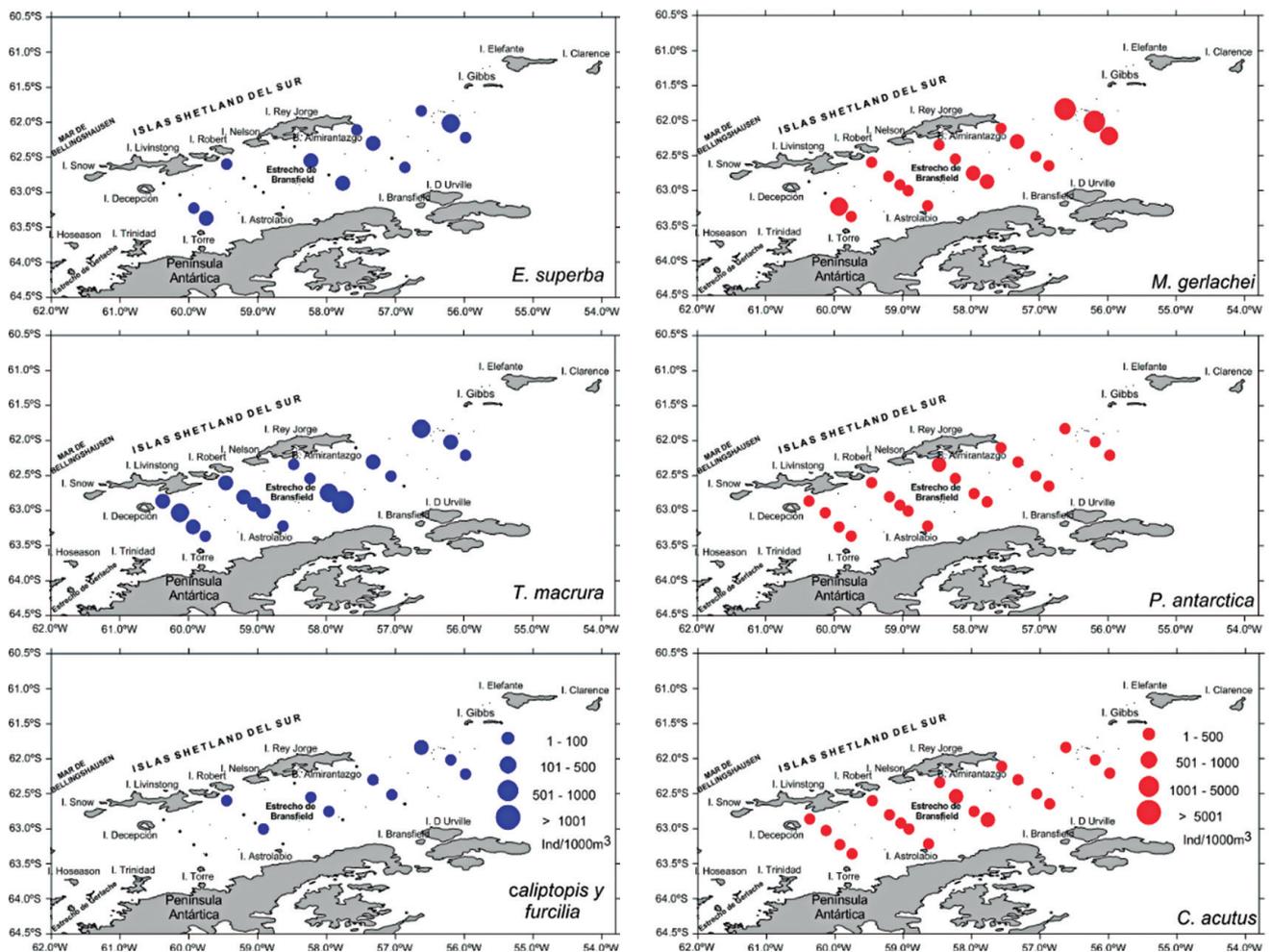


Figura 5.- Distribución y abundancia de especies dominantes del zooplancton. Estrecho de Bransfield, Antártida. ANTAR XXI, 2013

Tabla 1.- Composición y abundancia de las especies zooplanctónicas en el estrecho de Bransfield.  
ANTAR XXI, 2013

Grupo	Familia	Especie	Min	Máx	Frec abs.	Frec rel. %	Abund. Total	Abund. %	Mediana
<b>Amphipoda</b>									
	Eusiridae	<i>Eusirus sp.</i>	4	4	1	5	4	0,01	4,31
	Hyperiididae	<i>Hyperrella antarctica</i>	2	4	4	20	12	0,02	3,05
	Hyperiididae	<i>Themisto gaudichaudii</i>	5	5	1	5	5	0,01	4,91
	Phrosinidae	<i>Phrosina sp.</i>	2	9	3	15	15	0,03	3,71
	Phrosinidae	<i>Prinno sp.</i>	2	20	11	55	91	0,17	7,89
	Vibilidae	<i>Vibilia antarctica</i>	2	2	1	5	2	0,00	2,46
<b>Appendicularia</b>									
	Oikopleuridae	<i>Oikopleura sp.</i>	3	56	10	50	159	0,29	9,11
	No determinado	<i>No determinado</i>	5	35	9	45	142	0,26	14,16
<b>Chaetognatha</b>									
	Eukrohniidae	<i>Eukrohnia hamata</i>	5	427	17	85	2237	4,11	72,40
	Sagittidae	<i>Sagitta gazellae</i>	2	58	15	75	197	0,36	8,77
	Sagittidae	<i>Sagitta murri</i>	4	4	2	10	7	0,01	3,56
<b>Cirripeda</b>									
	No determinado	<i>No determinado</i>	2	2	1	5	2	0,00	1,77
<b>Copepoda</b>									
	Scolecitrichidae	<i>Amalothrix sp.(tipo 2)</i>	6	6	1	5	6	0,01	5,57
	Scolecitrichidae	<i>Amalothrix emarginata</i>	5	19	10	50	84	0,15	7,41
	Calanidae	<i>Calanoides acutus</i>	4	648	20	100	4052	7,44	165,30
	Calanidae	<i>Calanus propinquus</i>	2	34	15	75	185	0,34	8,34
	Calanidae	<i>Clausocalanus brevipes</i>	4	4	1	5	4	0,01	3,58
	Clausocalanidae	<i>Ctenocalanus sp.</i>	2	2	1	5	2	0,00	2,19
	Euchaetidae	<i>Euchaeta sp.</i>	56	336	2	10	393	0,72	196,26
	Euchaetidae	<i>Paraeuchaeta antarctica</i>	5	857	20	100	4314	7,92	157,55
	Augaptilidae	<i>Haloptilus ocellatus</i>	2	4	3	15	9	0,02	2,81
	Augaptilidae	<i>Haloptilus oxycephalus</i>	2	2	1	5	2	0,00	1,88
	Augaptilidae	<i>Haloptilus sp.</i>	2	7	5	25	21	0,04	4,38
	Heterorhabdidae	<i>Heterorhabdus sp.</i>	1	6	4	20	11	0,02	2,11
	Lucicutiidae	<i>Lucicutia curta</i>	3	3	1	5	3	0,01	2,81
	Metridiniidae	<i>Metridia gerlachei</i>	1	12065	18	90	29471	54,13	122,89
	Metridiniidae	<i>Pleurommma antarctica</i>	4	17	2	10	22	0,04	10,79
	Eucalanidae	<i>Rhincalanus gigas</i>	4	204	17	85	950	1,74	29,57
	Eucalanidae	<i>Subeucalanus longiceps</i>	7	7	1	5	7	0,01	7,16
	Scolecitrichidae	<i>Scolecithricella minor</i>	6	6	1	5	6	0,01	5,62
	No determinado	<i>No determinado</i>	8	548	19	95	1931	3,55	31,64
<b>Euphausiacea</b>									
	Euphausiidae	<i>Euphausia superba</i>	6	666	11	55	1861	3,42	99,15
	Euphausiidae	<i>Thysanoessa mcurura</i>	4	1936	18	90	5520	10,14	125,44
	No determinado	<i>furcilia y caliptopis</i>	3	193	9	45	291	0,53	8,42
<b>Foraminifera</b>									
	No determinado	<i>No determinado</i>	3	63	2	10	66	0,12	32,95
<b>Gasteropoda</b>									
	No determinado	<i>No determinado</i>	3	78	19	95	596	1,10	29,57
<b>Hidromedusae</b>									
	Aeginidae	<i>Solmundella bitentaculata</i>	2	2	1	5	2	0,00	2,19
	No determinado	<i>No determinado</i>	1	3	2	10	4	0,01	2,14
<b>Ictioplancton</b>									
	Bathylagidae	<i>Bathylagus antarcticus</i>	3	3	2	10	6	0,01	3,14
	Channichthyidae	<i>Cryodraco antarcticus</i>	4	4	1	5	4	0,01	4,03
	Myctophidae	<i>Electrona sp.</i>	2	9	4	20	18	0,03	3,44
	Paralepididae	<i>Notolepis sp.</i>	2	2	1	5	2	0,00	1,77
	Nototheniidae	<i>Notothenia kempii</i>	1	14	8	40	40	0,07	2,63
	Nototheniidae	<i>Tremtomis scotti</i>	4	4	1	5	4	0,01	3,58
	No determinado	<i>No determinado</i>	6	18	3	15	33	0,06	9,90
<b>Isopoda</b>									
	No determinado	<i>No determinado</i>	2	8	5	25	20	0,04	2,23
<b>Ostracoda</b>									
	Halocyprididae	<i>Porroecia sp.</i>	2	283	14	70	844	1,55	19,06
<b>Polychaeta</b>									
	Tomopteridae	<i>Rhynchomerella bongraini</i>	8	8	1	5	8	0,01	7,89
	Tomopteridae	<i>Tomopteris carpenteri</i>	22	22	1	5	22	0,04	22,46
	Tomopteridae	<i>Tomopteris sp.</i>	2	17	10	50	79	0,15	7,66
	No determinado	<i>No determinado</i>	1	6	8	40	25	0,05	2,83
<b>Pteropoda</b>									
	Cavolinidae	<i>Clio sp.</i>	2	2	1	5	2	0,00	1,77
	Cavolinidae	<i>Cresseis sp.</i>	4	6	2	10	10	0,02	4,98
	Limacinidae	<i>Limacina helicina</i>	2	30	10	50	93	0,17	3,74
	Gymnosomata	<i>No determinado</i>	1	11	12	60	53	0,10	3,86
<b>Siphonophorae</b>									
	Diphyidae	<i>Dimophyes arctica</i>	2	52	14	70	234	0,43	11,53
	Diphyidae	<i>Diphyes antarctica</i>	1	4	4	20	8	0,01	1,67
	Diphyidae	<i>Muggiaea bargmannae</i>	4	4	1	5	4	0,01	4,38
	No determinado	<i>No determinado</i>	4	25	9	45	130	0,24	13,86
<b>Thaliacea</b>									
	Doliolidae	<i>Doliolum nationalis</i>	2	2	1	5	2	0,00	2,19
	Salpidae	<i>Salpa thompsoni</i>	118	118	1	5	118	0,22	117,90

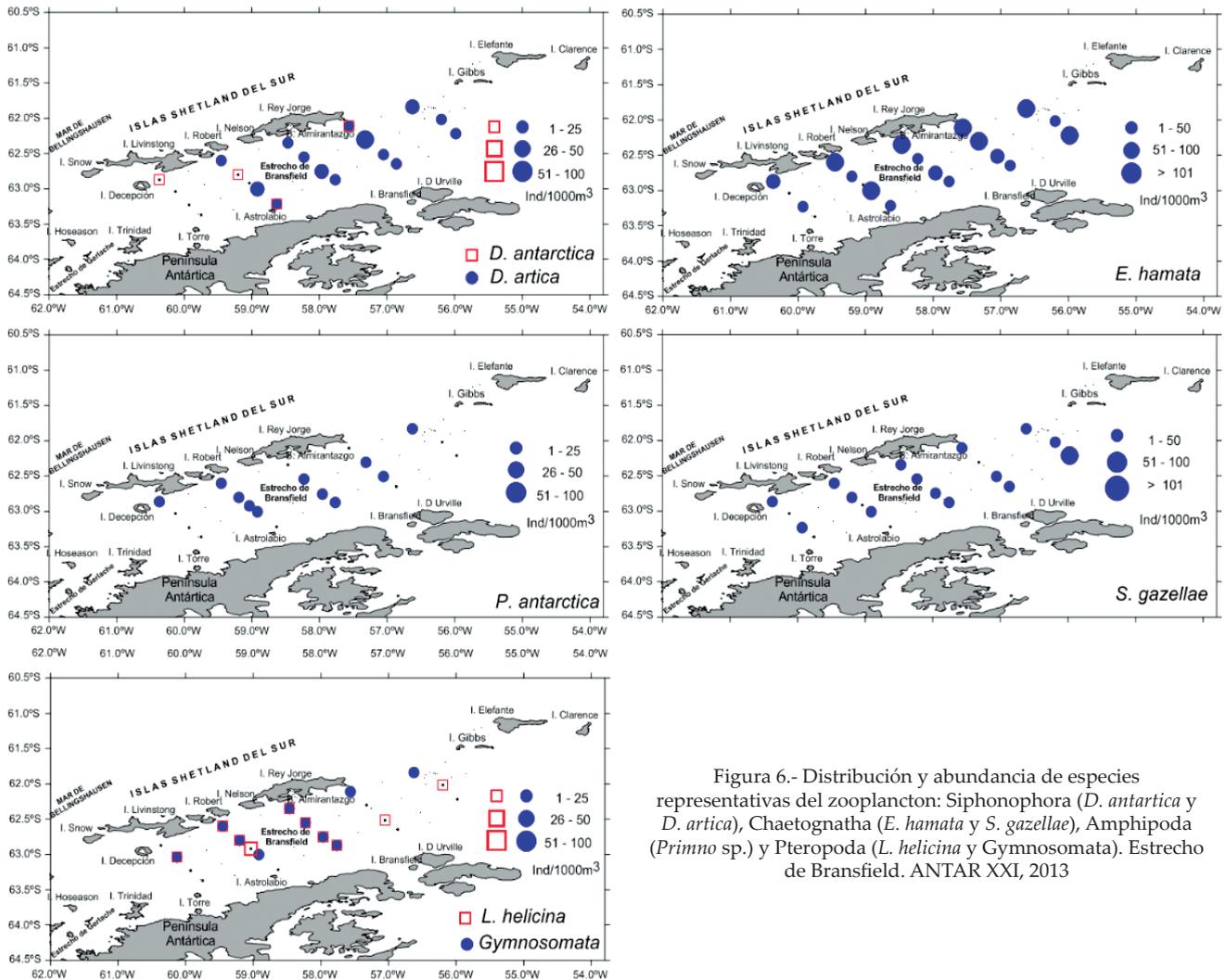


Figura 6.- Distribución y abundancia de especies representativas del zooplancton: Siphonophora (*D. antarctica* y *D. artica*), Chaetognatha (*E. hamata* y *S. gazellae*), Amphipoda (*Prinno* sp.) y Pteropoda (*L. helicina* y *Gymnosomata*). Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

**Pteropoda.-** Tres especies de Euthecosomata y el orden Gymnosomata fueron determinados en este grupo, siendo *Limacina helicina* (50%) y los Gymnosomata (60%) los organismos más representativos distribuidos en el estrecho de Bransfield hacia el suroeste de la isla Gibbs (Tabla 1, Fig. 6).

**Ostracoda.-** Solamente se encontró al género *Porroecia* con abundancias entre 2 y 283 ind/1000 m<sup>3</sup>. El área de distribución fue el estrecho de Bransfield con las mayores abundancias en el centro del estrecho y hacia el suroeste de isla Gibbs (Tabla 1, Fig. 7).

**ICTIOPLANCTON.-** Este grupo estuvo compuesto por 5 familias y 6 especies, entre ellas: *Bathylagus antarcticus*, *Cryodraco antarcticus*, *Electrona* sp. *Notolepis* sp. *Notothenia kemp*i y *Trematomus scotti* (Tabla 1). La frecuencia fue escasa, entre 5% y 40% y la abundancia de 2 a 18 ind/1000 m<sup>3</sup>, siendo la especie más frecuente *Notothenia kemp*i cuya distribución se observó cercana a las islas Shetland del sur, en el perfil frente a bahía Almirantazgo y al suroeste de la isla Gibbs (Tabla 1, Fig. 7).

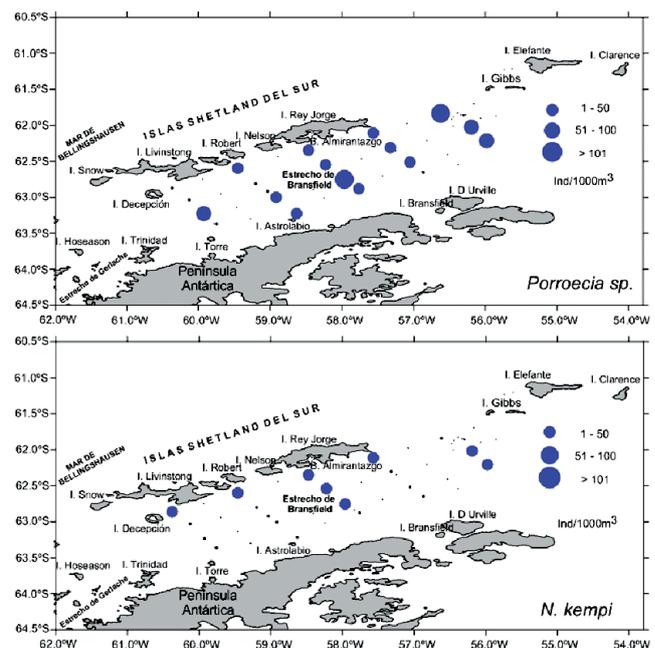


Figura 7.- Distribución y abundancia de especies representativas del zooplancton: Ostracoda (*Porroecia* sp.) e ictioplancton (*N. kemp*i). Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

**ANÁLISIS COMUNITARIO**

Se calcularon parámetros comunitarios para el área de estudio; así, el índice de diversidad de Shannon y Wiever ( $H'$ ), presentó valores entre 0,272 y 1,874 bits.ind<sup>-1</sup>, la equidad ( $J'$ ) varió entre 0,169 y 0,814, y el índice de riqueza de especies ( $d$ ) varió entre 0,615 y 1,268 (Tabla 2).

Los más bajos parámetros comunitarios se localizaron al sureste de isla Decepción (est. 2), encontrándose además baja equidad al suroeste de la isla Gibbs (ests. 33 y 34). Así también, la más alta equidad y diversidad se registraron al sureste de la isla Rey Jorge (est. 26) mientras que el mayor índice de riqueza se localizó frente al ingreso de bahía Almirantazgo (Tabla 2, Fig. 8).

Del análisis de similaridad y mediante Cluster (Fig. 8) se establecieron 3 grupos o conglomerados a un nivel de similaridad de 60%. El primer grupo fue el de mayor abundancia y estuvo caracterizado por estaciones en las que dominaron el copépodo *Metridia gerlachei* y el eufáusido *Euphausia superba* que se distribuyeron en masas de agua con temperaturas mayores a +1 °C (Figs. 5, 9). El segundo grupo estuvo formado por estaciones con menores abundancias y en el cual se presentó la estación con los parámetros comunitarios más bajos, distribuido en salinidades mayores a 34,2 ups y cercanas a la península Antártica.

El tercer grupo presentó abundancias intermedias y parámetros comunitarios más altos en la cual se reportó la mayor abundancia de *Thysanoessa macrura*. Dicho grupo, se distribuyó en salinidades menores a 34,1 ups y aguas de mezcla con temperaturas mayores a 0 °C. (Fig. 9).

Tabla 2.- Índices comunitarios del zooplancton en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

estaciones	S	N	d	J'	H'(loge)
1	7	1407	0,828	0,762	1,482
2	5	666	0,615	0,169	0,272
3	7	2217	0,779	0,402	0,782
4	6	508	0,802	0,515	0,922
9	10	1544	1,226	0,805	1,854
10	8	615	1,090	0,631	1,313
11	9	747	1,209	0,795	1,746
17	8	1594	0,949	0,589	1,225
18	10	1212	1,268	0,724	1,668
19	9	1835	1,065	0,661	1,453
20	8	3552	0,856	0,599	1,246
25	8	1160	0,992	0,751	1,562
26	10	1840	1,197	0,814	1,874
27	9	832	1,190	0,697	1,532
28	6	432	0,824	0,422	0,756
33	10	12036	0,958	0,214	0,492
34	10	13317	0,948	0,195	0,449
35	8	3148	0,869	0,436	0,907
12/C3	5	88	0,892	0,810	1,304
C2	6	392	0,837	0,625	1,120

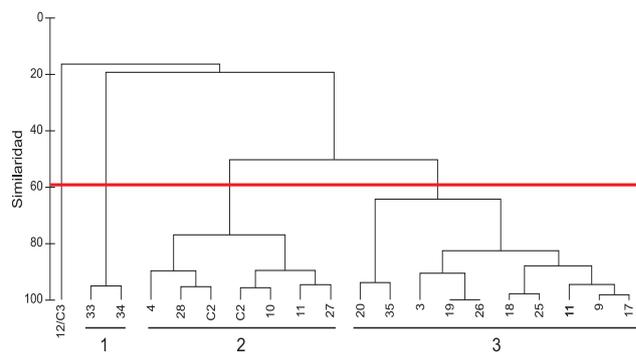


Figura 8.- Dendrograma de Similaridad entre estaciones de muestreo. Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

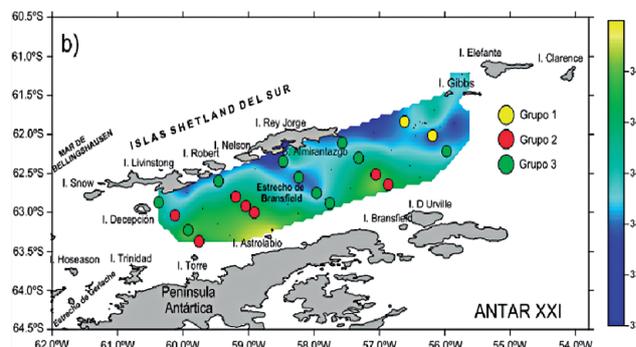
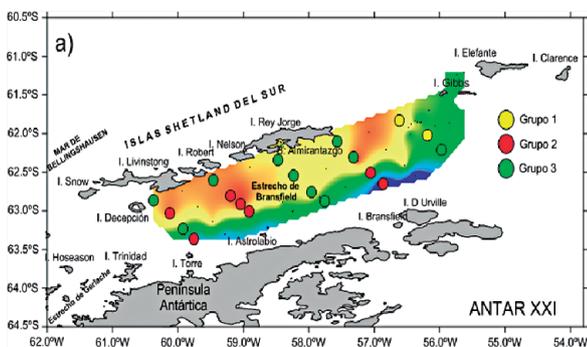


Figura 9.- Distribución de grupos de similaridad y su relación con la temperatura superficial (a) y salinidad superficial (b). Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

#### 4. CONCLUSIONES

En el área de estudio los valores de plancton variaron entre 3 y 305 mL/1000 m<sup>3</sup>, con niveles de abundancia entre 129 y 13.575 ind/1000 m<sup>3</sup>.

El zooplancton estuvo representado por 16 grupos, siendo los más frecuentes Copepoda, Euphausiacea y Siphonophora.

Los copépodos más abundantes fueron *Metridia gerlachei*, *Paraeuchaeta antarctica* y *Calanoides acutus*.

Entre los eufáusidos fueron registrados *Euphausia superba* y *Thysanoessa macrura*.

El sifonóforo más abundante fue *Dymophies artica* encontrado con una frecuencia de 70%.

El índice de diversidad de Shannon y Wiever (H'), presentó valores de 0,272 a 1,874 bits/ind<sup>-1</sup>, el de equidad (J') varió entre 0,169 y 0,814, y el índice de riqueza de especies (d) varió entre 0,615 y 1,268.

El dendrograma de similaridad entre estaciones indica la presencia de 3 grupos con un nivel de 60%. El primer y segundo grupo en masas de aguas menores a 34,0 ups y temperaturas mayores a 1 °C, cercanas a las islas Shetland del sur, el tercer grupo en aguas mayores a 34,0 ups y temperaturas menores a 0 °C, más cercanas a la península Antártica.

#### 5. REFERENCIAS

- AYÓN P, GIRÓN M, ARONÉS K, QUESQUÉN R. 1999. Composición y distribución de zooplancton antártico en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante. Verano austral 1998. Perú ANTAR IX. Inf Inst Mar Perú. 145: 47-62.
- BOLTOVSKOY D. (ed). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del INIDEP. 935 p.
- BONICELLI J, LÓPEZ D, OCHOA N, SHEEVE R. 2008. Estructura comunitaria del zooplancton asociada con el fitoplancton y las masas de agua del estrecho de Bransfield y la isla Elefante durante el verano austral del 2006. Ecología Aplicada. 7 (1, 2): 159-164.
- EFREMENKO F N. 1985. Illustrated Guide to Fish Larvae of the Southern Ocean. BIOMASS scientific series NQ 5: 1- 74.
- GIRÓN M, CARRASCO S. 1991. Composición y abundancia del zooplancton en el Estrecho de Bransfield en el verano austral (1991). En: Informe Científico de la Tercera Expedición a la Antártida. Comisión Nacional de Asuntos Antárticos. pp. 165 – 178.
- HOSIE G W, FUKUCHI M, KAWAGUCHI S. 2003. Development of the Southern Ocean Continuous Plankton recorder survey. Prog. Oceanogr. 58: 263–268.
- HUNT B P V, HOISE GW. 2005. Zonal structure of zooplankton communities in the Southern Ocean south of Australia: results from a 2150 kilometer Continuous Plankton Recorder transect. Deep-Sea Research I 52, 1241 – 1271.
- KELLERMANN A. 1986. On the biology of early life stages of notothenioid fishes (Pisces) off the Antarctic Peninsula. Ber. Polarforsch. 31:149.
- KELLERMANN A. (ed).1990. Catalogue of early life stages of Antarctic Nothotenidae fishes. In: Identification key and catalogue of larval antarctic fishes.
- KIRWOOD J. 1982. A guide to the euphausiacea of the Southern Ocean. Research Notes 1 (ISSN 0729-6533). 45p.
- KRAMER D, KALIN M J, STEVENS E G, THRAILKILL J R, ZWEIFEL J R. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current region. NOAA Tech. Rep. NMFS CIRC-370: 1-38.
- PIELOU E C. 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. John Wiley & Sons, Inc., New York. 263 p.
- TAKAHASHI A, DUNN M J, TRATHAN P N, SATO K, NAITO Y, CROXALL J P. 2003. Foraging strategies of chinstrap penguins al Signy Island, Antarctica: importance of benthic feeding on Antarctic krill. Mar Ecol Prog Ser. 250: 279-289.
- TAKAHASHI K T, KAWAGUCHI S, HOSIE G W, TODA T, NAGANOBU M, FUKUCHI M. 2010. Surface zooplankton distribution in Drake Passage recorded by continuous plankton recorder (cpr) in late austral summer of 2000. Polar sci., 3: 235-245.

# DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL FITOPLANCTON EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD DURANTE EL VERANO AUSTRAL 2013

## PHYTOPLANKTON SPATIAL DISTRIBUTION IN THE BRANSFIELD STRAIT DURING THE AUSTRAL SUMMER 2013

Sonia Sánchez<sup>1</sup>

Patricia Villanueva

Elcira Delgado

### RESUMEN

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P, DELGADO E. 2016. *Distribución espacial del fitoplancton en el estrecho de Bransfield durante el verano austral 2013*. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 169-182.- El fitoplancton en el verano austral 2013, se caracterizó por la dominancia de fitoflagelados ND (76%) y diatomeas (24%). Los dinoflagelados y silicoflagelados no fueron muy representativos. Se determinó 77 especies: 63 diatomeas, 11 dinoflagelados, 1 silicoflagelado y 2 fitoflagelados ND. Las diatomeas *Thalassiosira antarctica*, *Th. bulbosa* y *Corethron pennatum*, los fitoflagelados *Leucocryptos marina* y fitoflagelados ND, tuvieron las mayores concentraciones celulares. Cuantitativamente, el fitoplancton fluctuó entre 31 y 1,942 cel.mL<sup>-1</sup>, la mayor concentración se localizó a 10 m de profundidad; las mayores concentraciones estuvieron al Este, oeste y parte central del estrecho de Bransfield (mar de Bellingshausen). Las menores concentraciones celulares, estuvieron relacionadas a procesos de mezcla de masas de agua del mar de Weddell y el mar de Bellingshausen. La TSM varió entre -0,12 °C y 1,56 °C y la salinidad osciló entre 34,024 ups y 34,291 ups.

PALABRAS CLAVE: Plancton, estrecho de Bransfield, verano austral

### ABSTRACT

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P, DELGADO E. 2016. *Phytoplankton spatial distribution in the Bransfield Strait during the austral summer 2013*. *Bol Inst Mar Peru*. 31(2): 169-182.- Phytoplankton for the austral summer of 2013, is characterized by the dominance of phytoflagellates ND (76%) and diatoms (24%). The silicoflagellates and dinoflagellates were not abundant. A total 77 species were determined with 63 diatoms, 11 dinoflagellates, 2 phytoflagellates and 1 silicoflagellate ND. The diatoms *Thalassiosira antarctica*, *Th. bulbosa*, *Corethron pennatum*; *Leucocryptos marina* and phytoflagellates ND, with higher cell concentrations. Quantitatively phytoplankton ranged between 31 and 1,942 cel.mL<sup>-1</sup>, the highest concentrations are located at 10 m depth, being the east, west and central part of Bransfield Strait (Sea Bellingshausen). Lower cell concentrations were related to processes of mixing of water masses in the Weddell Sea and Bellingshausen Sea. SST varied between -0.12 °C and 1.56 °C and salinity was between 34.024 and 34.291 ups.

KEYWORDS: Plankton, Bransfield Strait, austral summer

## 1. INTRODUCCIÓN

El estrecho de Bransfield, ubicado entre la península antártica y el archipiélago de las islas Shetland del sur, ha sido continuamente estudiado por ser considerado como una zona muy productiva para todos los niveles tróficos (WEBER y EL-SAYED 1987, HUNTLEY et al. 1990, BRINTON 1991, ZHOU et al.1994), asociada a áreas altamente productivas, condicionadas a la distribución fitoplanctónica. Esta región es muy dinámica (TOKARCZYK 1987, NILER et al. 1991, GARCÍA et al. 1994, LÓPEZ et al. 1999, TENORIO 2006), en donde se encuentran masas de agua del mar de Bellingshausen del noroeste y del mar de Weddell del sureste.

Los estudios de la comunidad fitoplanctónica en esta zona han mostrado en los veranos australes entre 1983 y 2003 una sustancial variabilidad espacio-temporal, confirmando la existencia de un fuerte gradiente espacial de la biomasa fitoplanctónica. Está demostrada la existencia de 2 picos importantes de fitoplancton asociados principalmente a la formación

de hielos y deshielos (HECQ y GUGLIELMO 1992). El incremento de horas de luz dentro de la capa eufótica y estabilidad en la columna de agua van a coincidir con el desarrollo de "blooms", particularmente en áreas costeras (12,2 mgC/m<sup>2</sup>/h) con respecto a estaciones lejanas de la costa (BURKOLDER y SIEBURTH 1961).

Entre 1988 y 2003, el IMARPE inició un proyecto continuo de investigaciones antárticas (ANTAR I, II, III, IX, X, XI y XIV) con énfasis en la evaluación de la abundancia y dinámica de la población de krill (*Euphausia superba*) en función a las condiciones ambientales, incluyendo aspectos de la ecología y alimentación dado por el fitoplancton (GÓMEZ 1988, 1991; ANTONIETTI 1989, DELGADO 1999, 2004; SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2001 a, b). En general, la mayor producción fitoplanctónica fue observada en el subárea 48.1 entre la superficie y 30 m de profundidad, determinándose una gran riqueza específica, predominando diatomeas, fitoflagelados, dinoflagelados y silicoflagelados. Acerca de la distribución espacial de estos productores primarios,

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú. Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático. soniasan@imarpe.gob.pe

resalta la existencia de dos grupos de comunidades: uno correspondiente al borde de la plataforma continental, asociado a un predominio de Pennatas y, el otro en la zona central del estrecho de Bransfield con la presencia de diatomeas centrales. En ambos casos se observó abundancia de nanoplancton autotrófico (SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2001 a, b).

En los veranos del 2006 y 2007, los estudios de fitoplancton fueron realizados por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, los resultados demostraron que los microflagelados fueron dominantes en el 78% del área evaluada, mientras que el segundo grupo en importancia fue el de las diatomeas (18%). Los valores del índice de diversidad fueron menores de 1,6 bits/cel. Los valores integrados para la columna de agua (0-100 m), mostraron valores mayores de  $300 \times 10^3$  cel.m<sup>-2</sup>. 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 (OCHOA et al. 2007).

Con el objetivo de profundizar en la bioecología de la región Antártica, principalmente en el estrecho de Bransfield, fuertemente condicionado por el ciclo interanual y estacional, se presentan los resultados obtenidos en la Expedición Perú ANTAR XXI referente al primer eslabón de la cadena alimentaria, que va a contribuir en el conocimiento del primer recurso potencial como es el krill (*Euphausia superba*).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió el estrecho de Bransfield y la zona al sur de la isla Gibbs (Fig. 1).

Se obtuvo 52 muestras en superficie con balde, para los otros niveles de profundidad (10, 25 y 50 m) se trabajó con botellas Niskin. Se consideraron tres perfiles para los resultados de la distribución vertical del fitoplancton: estaciones del 1 al 4 (perfil 1), del 9 al 12 (perfil 2) y del 17 al 20 (perfil 3).

### METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

Las muestras de agua se analizaron cuantitativamente en el Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria del IMARPE, según la técnica de UTERMÖHL (1958). La sedimentación se realizó en cámaras con tubos de 50 mL de capacidad por un período de 48 horas.

El recuento de las especies del nanofitoplancton y las más abundantes, se efectuó en un área correspondiente a 2 mL, con aumento de 400X y el resto se contó en toda la base de la cámara de sedimentación a menor aumento (200X). Los datos se expresan en cel.L<sup>-1</sup> (Tabla 1), mientras que con fines de comparación los gráficos se realizaron en cel.mL<sup>-1</sup>.

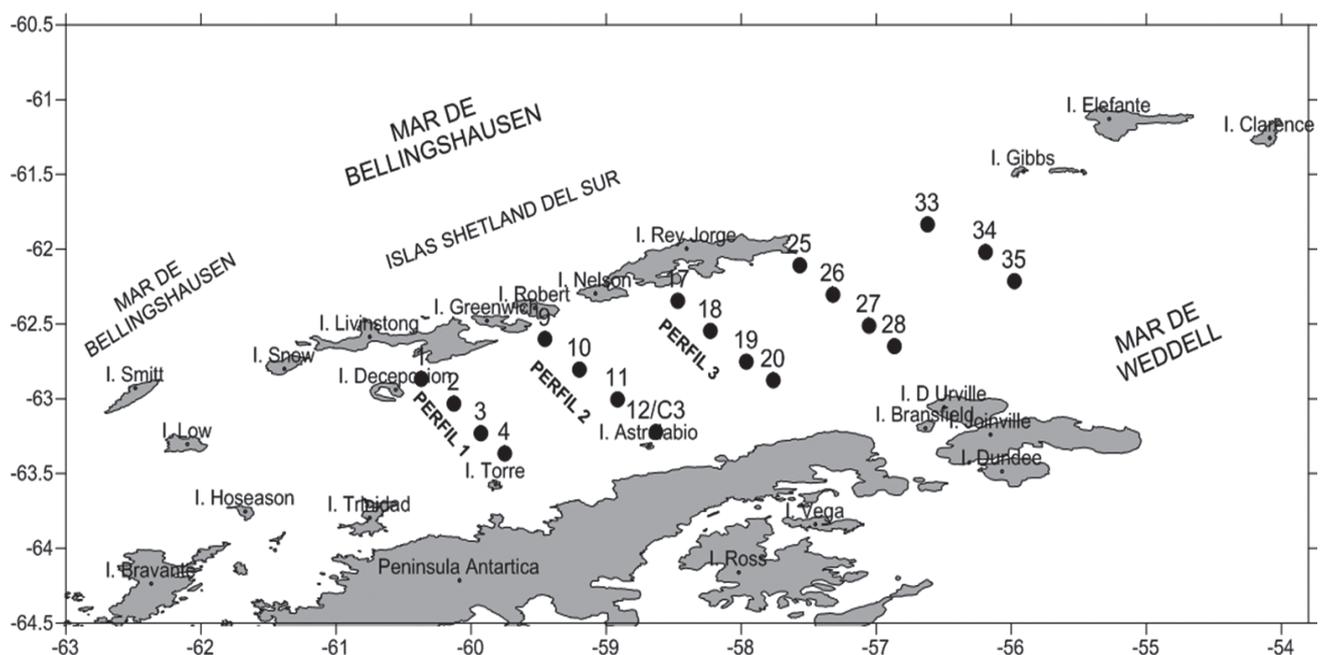


Figura 1.- Carta de posiciones. ANTAR XXI, 2013

Adicionalmente, se calculó el índice de diversidad de SHANNON - WEAVER (1963) y se realizó un análisis de similaridad (Bray-Curtis) entre estaciones a 0 m, ya que fue el nivel con el mayor número de estaciones, utilizándose los procedimientos descritos en SÁNCHEZ y VILLANUEVA (2001) y se consideró el listado total de las especies. Además, se aplicó la transformación Log (x+1) para los valores de concentración celular (IBÁÑEZ y SEGUIN 1972).

Para hallar la diversidad ( $H'$ ) y el análisis comunitario se contó con el software PRIMER (ver. 6), mientras que para las cartas de distribución se empleó SURFER (ver. 11).

En la determinación taxonómica de las especies se consultaron los trabajos de BALECH (1958, 1971, 1973), FERREYRA y FERRARIO (1983), FRENGUELLI (1943, 1960), FRENGUELLI y ORLANDO (1958), HASLE (1964, 1965 a, b), HASLE y SYVERTSEN (1985), HENDEY (1937), SYVERTSEN y HASLE (1983), SYVERTSEN (1977), PRIDDLE y FRYXELL (1985).

### 3. RESULTADOS

#### CONDICIONES HIDROGRÁFICAS

En base a la información de las características halinas y de la TSM se identificaron dos masas de agua provenientes del mar de Bellingshausen y del mar de Weddell. La primera caracterizada por temperaturas  $>1$  °C y salinidades  $<34,2$  ups, localizada al noroeste del estrecho de Bransfield, la segunda asociada a salinidades altas  $>34,2$  ups y temperaturas más bajas  $<1$  °C localizada al sureste del estrecho de Bransfield y próxima a la península antártica. En el centro del estrecho (Ests. 18,19 y 20) un frente entre estas dos masas de agua denominado el frente de Bransfield.

#### COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON

Se determinaron 77 especies de fitoplancton, siendo 38 diatomeas centrales, 25 diatomeas pennatas, 11 dinoflagelados, 1 silicoflagelado y 2 fitoflagelados ND (Tabla 1, Fig. 2).

Las diatomeas fueron especialmente dominantes (25 géneros y 63 especies). Los géneros *Thalassiosira* y *Pseudo-nitzschia* presentaron la mayor riqueza específica con 14 y 6 especies, respectivamente. Las Pennatas obtuvieron la mayor frecuencia específica, mientras que del grupo centrales sobresalieron *Thalassiosira antarctica*, *Th. bulbosa* y *Corethron pennatum* (*C. criophilum*); de los fitoflagelados *Leucocryptos marina* y fitoflagelados ND y de los dinoflagelados *Gyrodinium lachryma* y *Gymnodinium frigidum*.

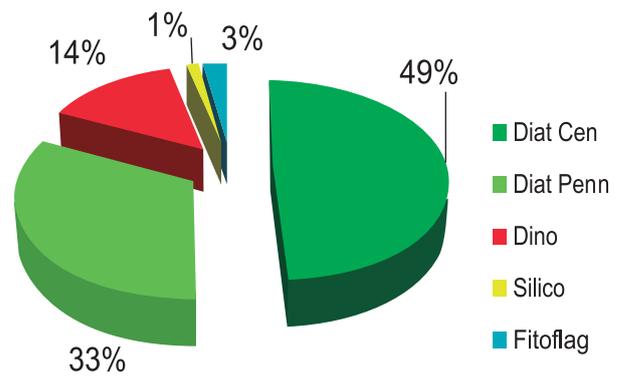


Figura 2.- Variación porcentual de los grupos de fitoplancton. ANTAR XXI, 2013

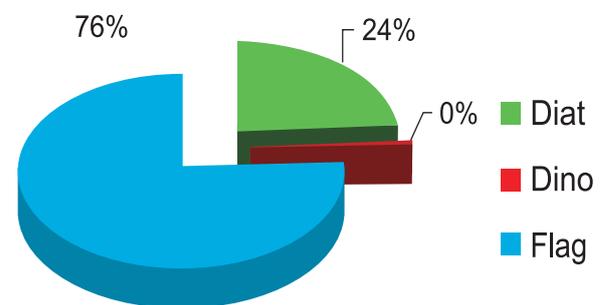


Figura 3.- Variación porcentual de los grupos de fitoplancton. ANTAR XXI, 2013

#### DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL FITOPLANCTON

La comunidad fitoplanctónica para el verano austral 2013, se caracterizó por la dominancia ( $\text{cel.mL}^{-1}$ ) de fitoflagelados ND (76%), seguido de diatomeas (24%). Los grupos dinoflagelados y silicoflagelados no fueron muy representativos así como sus abundancias celulares (Fig. 3).

Los fitoflagelados presentaron las mayores concentraciones al Este, entre las islas Nelson y Decepción, con  $213 \text{ cel.mL}^{-1}$  y al centro del estrecho (Est. 18), con menores concentraciones al oeste entre las islas Gibbs y Rey Jorge con  $138 \text{ cel.mL}^{-1}$ .

Las diatomeas presentaron concentraciones celulares en promedio de  $120 \text{ cel.mL}^{-1}$  al oeste, mientras que al Este del estrecho de Bransfield, se localizaron valores menores a  $61 \text{ cel.mL}^{-1}$ .

#### DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL

En superficie la abundancia celular del fitoplancton estuvo entre  $31$  y  $607 \text{ cel.mL}^{-1}$  en las estaciones 3 y 18, respectivamente (Tabla 1). En el centro del estrecho de Bransfield se registró un núcleo importante que superó las  $500 \text{ cel.mL}^{-1}$  conformado por las estaciones 11, 17 y 18 (Fig. 4 a, b, c), siendo abundante *Thalassiosira* spp. ( $307 \text{ cel.mL}^{-1}$ ) y fitoflagelados ND ( $607 \text{ cel.mL}^{-1}$ ).

Tabla 1.- Análisis cuantitativo del fitoplancton (N°cel. L-1). ANTAR XXI, 2013

Estación	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Profundidad (m)	Diat Cent	Diat Pennata	Dinoflagelado	Fitoflagelado ND	Fitoplancton Total
1	1,302	34,05	0	1160	1440	500	178000	181100
	1,069	34,1	25	85040	960	520	234000	320520
2	1,558	34,02	0	30240	35580	520	64000	130340
	1,555	34,03	25	3890	64940	600	742000	811430
	0,321	34,319	50	1400	420	220	67900	69940
3	0,925	34,26	0	371120	8920	580	99000	479620
	0,6136	34,23	25	1880	320	160	160000	162360
	-0,661	34,392	50	1040	60	40	107000	108140
4	0,073	34,27	0	2540	320	0	28200	31060
	0,065	34,26	25	35180	1520	40	220000	256740
	0,029	34,29	50	1300	5500	0	62200	69000
9	1,54	34,05	0	2040	15720	1160	63800	82720
	0,0683	34,25	10	56440	3740	740	44000	104920
	1,256	34,032	25	9160	36800	640	160000	206600
	1,043	34,07	50	5660	47870	360	27000	80890
10	1,59	34,2	0	186360	1280	1600	247000	436240
	1,436	33,989	10	200180	38460	720	123000	362360
	1,521	34,19	25	284820	7560	160	82000	374540
	0,411	34,288	50	520	2620	220	30000	33360
11	1,253	34,204	0	309200	880	200	248000	558280
	1,27	34,222	10	9980	23800	300	123000	157080
	1,117	34,156	25	71960	1200	40	80000	153200
	-0,6609	34,35	50	840	20	40	109000	109900
12/c3	0,024	34,341	0	300	0	140	180000	180440
	0,04	34,36	10	1180	0	0	201000	202180
	0,0215	34,311	25	940	120	0	29000	30060
	-0,885	34,404	50	1500	480	0	47200	49180
17	1,22	33,83	0	3940	8460	440	541000	553840
	1,336	33,994	10	181540	3640	1200	179000	365380
	1,016	34,08	25	19020	17020	440	116000	152480
	0,3921	34,17	50	1060	460	180	44000	45700
18	1,01	33,527	0	400	0	80	607000	607480
	1,16	33,97	10	84060	228260	36520	1594000	1942840
	1,17	33,98	25	7020	400	160	167000	174580
	1,121	33,992	50	13160	2460	240	126000	141860
19	0,378	33,82	0	6360	3020	500	105000	114880
	1,335	33,96	10	1400	500	0	176000	177900
	1,34	33,98	25	9720	2620	200	64000	76540
	0,79	34,21	50	2320	1040	80	45000	48440
20			0	80	40	0	175000	175120
	0,5796	34,069	10	10220	1280	320	265000	276820
	0,336	34,03	25	560	400	80	157000	158040
25	-0,4226	34,185	50	980	240	80	73000	74300
	1,04	34,122	0	96960	2000	920	259000	358880
26	1,493	34,03	0	68240	480	40	309000	377760
	1,501	34,044	25	48160	2200	360	87000	137720
	0,284	34,222	50	26720	37740	620	153000	218080
27	1,006	34,62	0	8280	5240	160	431000	444680
28	-0,6658	34,29	0	1380	200	40	55000	56620
33	1,32	34,151	0	193880	31240	500	112000	337620
34	0,863	34,12	0	6240	3180	380	126000	135800
35	0,8749	34,141	0	14180	5200	640	202000	222020

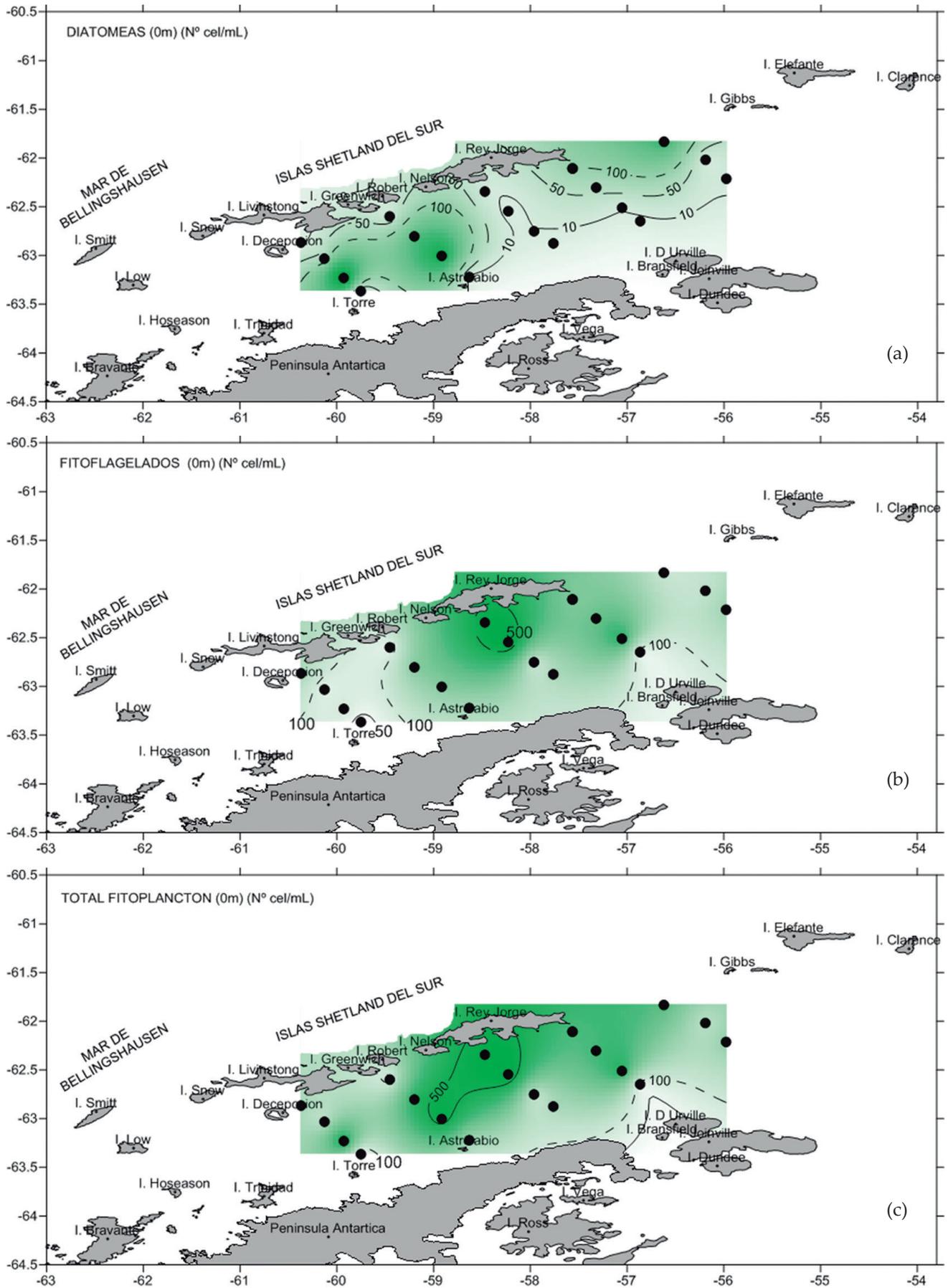


Figura 4.- Distribución superficial de: diatomeas (a), fitoflagelados (b) y fitoplancton (c) cel.mL<sup>-1</sup>. ANTAR XXI, 2013

La TSM varió entre  $-0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Est. 17) y  $1,56\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Est. 2) y la salinidad osciló entre 34,024 ups (Est. 18) y 34,291 ups (Est. 28).

#### DISTRIBUCIÓN A 10 M DE PROFUNDIDAD

En esta profundidad y con estaciones localizadas solo al centro del estrecho de Bransfield, se observó incremento de la abundancia celular, cuyos valores fluctuaron entre  $157\text{ cel.mL}^{-1}$  (Est. 11) y  $1.942\text{ cel.mL}^{-1}$  (Est. 18) (Tabla 1). El fitoplancton presentó un núcleo mayor a  $1.000\text{ cel.mL}^{-1}$  en la Est. 18 (Fig. 5c). Las especies que conformaron este núcleo fueron principalmente los fitoflagelados ND ( $1.102\text{ cel.mL}^{-1}$ ) y *Leucocryptos marina* ( $492\text{ cel.mL}^{-1}$ ) seguidos de *Thalassiothrix antarctica* ( $206\text{ cel.mL}^{-1}$ ) y *Corethron pennatum* ( $84\text{ cel.mL}^{-1}$ ).

La temperatura del fondo del mar (TFM) varió entre  $-0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Est. 28) y  $1,57\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Est. 10), mientras que las salinidades estuvieron entre 33,96 ups (Est. 19) y 34,36 ups (Est. 12).

#### DISTRIBUCIÓN A 25 M DE PROFUNDIDAD

A esta profundidad (Fig. 6) como es característico, existe menor radiación solar y por tanto hay disminución de la abundancia de fitoplancton, lo que se observó en el rango de variación comprendido entre 30 y  $811\text{ cel.mL}^{-1}$  en las estaciones 12 y 2, respectivamente (Tabla 1).

Se apreció dos núcleos, el primero pequeño y ubicado en la Est. 2 con un valor superior a  $500\text{ cel.mL}^{-1}$  donde destacaron las diatomeas pennatas spp. con  $61\text{ cel.mL}^{-1}$ , seguido de *L. marina* con  $232\text{ cel.mL}^{-1}$  y fitoflagelados ND con  $811\text{ cel.mL}^{-1}$ . Mientras que un segundo núcleo superior a los  $100\text{ cel.mL}^{-1}$ , fue localizado al sur de la península Antártica, dado principalmente por los fitoflagelados (Fig. 6 c).

Las especies que obtuvieron las mayores abundancias fueron *Thalassiosira bulbosa* ( $284\text{ cel.mL}^{-1}$ ), varias especies de fitoflagelado ( $82\text{ cel.mL}^{-1}$ ) y *Thalassiosira* spp. ( $68\text{ cel.mL}^{-1}$ ). La temperatura varió entre  $-0,87$  y  $1,55\text{ }^{\circ}\text{C}$  y las salinidades fluctuaron desde 33,98 hasta 34,31 ups.

#### DISTRIBUCIÓN A 50 M DE PROFUNDIDAD

Las abundancias continuaron descendiendo, los valores variaron entre  $33\text{ cel.mL}^{-1}$  (Est. 10) y  $218\text{ cel.mL}^{-1}$  (Est. 25) (Tabla 1). Se observó 2 núcleos de  $50\text{ cel.mL}^{-1}$  y 1 de  $100\text{ cel.mL}^{-1}$ ; en dichos núcleos sobresalieron por su abundancia varias especies de fitoflagelados con un valor máximo de  $150\text{ cel.mL}^{-1}$  (Fig. 7b), asociados a temperaturas superficiales de  $-0,42\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Est. 20) y  $1,12\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Est. 25) y salinidades de 33,99 ups (Est. 18) y 34,40 ups (Est. 12).

#### DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON

Se consideraron tres perfiles para los resultados de la distribución vertical del fitoplancton (Figs. 1, 8), los que mostraron que las mayores abundancias estuvieron dadas con focos que superaron los 500 y  $1.000\text{ cel.mL}^{-1}$  y se distribuyeron entre la superficie y 25 m de profundidad.

El perfil 3 resalta con un amplio foco de  $500\text{ cel.mL}^{-1}$  que se extendió desde la superficie hasta los 20 m. En todos estos focos la abundancia estuvo representada mayormente por fitoflagelados ND y en segundo lugar por diatomeas centrales (Fig. 8).

A 50 m de profundidad se observaron núcleos de 50 y  $100\text{ cel.mL}^{-1}$  en donde las especies más importantes fueron las diatomeas centrales y pennatas. La distribución vertical del total del fitoplancton fue similar al total de los fitoflagelados (Fig. 8).

#### ANÁLISIS COMUNITARIO DE SIMILARIDAD (BRAY-CURTIS), ÍNDICE DE DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE ESPECIES

La diversidad ( $H'$ ) varió entre 2,65 bits  $\text{cel}^{-1}$  (Est. 2, 0 m) y 0,06 bits  $\text{cel}^{-1}$  (Est. 18, 0 m), con 95% de estos valores menores a 2,0 bits  $\text{cel}^{-1}$ . En cambio, la equitabilidad ( $J'$ ) fue más homogénea cuyos valores máximo (0,57) y mínimo (0,02) coincidieron con los de la diversidad (Tabla 2).

Tabla 2.- Relación de índices comunitarios en superficie. ANTAR XXI, 2013

Est.	Nº especies	Concentración ( $\text{cel.L}^{-1}$ )	Índice de Equitabilidad ( $J'$ )	Diversidad ( $H'$ )
1	12	181.100	0,14	0,51
2	25	130.340	0,57	2,65
3	15	479.620	0,29	1,13
4	11	31.060	0,32	1,11
9	22	82.720	0,36	1,63
10	18	436.240	0,38	1,58
11	9	5588.280	0,41	1,30
12	4	180.440	0,19	0,38
17	17	553.840	0,17	0,69
18	6	607.480	0,02	0,06
19	15	114.880	0,34	1,32
20	4	175.120	0,33	0,66
25	19	358.880	0,33	1,42
26	10	377.760	0,48	1,60
27	13	444.680	0,33	1,22
28	12	56.620	0,32	1,16
33	13	337.620	0,47	1,73
34	10	135.800	0,38	1,26
35	16	222.020	0,36	1,44



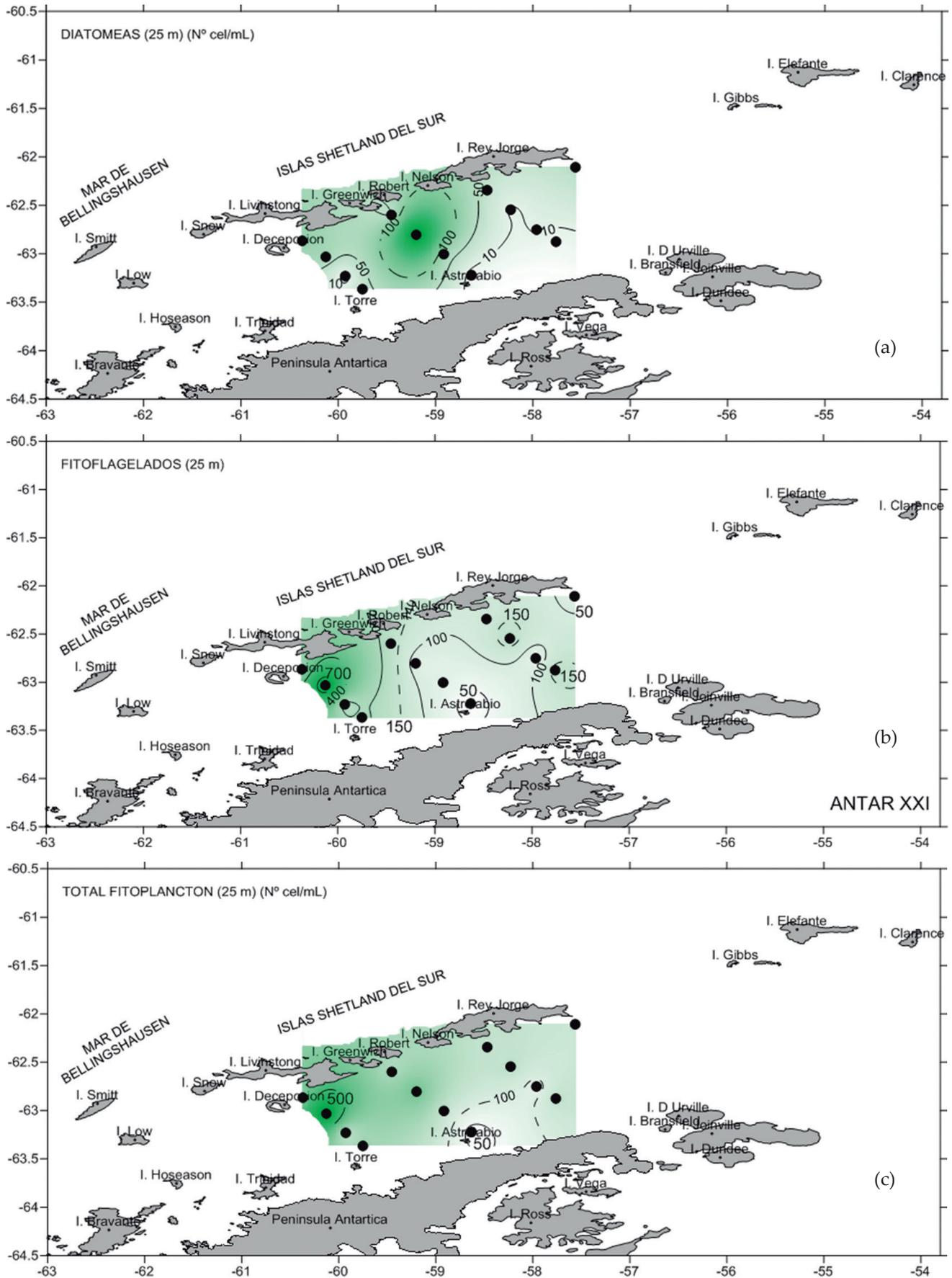


Figura 6.- Distribución de diatomeas (a), fitoflagelados (b) y fitoplancton c (cel.mL<sup>-1</sup>) a 25 m de profundidad. ANTAR XXI, 2013



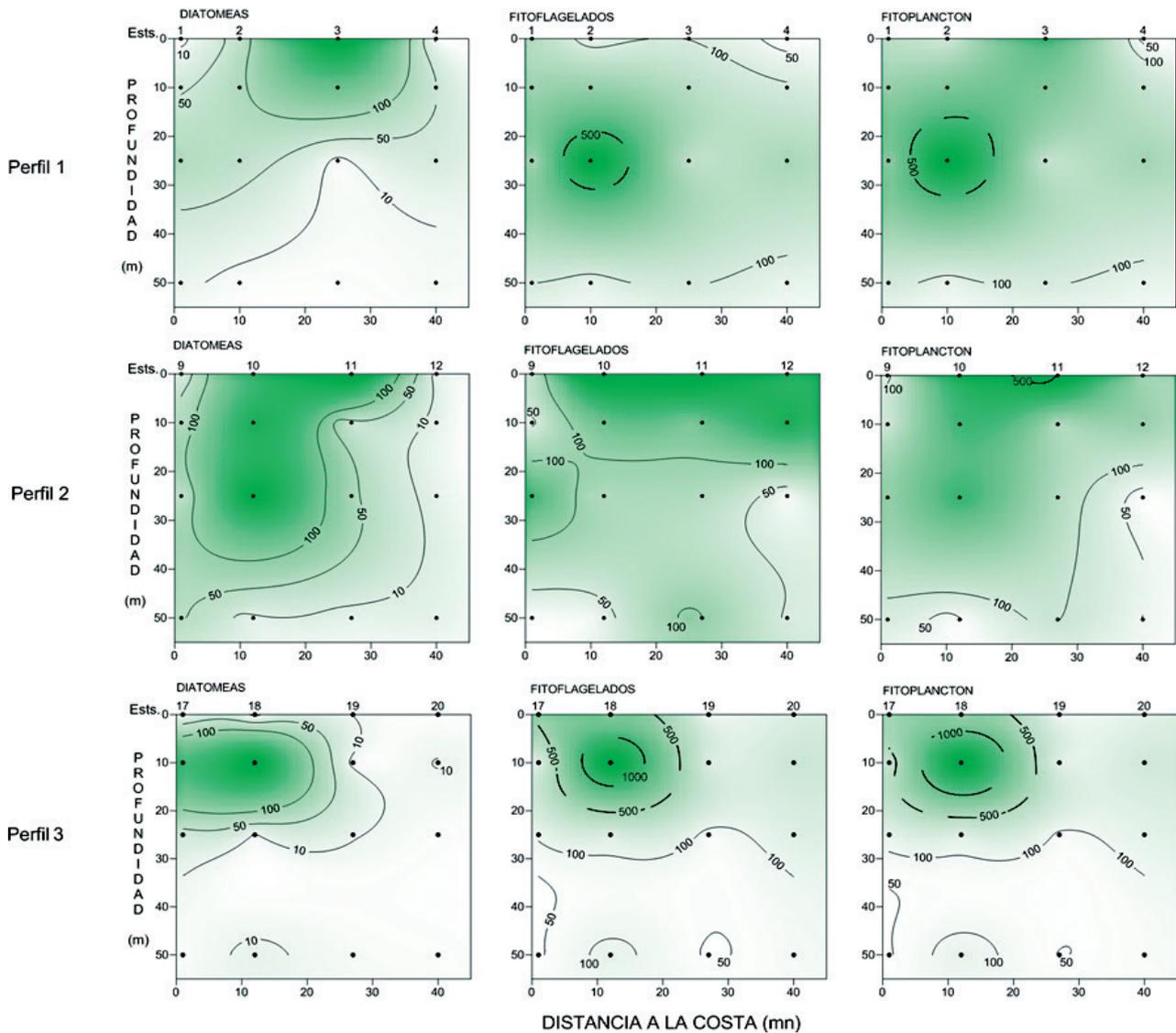


Figura 8.- Distribución vertical de abundancia de diatomeas, fitoflagelados y fitoplancton (cel.mL<sup>-1</sup>). ANTAR XXI, 2013

El análisis comunitario de BRAY – CURTIS en superficie (0 m) originó la formación de tres grupos a una similaridad del 50%. El grupo 1 conformado principalmente por las estaciones costeras localizadas al borde de las islas Shetland del sur entre la isla Rey Jorge y la isla Greenwich y la estación al sureste de isla Decepción (Fig. 9). Aquí destacó por abundancias el nanofitoplancton con un máximo de 486 cel.mL<sup>-1</sup> dado por los fitoflagelados ND, en tanto que el aporte del microfitoplancton fue menor destacando *Thalassiosira bulbosa* con 368 cel.mL<sup>-1</sup>.

El Grupo 2 reunió la mayoría de las estaciones en la parte central del estrecho y reportó el predominio del nanofitoplancton por abundancias (55 a 431 cel.mL<sup>-1</sup>). Dentro del microfitoplancton se evidenció un mayor número de especies de diatomeas con abundancia máxima de *Thalassiosira* spp. (307 cel.mL<sup>-1</sup>) y en los dinoflagelados destacó *Gymnodinium frigidum* (0,920 cel.mL<sup>-1</sup>).

El grupo 3 (estaciones 12, 18 y 20) estuvo conformado por las estaciones localizadas al centro del estrecho de Bransfield, entre las islas Astrolabio y Rey Jorge, sobresaliendo por sus abundancias los organismos del nanofitoplancton con valores entre 175 y 607 cel.mL<sup>-1</sup>. Este grupo fue el que reportó el menor número de especies entre diatomeas y dinoflagelados con valores celulares que no sobrepasaron las 360 cel.mL<sup>-1</sup>.

#### 4. DISCUSIÓN

En el verano austral 2013 en la región de la Antártida, se evidenció predominio de las concentraciones celulares (cel.L<sup>-1</sup>) del nanofitoplancton autotrófico (<20 μm), característica que se ha observado en ANTAR II, III, IX y X, dejando en segundo lugar a las diatomeas. La inestabilidad en la columna de agua y mezcla vertical habría favorecido el predominio de los microflagelados (KOPCZYNSKA 1992), con valores relativamente bajos de diversidad, menores a 1,73 bits.cel<sup>-1</sup>.

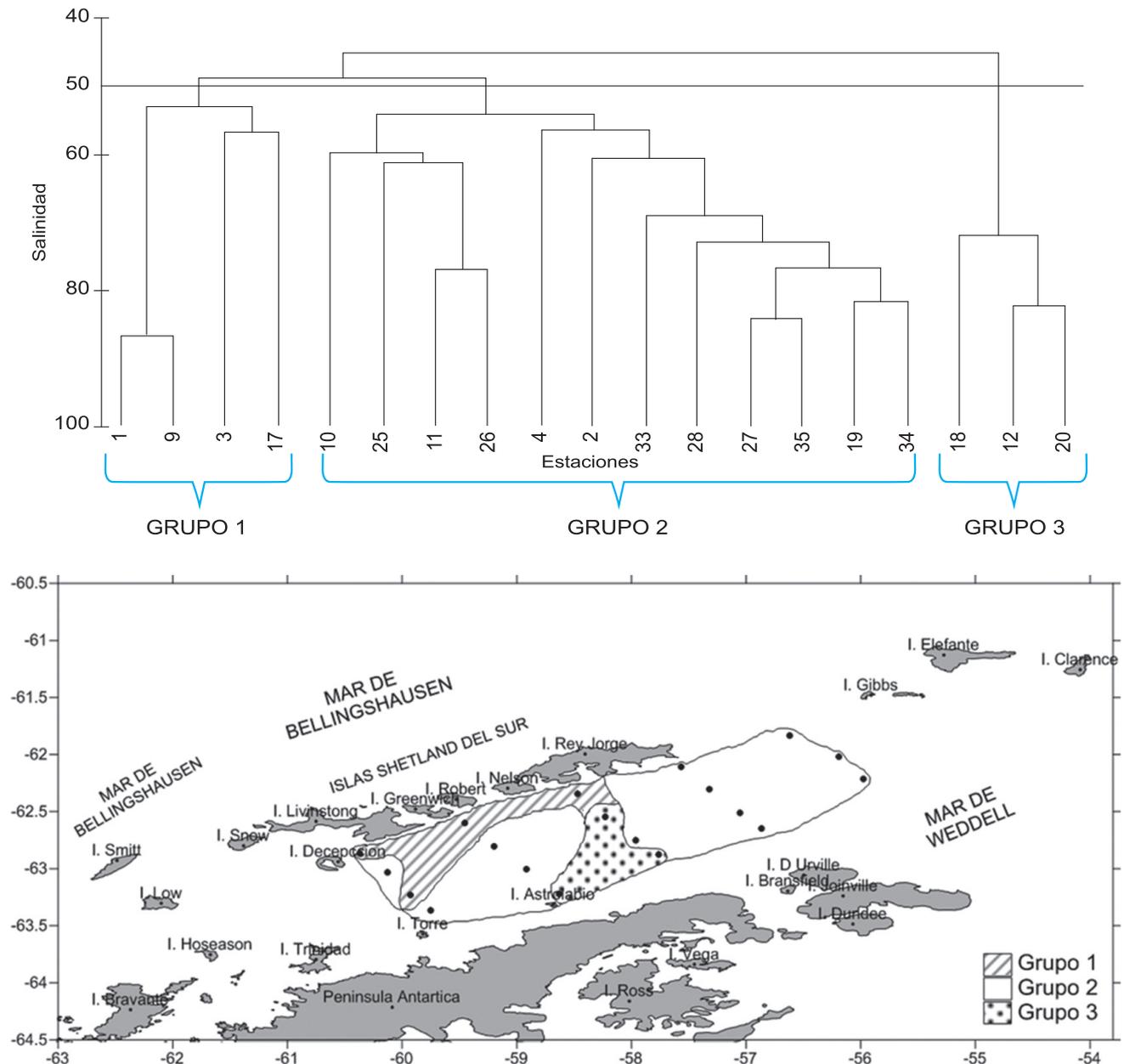


Figura 9.- Dendrograma y grupos de similaridad (BRAY-CURTIS) a 0 m. ANTAR XXI, 2013

HOLM-HANSEN y MITCHELL (1991), HONG et al. (1991) y CLARKE y LEAKEY (1996), determinaron algunos factores que causan respuestas biológicas que se reflejan en la composición y distribución de la comunidad fitoplanctónica como son la permanencia y cobertura de hielo en el continente Antártico, los largos períodos de invierno seguidos de veranos fríos, los deshielos y el cambio climático.

La hidrografía de la zona es una característica muy importante y repercute en la distribución y biogeografía de las comunidades fitoplanctónicas (BONICELLI et al. 2008, TORRES et al. 2006), cuya distribución está asociada a las masas de agua del mar de Bellingshausen y del mar de Weddell (TOKARCZYK

1987, NIILER et al.1991, GARCÍA et al. 1994, 2002; LÓPEZ et al. 1999). Se determinó que las mayores concentraciones celulares en promedio (213 cel. mL<sup>-1</sup>) del nanofitoplancton autotrófico se localizaron al Este, entre las islas Nelson y Decepción asociadas al Mar de Weddell, y en la parte central (Est.18) frente al estrecho de Bransfield, mientras que las menores concentraciones (138 cel. mL<sup>-1</sup>) se localizaron al oeste del estrecho, entre las islas Gibbs y Rey Jorge asociadas al mar de Bellingshausen, distribución muy semejante a la registrada por BONICELLI et al. (2008).

A su vez, las diatomeas alcanzaron las mayores concentraciones celulares (120 cel.mL<sup>-1</sup>) al oeste del estrecho, asociadas al mar de Bellingshausen mientras

que al Este, se localizaron densidades menores, condiciones semejantes detectadas por FIGUEIRAS et al. 1998. Esta baja contribución de las diatomeas estaría asociada a procesos de mezcla entre ambas masas de agua debido a que los valores de T °C si bien eran bajos (<1 °C) típico de masas de agua del mar de Weddell, las salinidades en su mayoría eran <34 ups del mar de Bellingshausen.

SCHYELMEIER y ALEXER (1981), HOLM-HANSEN y MITCHELL (1991), KARL et al. (1991) afirmaron que las diatomeas están mejor desarrolladas entre diciembre y enero, en donde se desarrollarían los “blooms” de verano, evento que sólo se observó en la primera expedición (ANTAR I) registrado por GÓMEZ (1988).

NUCCIO et al. (1992), catalogaron como áreas de alta productividad a los estratos arriba de los 50 m de profundidad con concentraciones de 250 cel.mL<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos en la presente expedición, evidenciaron alta producción biológica localizada principalmente por encima de los 25 m de profundidad en las regiones más costeras (islas Shetland del sur) con concentraciones superiores a 700 cel.mL<sup>-1</sup> y menor producción cerca de la península Antártica.

En cuanto a la distribución espacial del fitoplancton, ha resaltado la existencia de dos grupos de comunidades, uno correspondiente a áreas cercanas a la costa, sobre la influencia de los deshielos, densas poblaciones de pennatas, mientras que en las estaciones asociadas a la plataforma continental se encontrarían las diatomeas centrales (TANIGUCHI et al. 1976, SCHYELMEIER y ALEXER 1981, KIM et al. 1991). En esta oportunidad las estaciones cercanas a las islas Shetland del sur, se han caracterizado por predominancia de diatomeas como *Thalassiosira antarctica*, *Thalassiosira* spp. *Th. bulbosa*, seguida de algunas pennatas como *Thalassiothrix antarctica*, *Pennata* spp., *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Ceratoneis closterium* (*Cylindrotheca closterium*), entre otras.

## 5. CONCLUSIONES

La distribución biogeográfica de la comunidad del fitoplancton en la región antártica, estuvo influenciada por las masas de agua de los mares de Weddell y Bellingshausen.

El nanoplancton autotrófico (<20 µm) alcanzó las mayores abundancias localizadas al Este y parte central del estrecho de Bransfield, mientras que las diatomeas representaron el segundo componente importante con altas concentraciones celulares al oeste del estrecho de Bransfield (mar de Bellingshausen). Las densidades menores de este grupo, estuvieron relacionadas a procesos de mezcla de masas de agua del mar de Weddell y el mar de Bellingshausen.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los profesionales del Laboratorio de Fitoplancton que apoyaron en los análisis de las muestras así como a la Blga. Nelly Jacobo por la elaboración de los gráficos.

## 7. REFERENCIAS

- ANTONIETTI E. 1989. Microplancton del estrecho de Bransfield. Verano de 1989 (Perú ANTAR II). Informe Científico de la Segunda Expedición Peruana a la Antártida. pp. 9-44.
- BALECH E. 1973. Segunda Contribución al conocimiento del microplancton del mar de Bellingshausen. Contribución del Instituto Antártico Argentino (107): 80 p.
- BALECH E. 1971. Microplancton de la Campaña Oceanográfica Productividad III. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Hidrob. 3(1): 75 p.
- BALECH E. 1958. Plancton de la Campaña Antártica Argentina. 1954-1955. Buenos Aires. Physis 21(60): 60 p.
- BONICELLI J, LÓPEZ D, OCHOA N, SHREEVE R. 2008. Estructura comunitaria del zooplancton asociada con el fitoplancton y las masas de agua del Estrecho de Bransfield y la isla Elefante durante el verano austral del 2006. Ecología Aplicada, 7(1,2): 159-164.
- BRINTON E. 1991. Distribution and population structures of immature and adult *Euphausia superba* in the western Bransfield Strait region during the 1986-87 summer. Deep-Sea Research. 38: 1169-1194.
- BURKOLDER P, SIEBURTH J. 1961. Phytoplankton and chlorophyll in the Gerlache and Bransfield Strait of Antarctica. Limnol. Oceanog. Vol. 6: 45-52.
- CLARKE A, LEAKEY R. 1996. The seasonal cycle of phytoplankton, macronutrients and the community in a nearshore antarctic marine ecosystem. In: Limnology and Oceanography. 41 (6):1281-1294.
- DELGADO E. 2004. Flora planctónica al noroeste de la Península Antártica. Verano austral 2003. Inf Inst Mar Perú Vol.32 (4): 351-358.
- DELGADO E. 1999. Fitoplancton del estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el verano austral 1998. Resultados del programa de Investigación Antártica del Instituto del Mar del Perú Verano Austral 1998. Perú ANTAR IX. Segunda parte. Crucero BIC Humboldt 9801. Inf Inst Mar Perú 145: 7-46.
- FERREYRA G, FERRARIO M. 1983. Observaciones Sistemáticas y Autoecológicas sobre Diatomeas Antárticas. I. *Coscinodiscus asteromphalus*. Ehr. Contribución N° 127. Dir. Nac. Inst. Antártico argentino. Bs. As. 120 p.
- FIGUEIRAS FG, ESTRADA M, LÓPEZ O, ARBONES B. 1998. Photosynthetic parameters and primary production in the Bransfield Strait: relationships with mesoscale hydrographic structures. Journal of Marine Systems. 17: 129-141.
- FRENGUELLI J. 1960. Diatomeas y Silicoflagelados recogidos en Tierra Adelie durante las expediciones Polares Francesas de Paul Emile Victor (1950-1952). Revue Algologique. Nouvelle Serie. 5(1): 75 p.
- FRENGUELLI J. 1943. Diatomeas de las Orcadas del sur. Revista del Museo de La Plata. Tomo V. Botánica (21). Inst. Museo Antártico Argentino. Publicación N° 5: 110 p.

- FRENGUELLI J, ORLANDO H. 1958. Diatomeas y Silicoflagelados del Sector Antártico Sudamericano. Instituto Antártico Argentino. Publicación N° 5: 98 p.
- GARCÍA M A, CASTRO C G, RÍOS A F, DOVAL M D, ROSÓN 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. 49: 585-602.
- GARCÍA M A, LÓPEZ O, SOSPEDRA J, ESPINO M, GRACIA V, MORRISON G, ROJAS P, FIGA J, PUIGDEFÁBREGAS J, ARCILLA A S. 1994. Mesoscale variability in the Bransfield Strait Region Antarctica. During Austral summer. Ann. Geophysicae. 12: 856-867.
- GÓMEZ O. 1991. Microplankton del Estrecho de Bransfield durante el verano de 1991. Informes Científicos de la III Expedición del Perú a la Antártida, Comisión Nacional de Asuntos Antárticos (CONAAN). pp. 109-164.
- GÓMEZ O. 1988. Microplankton del Estrecho de Bransfield durante el verano de 1988. Scientific Report of First Peruvian Expedition to Antarctica. National Commission of Antarctic Affairs (CONAAN). 115-170.
- HASLE G R, SVVERTSEN E. 1985. A guide to Marine Planktonic Diatoms. International Phytoplankton Course 1-21 July 1985. Stazione Zoological Naples. 75 p.
- HASLE G R. 1965 (a). *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes II. The group *Pseudonitzschia*. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps- Akademi I Oslo I. Mat.-Naturv. Klasse. Ny Serie N° 18. 67 p.
- HASLE GR. 1965(b). *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscope III. The genus *Fragilariopsis*. Skr. Norske Videnskaps Akademi I Oslo I. Mat. - Naturv. Klasse. Ny Serie N° 21:49.
- HASLE G R. 1964. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes I. Some marine species of the group *Nitzschia*. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps -Akademi I Oslo I. Mat.-Naturv Klasse. Ny Serie N° 16: 55 p.
- HECQ J H, GUGLIELMO L. 1992. Structure and functioning of the Ross Sea Pelagic Ecosystem: An interdisciplinary approach. En: Oceanografía en Antartica. Gallardo VA, O. Ferrati O, Moyano H. (eds.). Proyecto Antártica - Italia. Centro EULA. U. Concepción, Chile. pp. 227-233.
- HENDEY I. 1937. The Plankton diatoms of the Southern Seas. Discovery Reports Vol. XVI: 151-364.
- HOLM-HANSEN O, MITCHELL G. 1991. Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait Region. Deep Sea Research. Vol. 38 (8-9): 961-980.
- HONG G H, KIM D Y, CHUNG H, PAE S. 1991. Coastal and inshore water interactions, mixing and primary productivity in the Bransfield Strait. Antarctica during austral summer 1989-90. Korea Journal of Polar Research. 2(1): 43-89.
- HUNTLEY M E, BRINTON E, LÓPEZ M D G, TOWNSEND A, NORDHAUSEN W. 1990. RACER: Fine-scale and mesoscale zooplankton studies during the spring bloom, 1989. Antarctic Journal of the United States. 25: 157- 159.
- IBÁÑEZ F, SEGUIN F. 1972. Etude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyses multivariées: composantes principales. Inv. Pesq. 36:81-108.
- KARL D M, HOLM-HANSEN O, TAYLOR G, TIEN G, BIRD D F. 1991. Microbial biomass and productivity in the western Bransfield Strait. Antarctica during the 1986-87 austral summer. Deep-Sea Research 38(8-9): 1029-1055.
- KIM Y D, KIM S, IL YOO K, HAN M S, KIM Y O. 1991. Distribution and abundance of planktonic organisms in Bransfield Strait, during austral summer 1989-1990. Korea Journal of Polar Research 2(1): 17-27.
- KOPCZYNSKA E. 1992. Dominance of microflagellates over diatoms in the Antarctic areas of deep vertical mixing and krill concentrations. Journal of Plankton Research 14(8): 1031-1054.
- LÓPEZ O, GARCIA M A, GOMIS D, ROJAS P, SOSPEDRA J, ARCILLA A S. 1999. Hydrographic and hydrodynamic characteristics of the eastern basin of the Bransfield Strait (Antarctica). Deep-Sea Research. 46: 1755-1778.
- NIILER P P, AMOS A, HU J H. 1991. Water masses and 200 m relative geostrophic circulation in the western Bransfield Strait region. Deep-Sea Res. 38: 943-959.
- NUCCIO C, INNAMORATI M, LAZZARA L, MORI G. 1992. Poblaciones de fitoplancton en Bahía Terra Nova, Mar de Ross. En: Oceanografía en Antártica. Gallardo VA, Ferrati O, Moyano H (eds.) ENEA. Proyecto Antártica-Italia. Centro EULA. U. Concepción - Chile. pp. 253-262.
- OCHOA N, GÓMEZ O, BAYLÓN M. 2007. Fitoplancton del Estrecho de Bransfield e Isla Elefante, durante el verano austral 2006. Inf. Final COPEPOD I. Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSA.
- PRIDDLE J, FRYXELL G. 1985. Handbook of the Common Plankton Diatoms of the Southern Ocean: Centrales except genus *Thalassiosira*. British Antarctic Survey. 159 p.
- SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2001 (a). El Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante durante el verano austral 1999 y sus cambios durante 1988-1999. Inf Inst Mar Perú N°163: 59-72.
- SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2001 b. El Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante durante el verano austral 1999. Rev. Peruana de Biología. 8 (1): 23-37.
- SCHVELMEIER L, ALEXEYER V. 1981. An analysis of the influence of ice on spring phytoplankton population structure in the south-east Bering Sea. Limnol. Oceanogr. 26(5): 935-943.
- SHANNON C, WEAVER W. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press Urbana 125 p.
- SVVERTSEN E. 1977. *Thalassiosira rotula* and *T. gravida*. Ecology and morphology. Simonsen R. (ed.) Fourth Symposium on Recently Fossil Marine Diatoms Oslo August 30 -Sept. 3, 1976. Proceeding 1977. Bound Beiheft 54. Zur Nova Hedwigia. VIII. 414 p.
- SVVERTSEN E, HASLE G. 1983. The diatoms genus *Eucampia*. Morphology and Taxonomy Bacillaria 6. Braunschweig J. Cramer. 512 p.
- TANIGUCHI A, SATO K, KOYAMA A, FUKUCHI M. 1976. Phytoplankton communities in the Bering Sea and adjacent seas. I. Communities in early warming season in Southern areas. J. Oceanogr. Soc. Jap. 32(3): 93-106.
- TENORIO J. 2006. Resultados condiciones físicas oceanográficas en la expedición ANTAR XVI. Informe anual del proyecto COPEPOD I.

- TOKARCZYK R. 1987. Classification of water masses in the Bransfield Strait and Southern part of the Drake Passage using a method of statistical multidimensional analysis. *Pol. Polar. Res.* 8: 333-366.
- TORRES G, PALACIOS C, CALDERÓN T, RECALDE S. 2006. Interacción del fitoplancton y zooplancton y sus condiciones oceanográficas durante el Verano Austral 2004 (Isla Greenwich-Antártica). *Revista Tecnológica ESPOL*, 19(1): 153-160
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitative phytoplankton methodik. *Mitt Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-39.
- WEBER L H, EL-SAYED S Z. 1987. Spatial variability of phytoplankton biomass in the Indian sector of the Southern Ocean. *Antarctic Journal USA* 16(5): 135-136.
- ZHOU M, NORDHAUSEN W, HUNTLEY M E. 1994. ADCP measurements of the distribution and abundance of Euphausiids near the Antarctic Peninsula in winter. *Deep- Sea Research.* 41: 1425-1445.

# ANÁLISIS DE LA META-ESTRUCTURA COMUNITARIA DEL MACROBENTOS DE FONDO BLANDO EN LA BAHÍA ALMIRANTAZGO, ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE

## ANALYSIS OF THE META STRUCTURE COMMUNITY OF MACROBENTHOS BOTTOM SOFT IN ADMIRALTY BAY, BRANSFIELD STRAIT AND AROUND ELEPHANT ISLAND

Luis Quipuzcoa<sup>1</sup>

Robert Marquina

Williams Yupanqui

### RESUMEN

QUIPUZCOA L, MARQUINA R, YUPANQUI W. 2016. Análisis de la meta-estructura comunitaria del macrobentos de fondo blando en la bahía Almirantazgo, estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 183-193.- Se obtuvieron estimaciones de abundancia y biomasa bentónica, en seis estaciones entre 40 y 510 m de profundidad en la bahía Almirantazgo (BA); dos estaciones a 65 y 115 m alrededor de isla Elefante (IE) y una estación a 96 m de profundidad frente a isla Astrolabio (IA). El mayor esfuerzo se realizó en BA, caracterizada por sedimentos fango arcilloso ligeramente compactos y con mucho contenido de piedras. Núcleos de abundancia superiores a 4.000 ind.m<sup>-2</sup> se observaron a menos de 400 m; inversamente la biomasa registró máximos valores a mayor profundidad. Tanto en BA como en IA, dominaron numéricamente Polychaeta (67%) y Amphipoda (12%). En biomasa al interior de BA resaltaron los Bivalvia (34%), Sipuncula (27%) y Polychaeta (23%). Alrededor de IE la estación profunda registró la mayor diversidad, caracterizada en 90% por Polychaeta. Es importante el aporte de Porífera frente a la Estación Científica Antártica Machu Picchu (ECAMP). Otros grupos frecuentes fueron Echinodermata Asteroidea (BA), Ofiuroidea relevantes en biomasa en la E12 (IA) y Holothuroidea dominante en A1. Las clases Ascidiacea y Porífera, estuvieron representadas por especies solitarias, algunas de gran tamaño (F y E12). Pequeños Cnidaria-Actiniaria fueron observadas en BA con poca abundancia y biomasa. Los moluscos numéricamente menores, estuvieron representados por cuatro clases: Gasterópoda, Bivalvia, Polyplacophora y Scaphopoda.

PALABRAS CLAVE: Macrobentos, abundancia-biomasa, bahía Almirantazgo, islas Rey Jorge y Shetland

### ABSTRACT

QUIPUZCOA L, MARQUINA R, YUPANQUI W. 2016. Analysis of the meta structure community of macrobenthos bottom soft in Admiralty Bay, Bransfield Strait and around the Elephant Island. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 183-193.- We obtained estimates of abundance and benthic biomass, in six stations between 40 - 510 m of depth in Admiralty Bay (AB); two stations at 65 and 115 m around Elephant Island (EI) and a station at 96 m depth off Astrolabe Island (AI). Every effort was made in AB, characterized by slightly compact silty mud sediment and with great content of stones. Nucleus of abundance exceeding 4 000 ind.m<sup>-2</sup> are observed to less than 400 m; different the biomass recorded maximum values at greater depths. Both AB and AI, numerically dominated Polychaeta (67%) and Amphipoda (12%). In biomass inside AB highlighted the Mollusca Bivalvia (34%), Sipuncula (27%) and Polychaeta (23%). Around EI deep station recorded the greatest diversity, characterized by 90% by the Polychaeta. Important is the contribution of Porifera opposite the Station Scientific Antarctic Machu Picchu (ECAMP). Other frequent groups were Echinodermata Asteroidea (AB), relevant Ofiuroidea on biomass in the E12 (AI) and dominant Holothuroidea in A1. Class Ascidiacea as Porifera, were represented by solitary species, some large (F and E12). Small Cnidaria-Actiniaria were observed in AB with low abundance and biomass. Four classes represented numerically smaller mollusk: Gastropod, Bivalvia, Polyplacophora and Scaphopoda.

KEYWORDS: Macrobenthos; abundance-biomass; Admiralty bay, King George Island, South Shetland Islands

## 1. INTRODUCCIÓN

El continente antártico por su condición geográfica es particularmente difícil de acceder además, presenta condiciones muy adversas que dificultan el desarrollo de programas de investigación temporal y espacialmente sostenidos; sin embargo, el esfuerzo logístico-económico y sobre todo científico por alcanzar un mayor entendimiento sobre este ecosistema lo hace atractivo a la vista de muchos países.

Si bien es cierto existe un principal interés en el krill por ser de importancia comercial, es también importante comprender procesos ecológicos no solo del subsistema pelágico sino también del subsistema bentónico y sus interacciones que se presentan en áreas específicas de estudio.

En los últimos años, el interés en conocer la diversidad y ecología del bentos antártico se ha intensificado (SICIŃSKI 2004, SMALE 2008b). En lo que respecta a la

<sup>1</sup> Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático, Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Biológica, Laboratorio de Bentos Marino-IMARPE, lquipuzcoa@imarpe.gob.pe

participación peruana en este campo de investigación es aún muy limitada y las pocas investigaciones realizadas se concentran en áreas someras frente a la Estación Científica Antártica Machu Picchu (ECAMP). En la expedición ANTAR XVII (2007) y con el BIC Humboldt, se realizó el Proyecto: Caracterización de la biodiversidad en la ensenada Mackellar y la parte profunda de la Bahía Almirantazgo (BA). El mencionado proyecto fue conducido por el INANPE con participación del Instituto del Mar del Perú y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y realizado en cooperación con el Programa Antártico Nacional de Brasil (PROANTAR). Se dio énfasis a la caracterización de la diversidad biológica bentónica con análisis de distribución espacial de las principales comunidades; desde entonces hasta el 2013 esta actividad se ha repetido en la misma localidad.

En este contexto y como actividad científica dentro del programa de investigación antártico durante la Campaña ANTAR XXI-2013 (BIC Humboldt) se planteó la necesidad de implementar estudios relacionados con material bentónico proveniente de sustrato blando profundo dentro de la BA, sedimentos igualmente asociados a una pesca demersal (capturas obtenidas mediante arrastres demersales) frente a isla Elefante (IE) y en puntos posibles de dragar dentro del estrecho de Bransfield (EB). Con esta finalidad se formó un equipo de trabajo que permitió clasificar el material por grupos taxonómicos mayores y que con datos aportados por otras disciplinas, se emprendió diversos estudios

como distribución geográfica, batimétrica en función del sustrato de las distintas especies, sus asociaciones y cartografía de las comunidades más evidentes.

Los resultados están relacionados a las estimaciones de abundancia y biomasa bentónica obtenida en la mega estructura comunitaria que permitirán la elaboración de posteriores trabajos más específicos.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD

La BA es la bahía más grande de la isla Rey Jorge, islas Shetland del sur, cubriendo un área de 120 km<sup>2</sup> (Tabla 1 Anexo, Fig. 1). Se encuentra entre los 62°04'-62°14'S y 58°14'-58°38'W, a 750 km al sureste de América del sur. La profundidad máxima de la bahía es aproximadamente 600 m (JAZDZEWSKI et al. 1986). Presenta tres entradas o ensenadas, dos situadas en la parte norte (Mackellar y Martel) y la ensenada Ezcurra en su parte occidental. En la parte sur, la bahía forma una abertura amplia en el estrecho de Bransfield (PRUSZAK 1980). Es justamente esta zona que despierta el interés de estudio y fue evaluada en un transecto comprendido del punto de fondeo del BIC Humboldt al borde inferior adyacente a la entrada colindante con el EB; la cobertura batimétrica fue de aproximadamente 40 – 510 m.

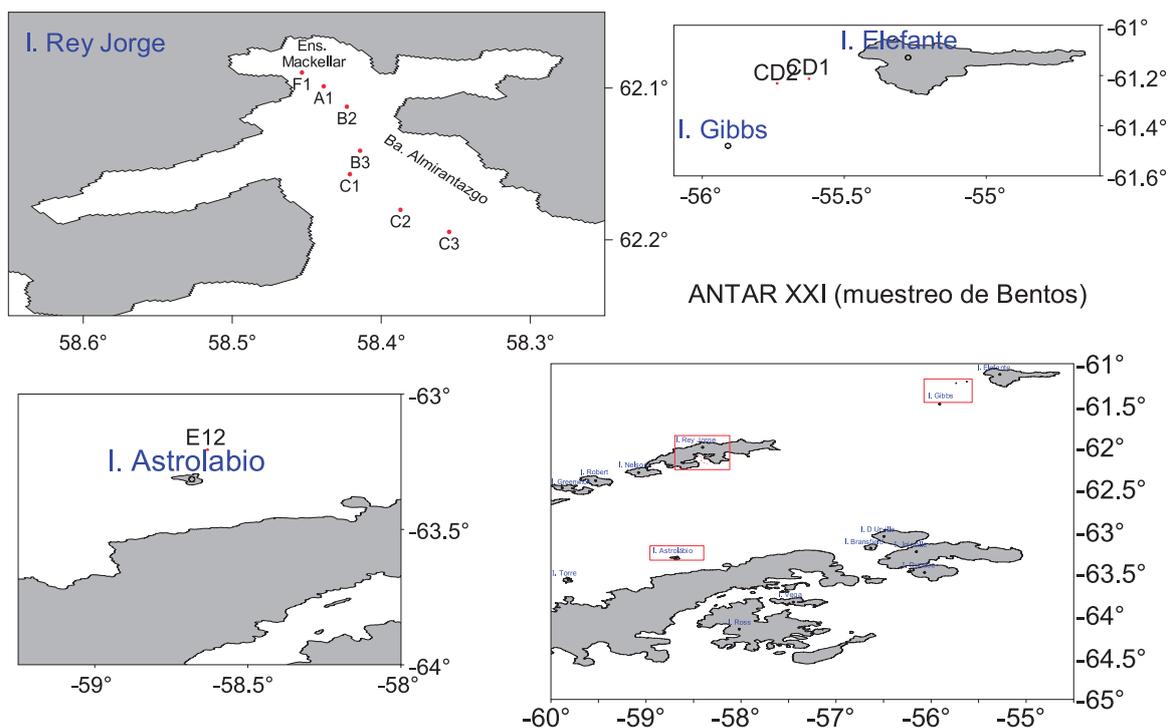


Figura 1.- Localización de las estaciones de muestreo con dragado en la bahía Almirantazgo, frente a las islas Astrolabio y Elefante. ANTAR XXI, 2013

La salinidad y la temperatura son relativamente estables a lo largo de la bahía. En el verano austral varía entre 33,8 y 34,3 ups y  $-0,4$  a  $0,9$  °C en la parte profunda (JAZDZEWSKI et al. 1986). Pequeños cambios en la salinidad, se producen principalmente por aporte de agua dulce de los glaciares y no tienen ningún efecto significativo en un eventual aumento del gradiente de densidad (PRUSZAK 1980). La bahía generalmente permanece congelada entre mayo y agosto; proceso asociado con el frío es la disminución del viento y por ende ausencia de ondas. A partir de noviembre se produce la ruptura del hielo y desaparece como resultado de olas intensas y fuertes vientos del norte (BRITO 1993). Se determinó un área frente a IE con posibilidad de rastreo, ejecutándose dos lanzamientos de draga a profundidades comprendidas entre 65 y 115 m. Frente a isla Astrolabio, se realizó un lanzamiento de draga a 96 m de profundidad.

### MUESTREO

Se utilizó una draga de  $0,075$  m<sup>2</sup> de superficie de colecta realizándose solo un lanzamiento positivo. Posteriormente, el contenido de cada dragado que superó en promedio el 80% de llenura, fue tamizado en una malla de  $500$  µm de abertura. Lo colectado fue colocado en frascos plásticos y fijados en formol saturado con bórax al 4%; adicionalmente, en cada dragado se tomó sub muestras para análisis sedimentológico y contenido de clorofila-a (Fig. 2).

Con relación a la biota obtenida, se procedió in situ a la limpieza y separación primaria por grandes taxa, en algunos casos se determinó nivel de familia (para el caso de Polychaeta). Paralelamente, en cada estación se realizó un lance de CTD, para obtener información oceanográfica de la columna de agua en cada estación (temperatura, densidad y salinidad).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE FONDO

La clorofila estimada en la E12 fue igual a 0,635 y un valor mínimo de  $0,215$  µg Chl-a/g se estimó en la cala C2 frente a IE.

En la BA los valores de temperatura variaron de  $0,25$  a  $1,05$  °C, con promedio  $0,51 \pm 0,37$  °C. La salinidad varió entre 34,101 y 34,532 ups, con promedio  $34,347 \pm 0,199$  ups. La densidad del agua de mar presentó valores entre  $27,319$  y  $27,717$  kg/m<sup>3</sup> con media igual a  $27,550 \pm 0,182$  kg/m<sup>3</sup>.

El contenido de clorofila-a en el sedimento presentó valores entre  $0,437$  y  $0,803$  µg Chl-a/g con promedio  $0,615 \pm 0,141$  µg Chl-a/g. De la mitad de la bahía a la entrada de la misma, se localizó el núcleo de mayor concentración. La materia orgánica total estimada varió de  $2,82$  a  $3,83\%$  ( $3,223 \pm 0,359\%$ ) datos proporcionados por el Laboratorio de Geología Marina (Tabla 2 Anexo, Fig. 3).



Figura 2.- Lanzamiento, recepción de draga, colecta de muestra y tamizado de sedimento. ANTAR XXI, 2013

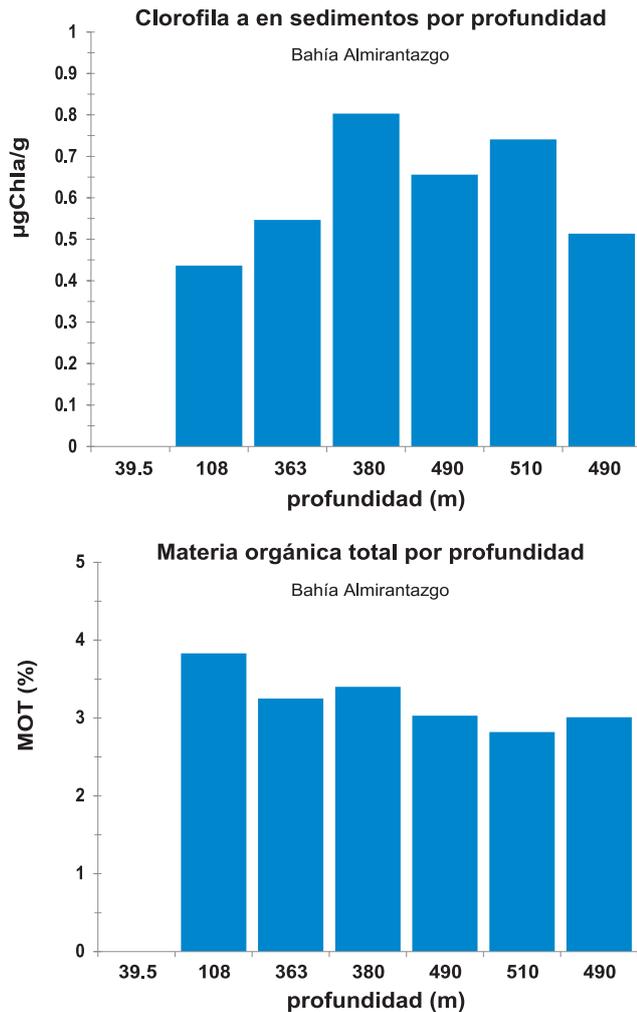


Figura 3.- Distribución del contenido de clorofila-a y de materia orgánica total en la bahía Almirantazgo. ANTAR XXI, 2013

**ASPECTOS BIOLÓGICOS**

Núcleos con densidad superior a 4.000 ind m<sup>-2</sup> se encontraron a profundidades menores a 400 m, todo lo contrario fue observado en la biomasa total ya que en las estaciones mayores a 400 m se registraron los máximos valores (>800 g m<sup>-2</sup>) (Fig. 4).

Particularmente, en BA se realizó el mayor esfuerzo de muestreo, efectuándose 6 estaciones en un transecto batimétrico de 39 a 510 m de profundidad. El muestreo consistió en un solo dragado-réplica; considerando que la textura de los sedimentos en BA es de tipo fango arcilloso ligeramente compacto y con mucho contenido de piedras, el muestreo con draga es apropiado, sin embargo, es recomendable el empleo de cajas nucleadoras (Box Corer).

La abundancia presentó un rango de 1.664 a 6.656 ind m<sup>-2</sup> (3.941±1.946 ind m<sup>-2</sup>). La biomasa varió entre 38,27 y 1.243,57 g.m<sup>-2</sup> (433,7±397,325 g.m<sup>-2</sup>).

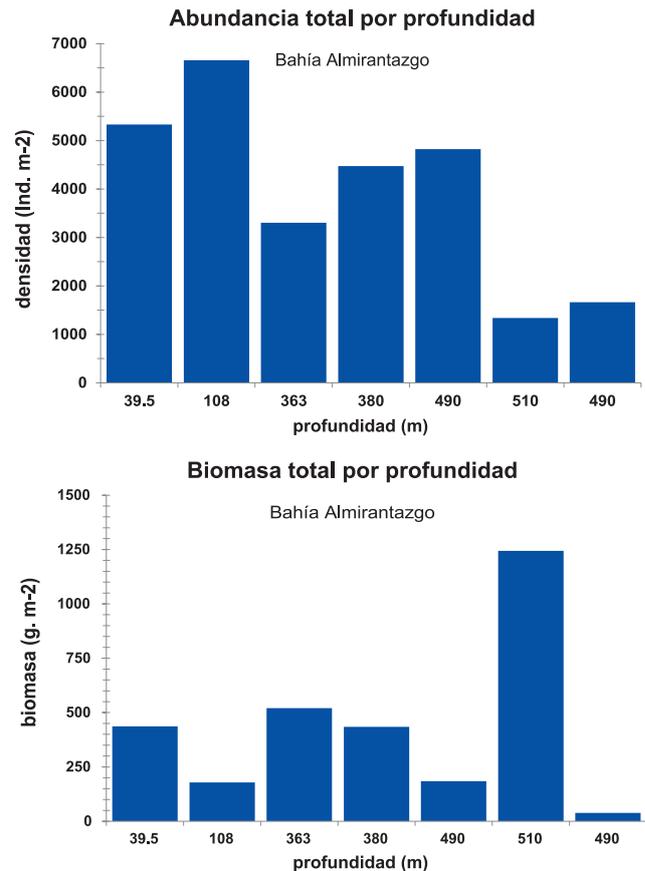


Figura 4.- Distribución de la abundancia y biomasa total en la bahía Almirantazgo. ANTAR XXI, 2013

Los grupos dominantes numéricamente fueron Polychaeta (67%) y Amphipoda (12%). En biomasa resaltaron los moluscos Bivalvia (34%), Sipunculida (27%) y Polychaeta (23%) (Figs. 5, 6, 7).

En la estación frente a la isla Astrolabio a 96 m de profundidad, se estimó la abundancia total de 5.837 ind.m<sup>-2</sup> y biomasa de 483,37 g.m<sup>-2</sup>. En número, el 67% correspondió a Polychaeta, 12% a Mollusca y 8% Amphipoda; en peso el 68% correspondió a otros grupos no determinados, y el 17% a Echinodermata.

Alrededor de IE y en concordancia con los primeros arrastres de pesca de fondo realizados en el ANTAR XXI para estudios de la diversidad bento-demersal (básicamente megabentos epifaunal), se realizó dos lanzamientos de draga donde se obtuvo muestra de macrofauna bentónica. En la estación-cala C1 realizada a 65 m se encontró solamente un nemertino en tanto que en la estación cala C2 a 115 m se registró mayor diversidad, caracterizada en un 90% por Polychaeta. (Figs. 5, 6, 7).

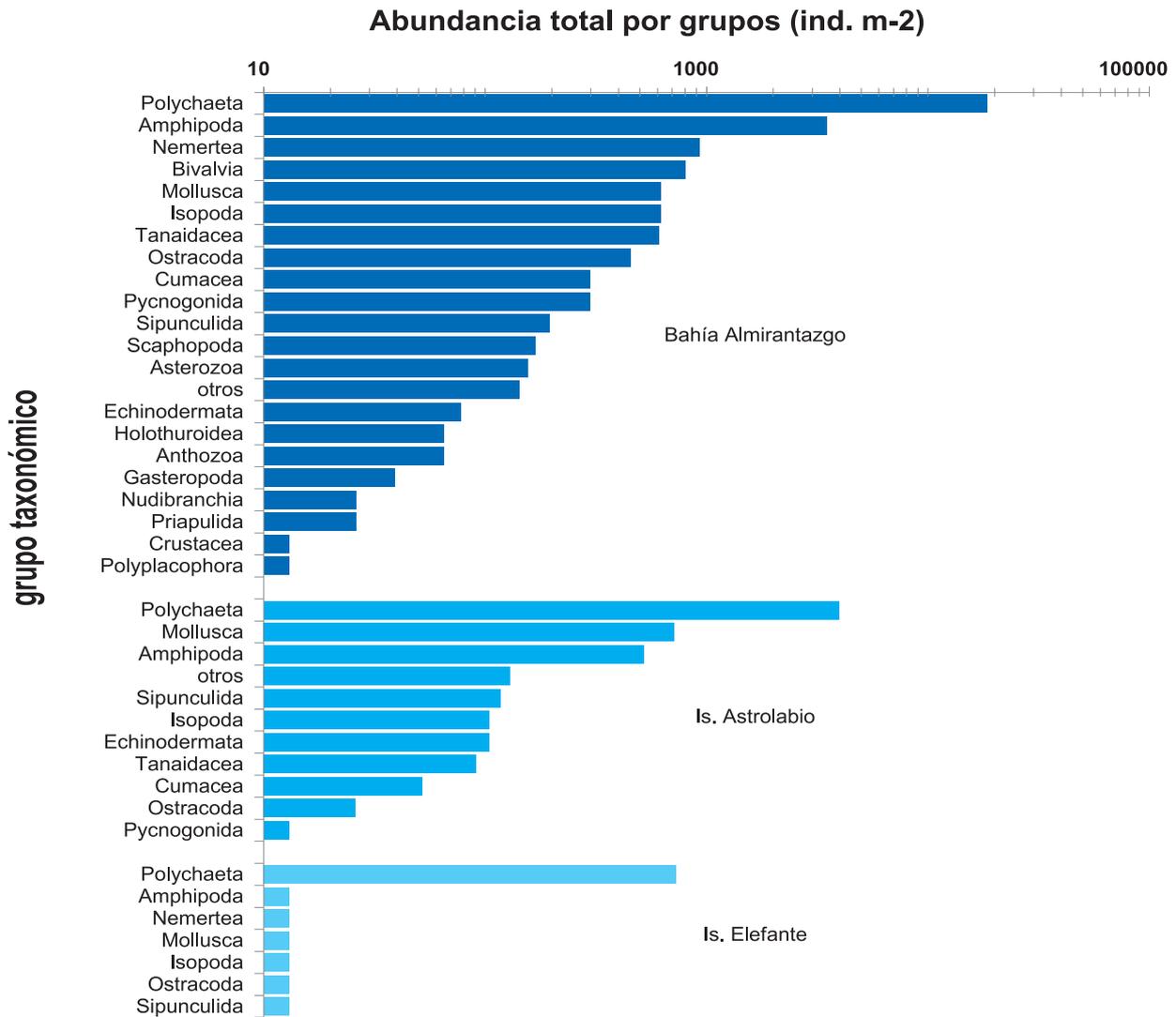


Figura 5.- Variación de la abundancia total por grupos taxonómicos. ANTAR XXI, 2013

**GRUPOS TAXONÓMICOS**

Existen fila que son considerados megafauna y en algunos casos son capturados por la draga de forma incidental, puesto que no son obtenidos con el equipo de muestreo apropiado para su estudio (red Agassiz). En las Tablas 3 y 4 (Anexos) se indica la abundancia y biomasa registrada por estación y grupo.

La presencia de poríferos, fue detectada frente a la ECAMP en la estación denominada fondeadero (F) y asociada a presencia de algas. Debido al muestreo con draga, éstas venían destruidas y se sabe que escasean en la plataforma con fondos fangosos.

Un grupo muy frecuente estuvo formado por los equinodermos asteroideos al interior de la BA. Los ofiuros tuvieron relevancia en biomasa en la E12 frente a isla Astrolabio. La clase Holoturoidea fue dominante en A1, probablemente debido a la mayor riqueza en fangos.

Las ascidias al igual que las esponjas, estuvieron representadas por especies solitarias y algunos ejemplares de gran tamaño (megafauna) son reportados en F y E12. Pequeñas actinias fueron observadas en BA con poca abundancia y biomasa.

Aunque con representantes en todas las islas, los moluscos se capturaron en número muy escaso, los ejemplares encontrados pertenecieron a cuatro clases: Gasterópoda, Bivalvia, Polyplacophora y Scaphopoda; se observaron entre 39 y 510 m de profundidad.

Los poliquetos constituyeron el grupo con mejor representatividad en todos los fondos evaluados, de esta composición el 85% se encontró en la BA. Registros del poliqueto cosmopolita *Sternaspis scutata* en todas las estaciones seguido de los gusanos bambú (maldánidos) son dominantes en diversidad infaunal (Tabla 5, Anexo).

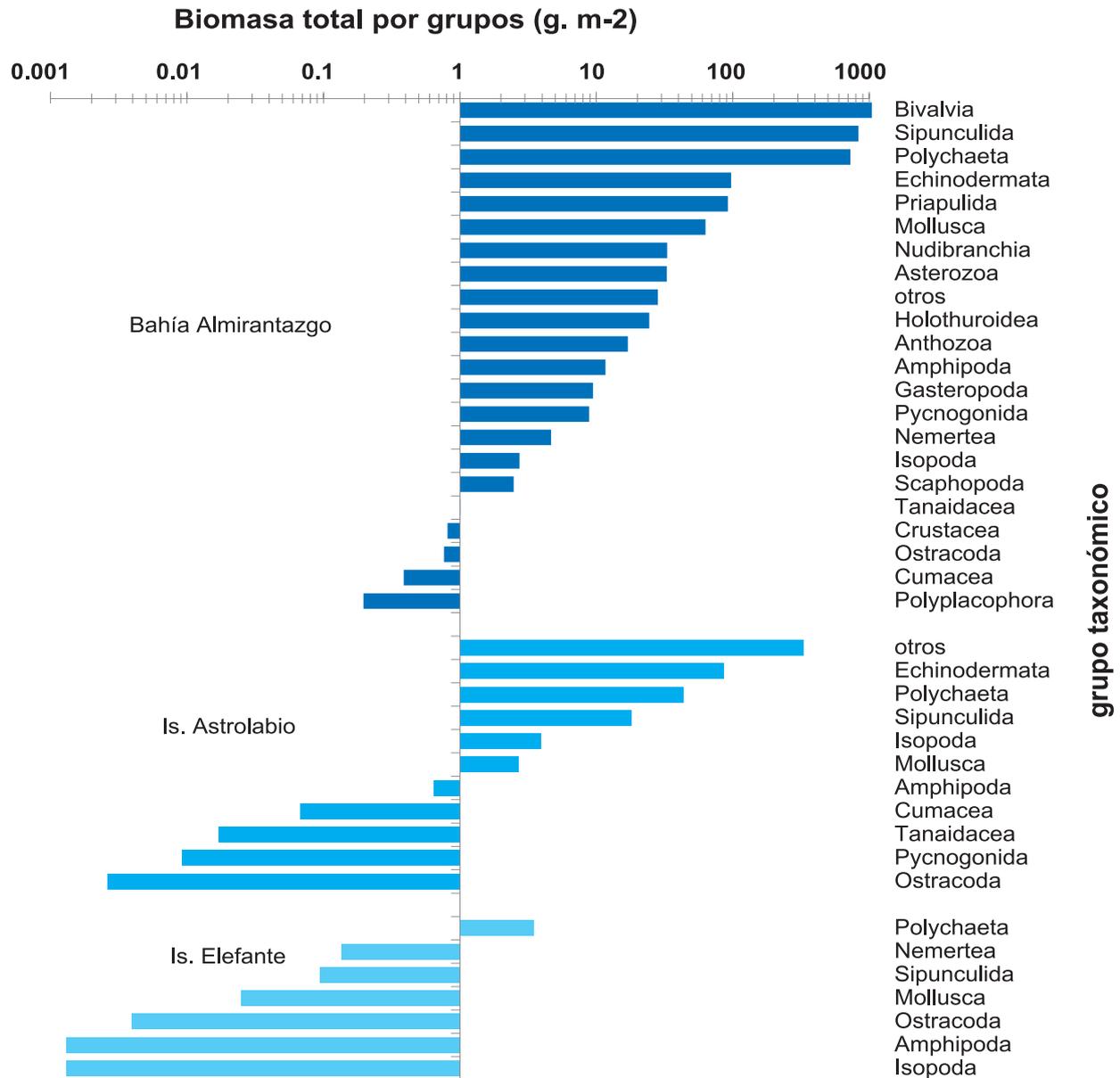


Figura 6.- Variación de la biomasa total por grupos taxonómicos. ANTAR XXI, 2013

En muchas áreas, por lo abrupto de sus fondos que son de naturaleza volcánica, imposibilita no solo la ejecución de arrastres sino también el manejo de dispositivos como la draga. Sin embargo, otros fondos están formados por depósitos sedimentarios finos, de tipo fango, que engloban gran diversidad de materiales con texturas muy variadas (cantos, gravas y arenas). La procedencia de estos materiales está relacionada con los aportes de los mecanismos glaciares. Como se ha podido observar, las comunidades que se instalan sobre este tipo de fondo están compuestas por diversidad de esponjas (sobre todo silíceas y córneas) de gran tamaño, ofiuros, estrellas y ascidias. A estos grupos dominantes acompañan erizos, pycnogónidos y crustáceos.

La mayor atención quizás ha sido puesta en estudios ecológicos que se han llevado a cabo en aguas poco profundas (<30 m) ambientes cuyos factores inherentes tales como la congelación de la zona intermareal y sublitoral superior y, la formación de hielo de fondo, influyen en gran medida en la distribución de la fauna y estructura de la comunidad. La diversidad, densidad y biomasa aumenta con la profundidad, como una función inducida principalmente por las diferencias sedimentarias y el deshielo (BROMBERG et al. 2000). La fauna del bentos antártico también es susceptible de otras características ambientales como el régimen de luz altamente estacional, expresado en la entrada de alimentos (ARNTZ et al. 1994). Un dato interesante resulta la densidad promedio del grupo dominante (Polychaeta) determinada en este estu-

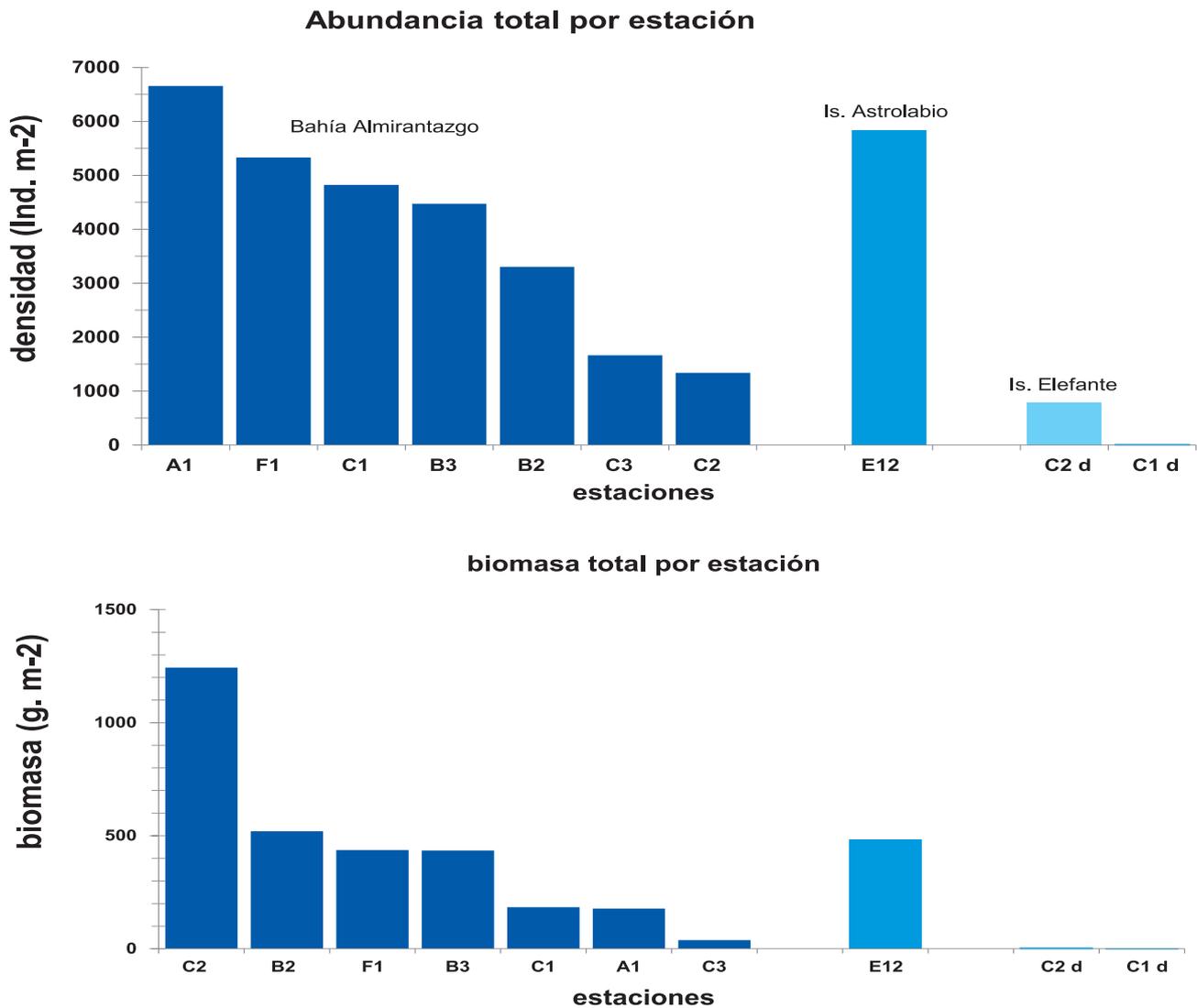


Figura 7.- Variación de la abundancia y biomasa total en las estaciones con muestreo de bentos. ANTAR XXI, 2013

dio, que es comparable a lo reportado por SICIŃSKI (2000) quien determinó la abundancia media de los poliquetos de la parte inferior suave del sublitoral en 120 ind.0,1 m<sup>2</sup>, con los máximos observados de 390 ind. 0,1 m<sup>2</sup>.

La BA ha sido durante muchos años un área para la investigación científica por parte de Bélgica, Brasil, Alemania y Polonia. Los poliquetos y anfípodos hacen que esta cuenca despierte un significativo interés, teniendo en cuenta la abundancia, biomasa y riqueza de especies, así como la diferenciación biológica de estos dos grupos dominantes de fondos blandos antárticos (JAZDZEWSKI et al. 1986, SICIŃSKI y JANOWSKA 1993).

#### 4. CONCLUSIONES

La abundancia de organismos del macrobentos de fondo blando presentó un rango de 1.664 – 6.656

ind.m<sup>2</sup> (3.941±1.946 ind.m<sup>2</sup>) y la biomasa varió entre 38,27 y 1.243,57 g.m<sup>-2</sup> (433,7±397,325 g.m<sup>-2</sup>).

Los grupos dominantes numéricamente fueron Polychaeta y Amphipoda con 67 y 12% respectivamente. En biomasa resaltaron los moluscos Bivalvia con 34%, Sipunculida con 27% y Polychaeta con 23%.

Los poliquetos constituyeron el grupo más representativo en todos los fondos evaluados, de esta composición general el 85% se encontró en la bahía Almirantazgo.

En la bahía Almirantazgo, los valores de temperatura de fondo estuvieron en un rango de 0,25 – 1,05 °C, con promedio 0,51±0,37 °C. La salinidad varió entre 34,101 y 34,532 ups, con promedio 34,347±0,199 ups.

## 5. REFERENCIAS

- ARNTZ W E, BREY T, GALLARDO A. 1994. Antarctic zoobenthos. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 32: 241–304.
- BRITO T A S. 1993. Taxonomic and ecological studies on Antarctic Octocorals of the genus *Thouarella* (Octocorallia: Primnoidae). Ph. D Thesis. Univ. Southampton, Southampton. 272 p.
- BROMBERG S, NONATO E F, CORBISIER T N, PETTI M A V. 2000. Polychaeta distribution in the near-shore zone of Martel Inlet, Admiralty Bay (King George Island, Antarctica). *Bull Mar Sci.* 6: 175–188.
- JAZDZEWSKI K, JURASZ W, KITTEL W, PRESSLER E, PRESSLER P, SICIŃSKI J. 1986. Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biol.* 6: 5-16.
- PRUSZAK Z. 1980. Current circulation in the waters of Admiralty Bay (region of Arctowski Station on King George Island). *Pol. Polar Res.* 1: 55–74.
- SICIŃSKI J. 2000. Polychaeta (Annelida) of Admiralty Bay: species richness, diversity, and abundance. *Polish polar research* 21 (3-4): 153-169
- SICIŃSKI J. 2004. Polychaetae of Antarctic sublittoral in the proglacial zone (King George Island, South Shetland Islands). *Pol Polar Res* 25:67–96.
- SICIŃSKI J, JANOWSKA E. 1993. Polychaetae of the shallow sublittoral of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. *Antarct. Sci.* 5:161–167.
- SMALE D A 2008. Continuous benthic community change along a depth gradient in Antarctic shallows: evidence of patchiness but not zonation. *Polar Biol.* 31: 189–198.

Tabla 1.- Datos básicos de las estaciones con dragado. ANTAR XXI, 2013

Localidad	Estación	Prof. (m)	Fecha	Posición		Prof. (m)	CTD		
				Latitud (S)	Longitud (W)		Temp. °C	Sal. ups	Dens. kg/m <sup>3</sup>
Frente a ECAMP (Fondeadero)	F1	40	13/02/2013	62.090	58.453	32	1,05	34,101	27,319
	A1	108	13/02/2013	62.099	58.439	93	0,76	34,181	27,403
	B2	363	13/02/2013	62.112	58.423	314	0,33	34,391	27,597
Bahía Almirantazgo	B3	380	19/02/2013	62.141	58.414				
	C1	489	19/02/2013	62.157	58.421				
	C2	510	19/02/2013	62.180	58.387	434	0,25	34,532	27,715
	C3	490	13/02/2013	62.195	58.354	467	0,19	34,530	27,717
Frente a Is. Astrolabio Cr. Pelágico	E12	96	16/02/2013	63.205	58.632	93	-0,88	34,396	27,660
Frente Is. Elefante Cr. Demersal	C1 d	65	09/02/2013	61.213	55.624	57	0,16	34,127	27,393
	C2 d	115	09/02/2013	61.231	55.736	97	-0,07	34,152	27,425

Tabla 2.- Datos básicos de las estaciones con dragado. ANTAR XXI, 2013

Localidad	Estación	Prof. (m)	Macrobentos			Sedimento		Características
			abun. ind/m <sup>2</sup>	biom. g/m <sup>2</sup>	clorofila µgChla/g	MOT %		
Frente a ECAMP (Fondeadero)	F1	40	5330	436.8351				Fango arcilloso pedregoso con abundante algas
	A1	108	6656	178.3041	0,437	3,83		
	B2	363	3302	520.2392	0,547	3,25		
Bahía Almirantazgo	B3	380	4472	434.4197	0,803	3,40		Fango arcilloso compacto pedregoso
	C1	489	4823	184.2594	0,656	3,03		
	C2	510	1339	1243.5709	0,741	2,82		
	C3	490	1664	38.2707	0,513	3,01		
Frente a Is. Astrolabio Cr. Pelágico	E12	96	5837	483.3712	0,635	2,49		Fango arcilloso compacto pedregoso
Frente Is. Elefante Cr. Demersal	C1 d	65	13	0.1352				Arenoso Predregoso
	C2 d	115	793	3.6088	0,215			

Tabla 3.- Abundancia total por estación y grupo taxonómico. ANTAR XXI, 2013

Densidad (ind. m <sup>-2</sup> )	Estación	Bahía Almirantazgo					Is. Astrolabio			Is. Elefante	
		Prof. (m)	F1	A1	B2	B3	C1	C2	C3	E12	C1 d
		39.5	108	363	380	490	510	490	96	65	115
<b>Phylum</b>	Annelida										
Clase	Polychaeta	1144	5941	2132	2899	4082	884	1391	3965		728
<b>Phylum</b>	Arthropoda										
Subphylum	Crustacea	13									
Clase	Malacostraca										
Orden	Amphipoda	2275	117	455	260	208	65	104	520		13
	Cumacea	208	0	65		26			52		
	Isopoda	416	52	13	39	52	26	91	104		13
	Tanaidacea	351	156	39	26	39			91		
Clase	Ostracoda	143	26	78	169	39			26		13
Subphylum	Chelicerata										
Clase	Pycnogonida			91	65	39	104		13		
<b>Phylum</b>	Mollusca	533						13	715		13
Clase	Bivalvia		104	143	208	234	117				
	Gasteropoda		13	13			13				
Orden	Nudibranchia	26									
Clase	Polyplacophora	13									
	Scaphopoda		13	52	39	39	26				
<b>Phylum</b>	Echinodermata	13	65						104		
Subphylum	Asterozoa	26	26	39	26	13	13	26			
Clase	Holothuroidea		65								
<b>Phylum</b>	Cnidaria										
Clase	Anthozoa		39		13	13					
<b>Phylum</b>	Nemertea	26	13	130	702	13	26	26		13	
<b>Phylum</b>	Sipunculida		26	52	13	13	65	13	117		13
<b>Phylum</b>	Cephalorhyncha										
Clase	Priapulida				13	13					
	otros		143							130	
<b>Phylum</b>	Nematoda					13		325	143	325	

Tabla 4.- Biomasa total por estación y grupo taxonómico. ANTAR XXI, 2013

Biomasa (g m <sup>-2</sup> )		Bahía Almirantazgo						Is. Astrolabio	Is. Elefante		
	Estación	F1	A1	B2	B3	C1	C2	C3	E12	C1 d	C2 d
	Prof. (m)	39.5	108	363	380	490	510	490	96	65	115
<b>Phylum</b>	Annelida										
Clase	Polychaeta	284.4881	47.3837	144.4443	112.6203	90.0939	21.4409	27.9448	43.2835		3.4827
<b>Phylum</b>	Arthropoda										
Subphylum	Crustacea	0.8138									
Clase	Malacostraca										
Orden	Amphipoda	6.0346	0.9503	2.275	0.7982	1.0985	0.091	0.4004	0.6461		0.0013
	Cumacea	0.1612		0.1131		0.1131			0.0676		
	Isopoda	0.3861	0.0819	0.0039	0.4069	1.3962	0.3172	0.1443	3.9676		0.0013
	Tanaidacea	0.0884	0.1105	0.4082	0.3978	0.0091			0.0169		
Clase	Ostracoda	0.0624	0.0052	0.1014	0.5317	0.065			0.0026		0.0039
Subphylum	Chelicerata										
Clase	Pycnogonida			1.1596	3.5893	1.027	3.0745		0.0091		
<b>Phylum</b>	Mollusca	62.9265						0.4121	2.6962		0.0247
Clase	Bivalvia		0.9828	0.676	0.4654	0.3055	1040.0325				
	Gasteropoda		0.975	0.0234			8.437				
Orden	Nudibranchia	33.1383									
Clase	Polyplacophora	0.1963									
	Scaphopoda		0.0312	0.6526	0.4914	0.8112	0.4992				
<b>Phylum</b>	Echinodermata	16.0953	81.0459						85.9365		
Subphylum	Asterozoa	4.1132	5.1441	1.8993	4.6098	10.3168	0.0013	6.8653			
Clase	Holothuroidea		24.4647								
<b>Phylum</b>	Cnidaria										
Clase	Anthozoa		16.7479		0.169	0.1183					
<b>Phylum</b>	Nemertea	0.1079	0.1703	0.2717	1.7745	0.0013	2.0072	0.3185		0.1352	
<b>Phylum</b>	Sipunculida		0.2106	368.2107	248.7498	46.4295	167.6701	2.1853	18.0206		0.0949
<b>Phylum</b>	Cephalorhyncha										
Clase	Priapulida				59.8156	32.474					
	otros	28.223							328.7245		
<b>Phylum</b>	Nematoda			0.0039		0.0364	0.0325		0.0429		

Tabla 5.- Composición preliminar. ANTAR XXI, 2013

Phyla/Clase	Taxa/Estación	Est. / Profundidad (m)									
		Bahía Almirantazgo						Pelágico		Demersa	
		F1	A1	B2	B3	C1	C2	C3	E12	CD1	CD2
		39.5	108	363	380	489	510	490	96	65	115
1	1 POLYCHAETA										
2	2										
3	3										
4	4										
5	5										
6	6										
7	7										
8	8										
9	9										
10	10										
11	11										
12	12										
13	13										
14	14										
15	1 CRUSTACEA										
16	2										
17	3										
18	4										
19	5										
20	6										
21	1 MOLLUSCA										
22	2										
23	3										
24	4										
25	5										
26	1 EQUINODERMATHA										
27	2										
28	3										
29	1 PISCES										
30	1 OTROS										
31	2										
32	3										
33	4										
34	5										
Total taxa por estación		9	10	5	6	10	9	7	5	2	6
características del substrato		B	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	AP	FA

# ESTUDIO BIOACÚSTICO DEL KRILL (*Euphausia superba*) EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD, ANTÁRTIDA

## BIOACOUSTIC STUDY OF KRILL (*Euphausia superba*) IN THE BRANSFIELD STRAIT, ANTARCTICA

Carlos Salazar<sup>1</sup>      Oswaldo Flores      Adolfo Gonzales  
Rodolfo Cornejo      Carlos Paulino

### RESUMEN

SALAZAR C, FLORES O, GONZALES A, CORNEJO R, PAULINO C. 2016. Estudio bioacústico del krill (*Euphausia superba*) en el estrecho de Bransfield, Antártida. Bol Inst Mar Perú. 31(2): 194-205.- La evaluación hidroacústica de la distribución y biomasa del krill (*E. superba*) se efectuó a bordo del BIC Humboldt, en febrero 2013. El área evaluada comprendió el estrecho de Bransfield y las proximidades de la Isla Gibbs totalizando 11.712 mn<sup>2</sup>. Durante el día se registraron enjambres de krill en altas densidades entre 20 y 50 m de profundidad, durante la noche se detectaron enjambres disgregados y dispersos desde la superficie hasta 20 m de profundidad. Las densidades más altas, se observaron en el extremo oriental del estrecho de Bransfield, seguido de una distribución regular entre las islas Rey Jorge y Gibbs con densidades medias (500-1.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) y altas (>1.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>). Un núcleo de baja densidad se observó, entre las islas Decepción y Torre. El rango de temperatura de los enjambres de krill estuvo entre -1,0 y 1,5 °C. Las agregaciones de krill se observaron entre 33,96 y 34,35 ups de salinidad. Se estimó una biomasa hidroacústica del krill de 876,368 t mediante el método Stochastic Distorted Wave Approximation (SDWBA).

PALABRAS CLAVE: Bioacústico, *Euphausia superba*, Antártida

### ABSTRACT

SALAZAR C, FLORES O, GONZALES A, CORNEJO R, PAULINO C. 2016. Bioacoustic study of krill (*Euphausia superba*) in the Bransfield Strait, Antarctica. Bol Inst Mar Peru. 31(2): 194-205.- Hydroacoustic evaluation of the distribution and biomass of krill (*E. superba*) was held on board the BIC Humboldt, in February 2013. The area evaluated between the Bransfield Strait and near the Gibbs Island totaling 11,712 nm<sup>2</sup>. During the day, krill swarms were record at high densities between 20 and 50 m deep, during the night dispersed and scattered swarms were detect from the surface to 20 m deep. The highest densities were observe at the eastern end of Bransfield Strait, followed by a regular distribution between the islands King George and Gibbs with average densities (500-1,000 m/mn<sup>2</sup>) and high (> 1000 m/mn<sup>2</sup>). A low density core was observed between Deception and Torre islands. The temperature range of the swarms of krill was between -1.0 and 1.5 °C. Aggregations of krill were observe between 33.96 and 34.35 ups salinity. A hydroacoustic biomass of krill 876.368 t was estimated by Stochastic Distorted Wave Approximation (SDWBA) method.

KEYWORDS: Bioacoustics, *Euphausia superba*, Antarctica

## 1. INTRODUCCIÓN

Estimar la distribución y biomasa del krill mediante métodos directos constituye todo un reto, ya que hay una amplia gama de patrones de distribución que van desde los enjambres con una densidad de individuos muy alta, hasta unos pocos individuos dispersos en grandes áreas. Las diversas zonas geográficas de presencia de krill incluyen la cara inferior de los témpanos de hielo.

La especie predominante en el krill por su volumen y tamaño es *Euphausia superba*, y en acústica para apreciar especies de menor tamaño es necesario utilizar frecuencias más altas de operación, por ejemplo 200 khz. Para la captura del krill con redes de arrastre se debe regular el tamaño de malla del copo, la velocidad de arrastre y determinar la hora del día más precisa. De acuerdo a su locación en la columna de agua en función a horas luz, por lo general tiene un comportamiento nictimeral.

La prospección acústica para el estudio de comunidades pelágicas a bordo del BIC Humboldt, se realizó del 15 al 22 de febrero 2013. El área evaluada fue de 11.712 mn<sup>2</sup> localizadas entre el estrecho de Bransfield y las proximidades de la isla Gibbs, realizándose 10 transectos con longitudes que variaron entre 15 y 40 mn. La unidad básica de muestreo (UBM) fue de 1 mn y se rastrearon en total 507 UBM. En este estudio en particular, no se logró rastrear acústicamente alrededor de la isla Elefante por malas condiciones climatológicas (Fig. 1).

El objetivo del estudio bioacústico fue determinar la distribución y concentración de meso-escala del krill antártico en el estrecho Bransfield y alrededores de la isla Elefante, así como determinar su asociación con los patrones espacio-temporales de las condiciones oceanográficas, composición y estructura de la comunidad de peces y predadores superiores.

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú. Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca. csalazar@imarpe.gob.pe

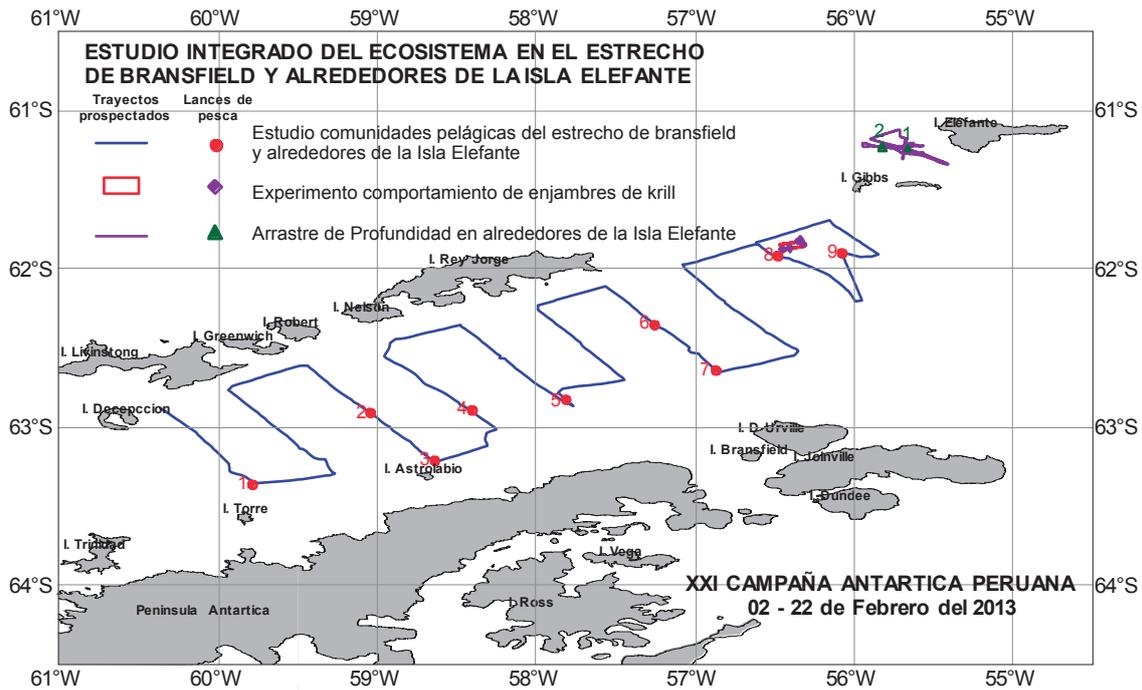


Figura 1.- Transectos y ubicación de lances de pesca en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### DETECCIÓN ACÚSTICA, COMPORTAMIENTO Y PESCA

**Diseño del muestreo.-** Para la evaluación hidroacústica, se utilizó un diseño de muestreo de tipo sistemático estratificado (perfiles paralelos y equidistantes entre sí), en el que se asume aleatoriedad en la distribución del recurso con relación a la localización del primer transecto habiendo sido señalado como el más adecuado en estudios dirigidos a estimar la abundancia y distribución de un recurso pesquero, siendo similar al diseño de muestreo en evaluación y biología del krill de la NOAA (AMRL 1998, 2011; COSSIO y REISS 2011).

**Sistema de ecointegración.-** Estuvo compuesto por la ecosonda científica EK60 SIMRAD con transductores modelos ES120-7C y ES38B de haz dividido, frecuencias de 120 y 38 kHz, respectivamente. Este sistema es calibrado de acuerdo al procedimiento señalado por su fabricante, el cual sigue las recomendaciones efectuadas al respecto por el ICES (FOOTE et al. 1987) para el uso cuantitativo de mediciones acústicas. La cobertura del muestreo vertical a 120 kHz fue de 0 a 200 m y de 0 a 2.000 m para 38 kHz. Las calibraciones acústicas se realizaron en la ensenada McKellar.

**Análisis de datos.-** Para el análisis de los datos acústicos se utilizó un programa de post-procesamiento (Echoview 5.1), que contiene módulos de detección de cardúmenes y ecogramas virtuales que facilitan la extracción de la información de los enjambres de krill y otras especies. A partir del 2000, se utiliza un algoritmo de identificación a través del cual las señales acústicas (ecoregistros) son separadas según la presencia de krill o zooplancton, en base a GREEN et al. (1991) 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. 2004; DEMER y CONTI 2005; WATKINS y BRIERLEY et al. 2002). 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 et al. (1983).

Se utilizaron los valores límites (mín-máx) de  $\Delta S_v$  (en dB) recomendados por AMRL (2011) para clasificar las distribuciones de tallas de krill en los ecogramas hidroacústicos. Los valores que se muestran en la línea superior e inferior de cada casilla representan el rango de  $\Delta S_v$  de las frecuencias 120-38 kHz y 200-120 kHz, que se basan en cálculos del modelo simplificado SDWBA con valores límites para una distribución de orientaciones ( $\theta = N[\theta = 11^\circ, s.d. = 4^\circ]$ ) (Tabla 1).

Tabla 1.- Tallas de krill en ecogramas acústicos basados en modelo SDWBA

Talla mínima de krill (mm)	Talla máxima de krill (mm)							
	30	40	50	60	30	40	50	60
10	12	16,9	8,7	16,9	4,5	16,9	0,4	16,9
	-2,2	7	-5,3	7	-5,3	7	-5,3	7
20	12	14,3	8,7	14,3	4,5	14,3	0,4	14,3
	-2,2	3,9	-5,3	3,9	-5,3	3,9	-5,3	3,9
30			8,7	12	4,5	12	0,4	12
			-5,3	-2,2	-5,3	0,7	-5,3	1,4
40					4,5	8,7	0,4	8,7
					-3,9	0,7	-3,9	1,4

**Estimación de biomasa de krill.-** Para la estimación de la biomasa 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 biomasa es la siguiente:

La biomasa (en toneladas) en el *i-ésimo* intervalo es:  
 $b_i = CF_i \cdot S_{A_i} \cdot A_i$

Donde: CF es el factor de conversión que se utiliza en transformar 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>.

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 (1 mn en este caso); L es la separación entre transectos (20 mn en este caso); y k es un factor que varía entre 0 y 1, según la unidad de muestreo 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:  $W = a \cdot L_i^b \times 10^{-6}$

Donde: a y b son constantes que provienen de la determinación de la relación talla-peso;  $L_i$  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:  $S_i = 4 \cdot \pi \cdot 10^{TS/10} \times 1852^{-2}$

**Modelo estocástico de aproximación de onda distorsionada de born (SDWBA).**- Se logra representar de

manera aproximada al krill mediante cilindros discretos de distintos radios  $N_j a$ . En ese caso, la representación aproximada de la retrodispersión para el cilindro  $j$  y el ángulo de incidencia  $\theta$  adquiere la siguiente forma:

$$f_{bsj}(\theta) = \frac{k_1}{4} \int [\gamma_\kappa - \gamma_\rho] \exp(-2i\vec{k}_i \cdot \vec{r}_0) \frac{a_j J_1(2k_2 a_j \cos \beta_{nlt})}{\cos \beta_{nlt}} dr_0$$

$$\gamma_\kappa = (\rho_1 c_1^2 / \rho_2 c_2^2) - 1, \quad \gamma_\rho = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$$

$$\vec{k}_i = k_1 \begin{bmatrix} \sin \theta \\ 0 \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$

Donde: el subíndice 1 corresponde al agua de mar ambiental, y el 2 al krill.  $J_1$  es la función Bessel de primer orden 1,  $r_0$  el vector de posición, el vector de incidencia de la onda, y el ángulo entre el cilindro y el eje central del cuerpo. La función para el SDWBA se obtiene sumando los componentes de cada cilindro con una fase aleatoria diferente  $\phi_j$ :

$$f_{bs}(\theta) = \sum_{j=1}^N f_{bsj}(\theta) \exp(i\phi_j)$$

La variabilidad de fase  $\phi_j$  se obtiene de una distribución de Gauss centrada en 0, con una desviación típica  $sd_{\phi_j}$  para cada cilindro  $j$  a lo largo del cuerpo. Finalmente, la sección transversal de la retrodispersión  $\sigma_{bs}(\theta)$  se obtiene del promedio de todos los conjuntos de fase  $\phi_j$ :

$$\sigma_{bs}(\theta) = \left\langle |f_{bs}(\theta)|^2 \right\rangle_{\phi}$$

$$TS(\theta) = 10 \log_{10}(\sigma_{bs}(\theta)).$$

La forma genérica de krill fue definida por McGEHEE et al. (1998), con talla estándar  $L_0 = 38,35$  mm. El grosor de la forma genérica fue aumentado en un 40% por DEMER y CONTI (2005), porque se observó que los animales recién capturados tenían mayor grosor que los animales desnutridos medidos por McGEHEE et al. (1998). De comparaciones entre las estimaciones del SDWBA y las mediciones experimentales se estimó  $sd_{\phi_0}$  en radianes a una frecuencia  $f_0 = 120$  kHz, y utilizando  $N_0 = 14$  cilindros. Debido a que los factores  $N$ ,  $sd_{\phi}$ ,  $f$  y  $L$  son co-dependientes en relación con sus efectos en los resultados del SDWBA, se mantuvo  $sd_{\phi}(f) f$  constante:  $sd_{\phi}(f) f = sd_{\phi_0} f_0$ .

De manera similar, ya que tanto  $f$  como  $L$  fueron modificados,  $N$  también fue ajustado de manera que la resolución espacial del cuerpo del krill permaneciera constante en relación con la longitud

de onda. Por lo tanto, la razón entre la longitud de onda  $\lambda$  y la longitud de cada cilindro se mantuvo constante:

$$\frac{L}{N\lambda} = \frac{L_0}{N_0\lambda_0}$$

o

$$\frac{Lf}{N} = \frac{L_0f_0}{N_0}$$

Así,  $sd_\phi$  y  $N$  fueron ajustados al valor deseado de  $L$  y  $f$ . Se estimó el  $TS$  versus  $L$  a las frecuencias  $f=38, 70, 120,$  y  $200$  kHz mediante una pasada del modelo SDWBA con una forma genérica para krill grueso, y ajustando  $N$  y  $sd_\phi$ .

$$N(f, L) = N_0 \frac{fL}{f_0L_0}$$

y

$$sd_\phi(f, L) = sd_{\phi_0} \frac{N_0L}{N(f, L)L_0}$$

Las estimaciones de  $TS$  del SDWBA se expresan de manera concisa en función del producto del número de ondas sonoras  $k=(2\pi/\lambda)$  y  $L$ . DEMER y CONTI (2005) presentaron una representación simplificada polinómica de la función  $TS(kL)$  utilizando el promedio de esta función con una distribución

normal ( $\theta = N[\theta = x^\circ, s.d. = y^\circ]$ ) de las orientaciones de krill:

$$TS(kL) = A \left[ \frac{\log_{10}(BkL)}{BkL} \right]^C + D(kL)^6 + E(kL)^5 + F(kL)^4 + G(kL)^3 + H(kL)^2 + I(kL) + J + 20 \log_{10} \left( \frac{L}{L_0} \right)$$

Los coeficientes de la ecuación son:

A	-9,30429983E+02	F	1,50291244E-04
B	3,21027896E+00	G	-4,86306872E-03
C	1,74003785E+00	H	7,38748423E-02
D	1,36133896E-08	I	-4,08004891E-01
E	-2,26958555E-06	J	-7,39078690E+01
	$L_0$		3,83500000E-02

**Lances de arrastre pelágico para identificación de ecotrazos (enjambres de krill).**- Para los lances de arrastre pelágico y semipelágico se utilizó la red pelágica ENGEL 1000/400, con un copo de 13 mm y se monitoreó la red con un net-sonda SIMRAD modelo ITI. Complementariamente, se registró información térmica utilizando un sensor marca FURUNO instalado en la sala de acústica de la embarcación. Se efectuaron 9 lances de pesca para la comprobación de los registros acústicos con una duración de 20 a 40 minutos (Fig. 2).

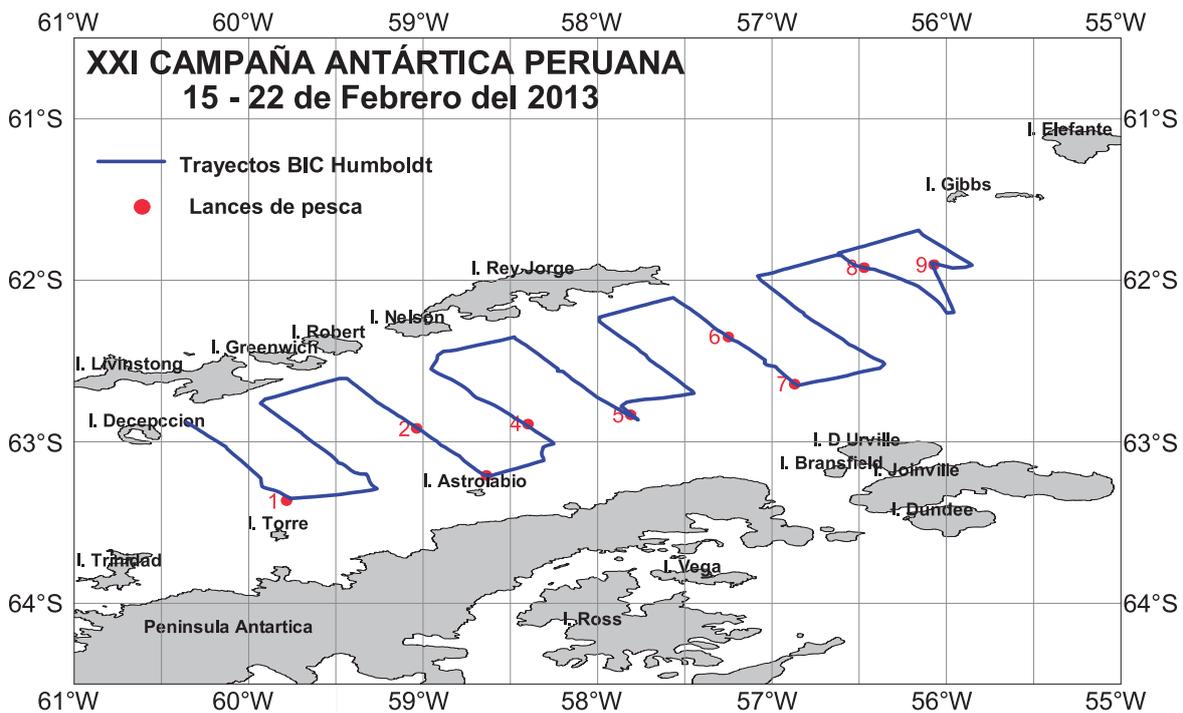


Figura 2.- Trayectos prospectados y ubicación de lances de pesca efectuados en el Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### DISTRIBUCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE KRILL (*Euphausia superba*)

El área de distribución total del krill fue 9.727 mn<sup>2</sup> (83,1% del total del área evaluada), los valores eco-integrados predominantes fueron calificados de tipo disperso. Densidades más altas de krill se encontraron en el extremo oriental del estrecho de Bransfield.

Se observó una zona de distribución al Este del estrecho entre las islas Rey Jorge y Gibbs donde predominaron

densidades medias (500-1.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) y altas (>1.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) y del lado oeste del estrecho, entre las islas Decepción y Torre, se detectó un núcleo más pequeño con las mismas densidades (Fig. 3). Entre estas zonas de gran concentración se presentaron enjambres con densidades muy bajas (<250 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>).

Verticalmente, se observó el patrón de comportamiento típico del krill durante las horas de luz (de 5 a 22 hs.), especialmente entre 20 y 60 m, alcanzando hasta 240 m de profundidad y acercándose a la superficie en horas de la noche (22 a 5 hs.) localizándose entre 5 y 40 m (Fig. 4).

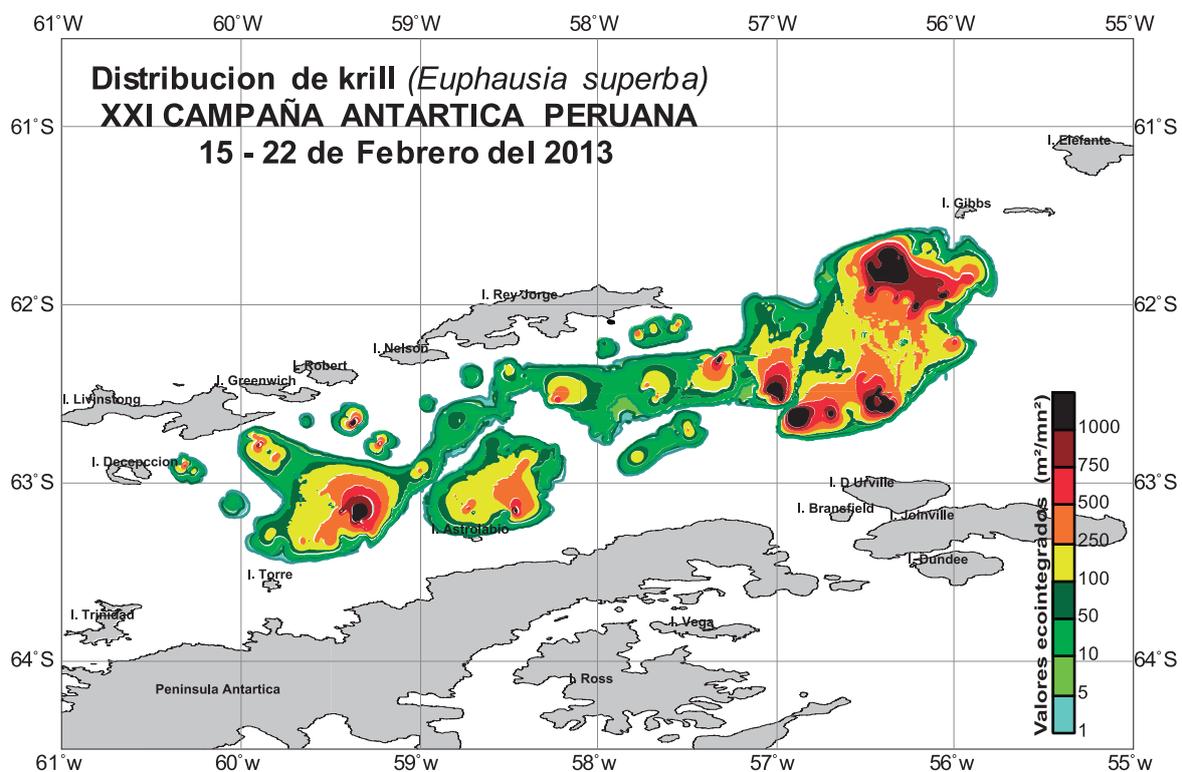


Figura 3.- Distribución de la densidad acústica de krill según categorías de abundancia relativa. Frecuencia 120 kHz (EK60). ANTAR XXI, 2013

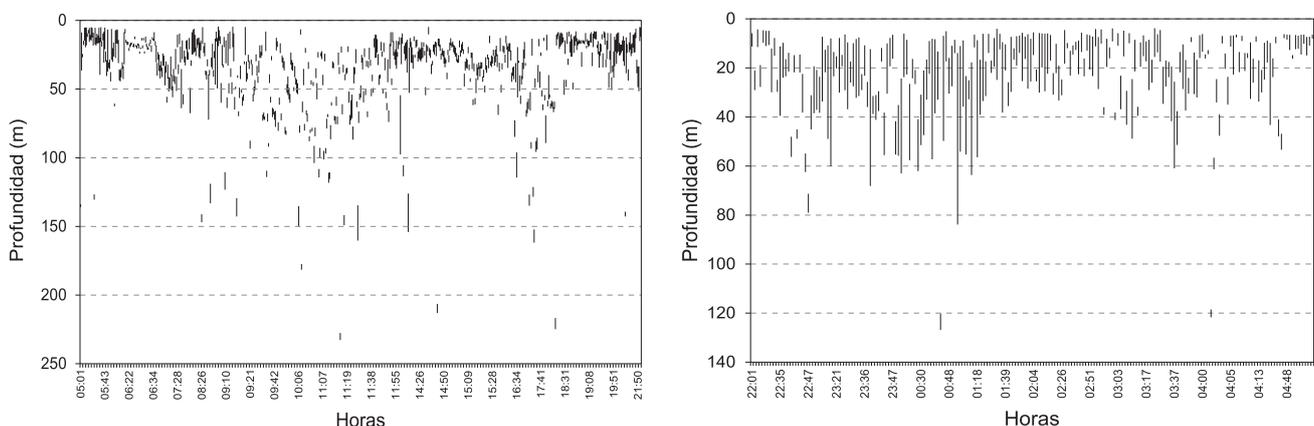


Figura 4.- Distribución vertical de enjambres de krill (*Euphausia superba*) por horas luz (a) y de la noche (b)

A través de la estratificación de los valores eointegrados (NASC) por niveles de profundidad, se determinó que los enjambres con altas densidades de krill se localizaron en los primeros 100 m de profundidad. En la capa superficial de 0 a 25 m, se registraron concentraciones de tipo disperso y muy disperso.

Las densidades altas y medias de krill se localizaron entre 50 y 100 m de profundidad al Este del estrecho entre las islas Rey Jorge y Gibbs, otro núcleo más pequeño se localizó de 25 a 50 m de profundidad entre las islas Decepción y Torre. Por debajo de esta zona los enjambres de krill se presentaron muy dispersos (Fig. 5).

**DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL KRILL RELACIONADA CON HORAS DEL DÍA**

El krill mostró un rango preferencial entre las 10:00 y 15:00 hs en las capas de 25-50m, 50-75m, 75-100m, 100-125 m de profundidad, y durante las 00:00 y 10:00 hs fue registrado entre los 225-250m de profundidad (Fig. 6).

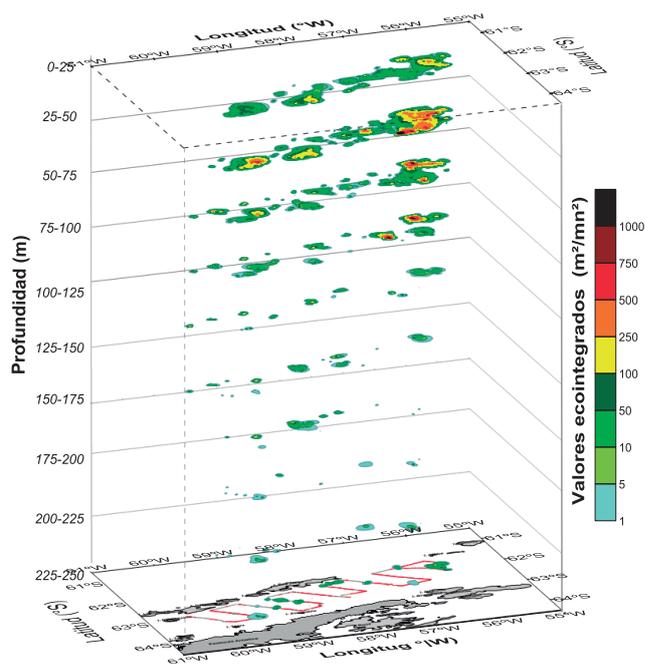


Figura 5.- Valores eointegrados (NASC) de krill por niveles de profundidad. ANTAR XXI, 2013

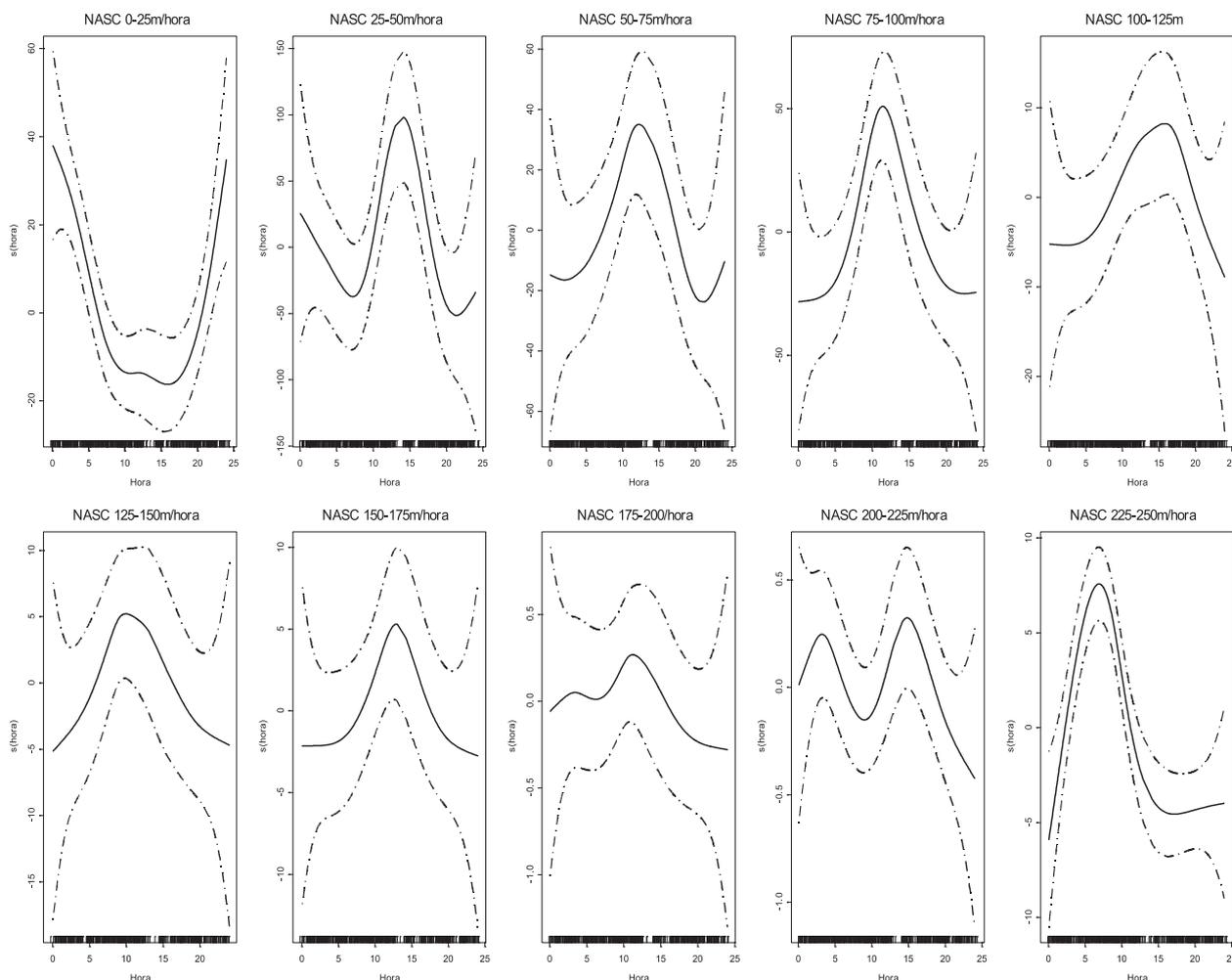


Figura 6.- Relación entre los valores eointegrados del krill por capas de profundidad y horas del día. ANTAR XXI, 2013

En relación a las variaciones horarias, los valores ecointegrados en la zona superficial de 0 a 25 m se incrementaron durante la noche entre las 22 y 4 horas, disminuyendo considerablemente durante el día, este comportamiento del krill es característico durante la noche, cuando se distribuye cerca de la superficie formando capas densas.

En la zona de 25 a 100 m de profundidad donde fue mayor la abundancia del krill, los enjambres más densos se formaron principalmente durante el día entre las 9 y 17 hs y en la noche la presencia del krill fue muy dispersa.

Conforme aumentó la profundidad, disminuyó la densidad de los enjambres. En la capa de 125 a 200 m se observó núcleos con densidades ligeramente más altas entre las 9 y 13 hs (Tabla 2, Fig. 7).

#### ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA DE KRILL

Se utilizó la estructura de tallas de los lances de pesca efectuados durante el rastreo del estrecho de

Bransfield (9 en total) a fin de obtener los factores de corrección (CF) utilizados en la estimación de la biomasa por tallas durante la estratificación por transectos de la data de ecointegración.

El cálculo de biomasa fue realizado para la frecuencia de 120 kHz, el CF promedio para 120 kHz fue de 0,34 t/m<sup>2</sup>, la biomasa estimada totalizó 876.367 t (Tabla 3); los resultados de la estimación de la abundancia de krill, para UBM de 1 mn de extensión se presentan en la Tabla 4.

La estructura de tallas en términos de abundancia fue polimodal, revelando la existencia de varias clases o cohortes, principalmente en 33, 35, 39, 41, 45, 47 y 50 mm, con diferenciación de aproximadamente 2 a 4 mm en cada cohorte. El rango de tallas es extenso y comprendió entre 25 y 52 mm, con modas principales en 35 y 41 mm. En la biomasa expresada en número de individuos la moda principal se encontró en 35 mm (Fig. 8).

Tabla 2.- Valores ecointegrados promedio de los enjambres de krill por niveles de profundidad según las horas del día. ANTAR XXI, 2013

Horas	Profundidad (m)									
	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-225	225-250
00	45,63	117,15	46,58	3,63	0,77	0,15				0,12
01	55,12	122,34	9,99	1,80	0,46	0,39		0,73		1,44
02	69,69	43,52	0,23			0,38	0,27	0,29	1,19	8,00
03	67,38	167,77	64,38	8,49		0,63	1,53	2,95	6,15	2,15
04	24,31	78,77	5,94			0,49			0,55	9,26
05	46,11	159,55	26,68	0,64		6,19		0,77		1,22
06	9,53	35,62	35,58	0,54	0,34	0,17			0,73	5,56
07	0,91	8,85	27,67	0,39				0,26	0,72	9,57
08	7,18	12,49	54,22	15,32		0,32	12,48			1,82
09	15,96	37,39	32,21	79,16	12,26	55,56	2,46			3,61
10	0,90	11,85	9,61	7,85		0,58	1,40	8,86		1,67
11	18,14	35,26	17,47	223,75	16,94	8,42	17,37	0,84	0,96	2,26
12	33,98	116,43	47,32	94,95	49,22	4,88	57,43	0,48	0,99	1,56
13		1,37				1,68				1,76
14	9,40	352,47	2,90	0,96	0,98	0,99	0,17	0,79	4,67	1,38
15	0,66	321,18	216,47						1,62	1,84
16	11,92	192,85	6,36	24,77	32,74	8,64	0,18	0,43	1,28	4,52
17	3,31	18,36	37,99	27,97	25,76	2,14	1,78			0,67
18	16,23	8,44	8,80	0,68					0,85	2,71
19	13,67	24,12	1,60			0,12				1,91
20	29,64	58,95	2,59			0,44	0,28			3,52
21	9,48	12,54	1,82		0,13	0,60				
22	29,12	29,86	1,86	0,18						15,14
23	91,87	157,38	66,15	12,43						0,23

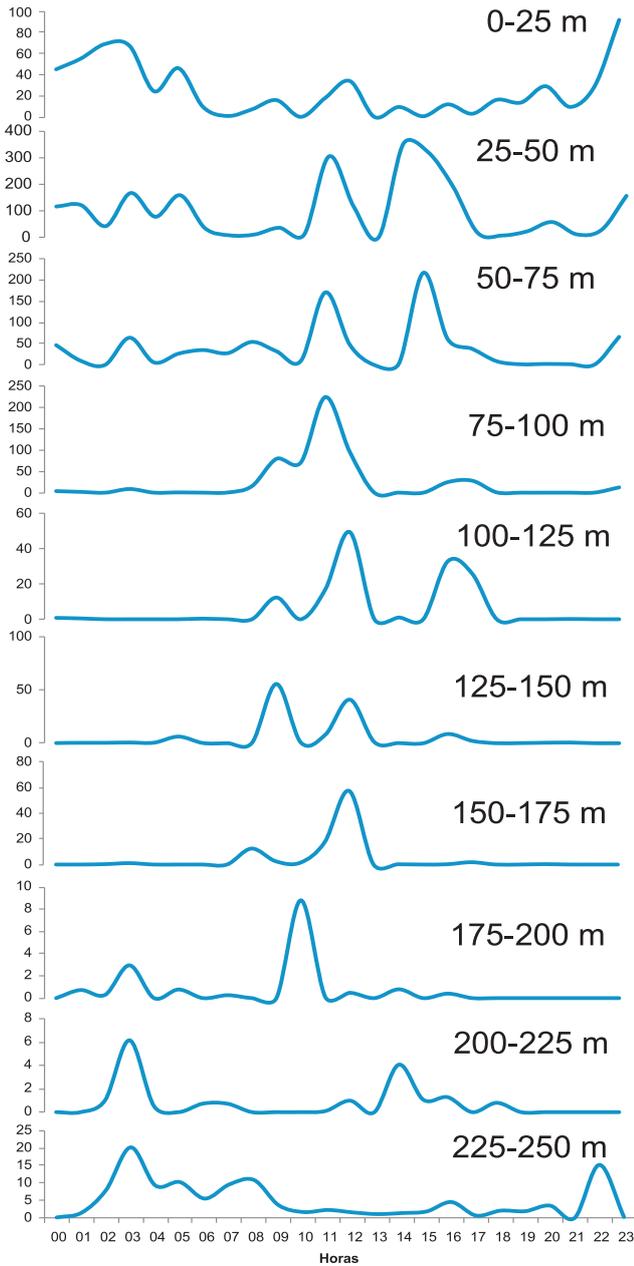


Figura 7.- Valores ecointegrados de krill por profundidad según horas del día

Tabla 3.- Estimación de biomasa acústica del krill. Frecuencia 120 kHz

Frecuencia	120 kHz
Número de valores :	345.00
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> ) ponderado :	194.421844
Varianza ponderada (NASC) :	2572.17243
CF ponderado :	0.43551279
Densidad media de krill (g/m <sup>2</sup> ) :	84.6731991
Varianza (de la densidad) :	487.867513
Coefficiente de variación :	0.26085849
Área (mn <sup>2</sup> ):	10,350.00
Desviación estándar (de la densidad) :	22.0877231
Biomasa (toneladas) :	876,367.61
Número de individuos :	1.85E+12

La abundancia por grados de latitud, fue mayor en el grado 62°S, y menor en 61°S y 63°S, lo que corresponde al sector entre las islas Rey Jorge y Gibbs en el extremo Este del estrecho (Fig. 9). Según grados de longitud, la biomasa fue mayor en los grados 59°W y 56°W, lo que corresponde, respectivamente a las zonas cubiertas por los transectos 2, 3, 9 y 10 (Fig. 10).

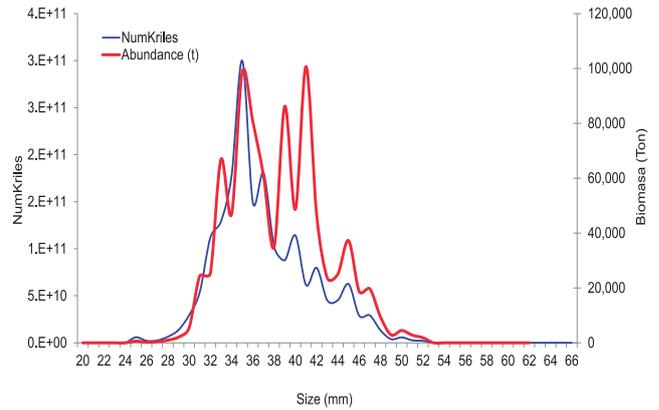


Figura 8.- Abundancia de krill por tamaños (mm). ANTAR XXI, 2013

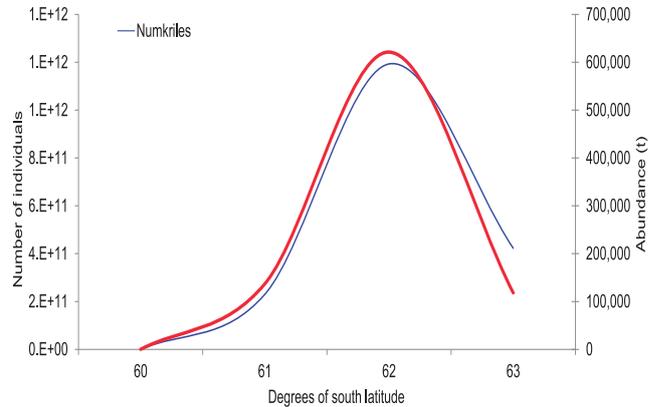


Figura 9.- Abundancia de krill por grados de latitud. ANTAR XXI, 2013

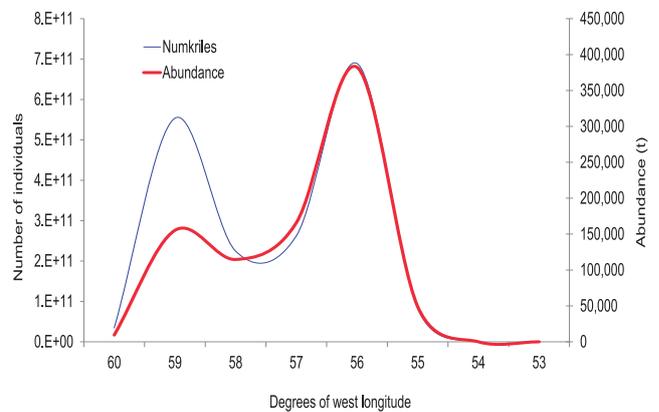


Figura 10.- Abundancia de krill por grados de longitud. ANTAR XXI, 2013

Tabla 4.- Estimación de la biomasa del krill por transectos. Frecuencia de 120 kHz. ANTAR XXI, 2013

Transecto	N	Área		Promedio Sa	Densidad media (g/m <sup>2</sup> )	Abundancia (t)
		Krill mn <sup>2</sup>	Suma Sa			
1	34	420	1,494	43,94	19,14	13,233
2	40	1.200	13,413	335,32	146,04	118,801
3	42	690	6,486	154,42	67,25	60,269
4	40	870	2,172	54,30	23,65	69,518
5	37	810	2,268	61,31	26,70	21,259
6	30	720	1,372	45,74	19,92	40,397
7	39	840	18,246	467,86	203,76	258,575
8	39	1.170	8,291	212,60	92,59	104,393
9	29	870	9,747	336,10	146,38	138,847
10	15	450	3,585	239,03	104,10	51,075
Total	345	8.040	67,076	1.950,62	849,52	876,368

**RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE ENJAMBRES DE KRILL Y CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES**

El rango de temperatura en que se detectaron los enjambres varió entre -1,0 y 1,5 °C pero con mejores relaciones entre -0,8 a 0,9 °C. Con respecto a la salinidad, las agregaciones del krill se observaron en un amplio rango variando entre 33,96 y 34,35 ups (Fig. 11).

**EXPERIMENTO DE COMPORTAMIENTO DE ENJAMBRES DE KRILL**

El experimento, se realizó del 2 al 4 de febrero 2013, en una zona en mar abierto entre las islas Rey Jorge y Elefante con profundidades mayores a 900 m. Durante

el experimento, se efectuaron giros en sentido horario en un cuadrilátero de 4x2 mn de lado, cada giro a esta zona fue seguido de una estación y un lance de pesca. En total se efectuaron 11 giros y 6 lances de comprobación (Fig. 12).

El comportamiento del krill varió durante las horas del día, se observaron patrones característicos en la dinámica vertical y densidad de los enjambres de krill que estuvieron relacionados con las horas diurnas (5 – 22) y nocturnas (22 – 5).

Durante el día los enjambres de krill se distribuyeron principalmente entre 20 y 60 m de profundidad, las agregaciones registradas entre las 6 y 18 horas presentaron altas densidades y se localizaron principalmente entre 25 y 50 m. Durante la noche, el comportamiento típico del krill es superficial, entre las 22 y 4 horas se detectó en capas densas dentro de los primeros 20 m de profundidad (Figs. 13, 14).

**RELACIÓN DE LOS ENJAMBRES DE KRILL CON RESPECTO A LAS HORAS DEL DÍA Y PROFUNDIDAD**

El krill durante el día (5-11 y 16-18 hs) se presentó en enjambres con altas densidades, que durante el amanecer (4-8 hs) tienen mayor altura. Conforme transcurrieron las horas de luz, disminuyó la extensión de estas agregaciones que se localizaron entre los 20 y 50 m de profundidad. Durante la noche (22-4 horas) el krill se encontró disgregado y muy disperso, presentando extensas capas o manchas muy cerca de la superficie hasta los 20 m de profundidad (Fig. 15).

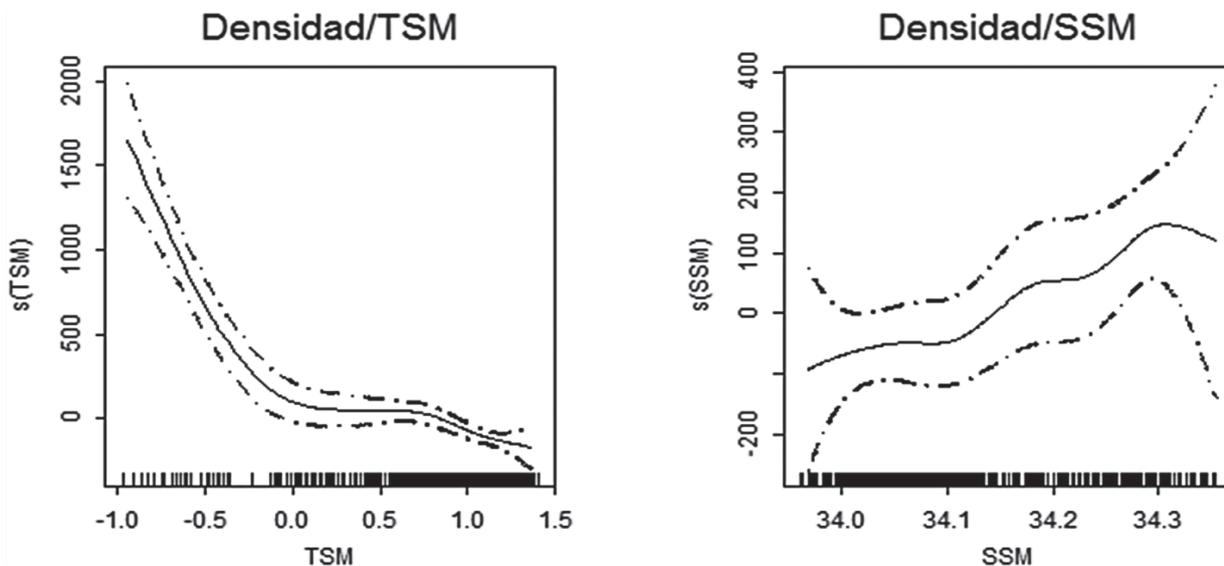


Figura 11.- Correlación entre los valores ecointegrados de krill y las variables oceanográficas superficiales. ANTAR XXI, 2013

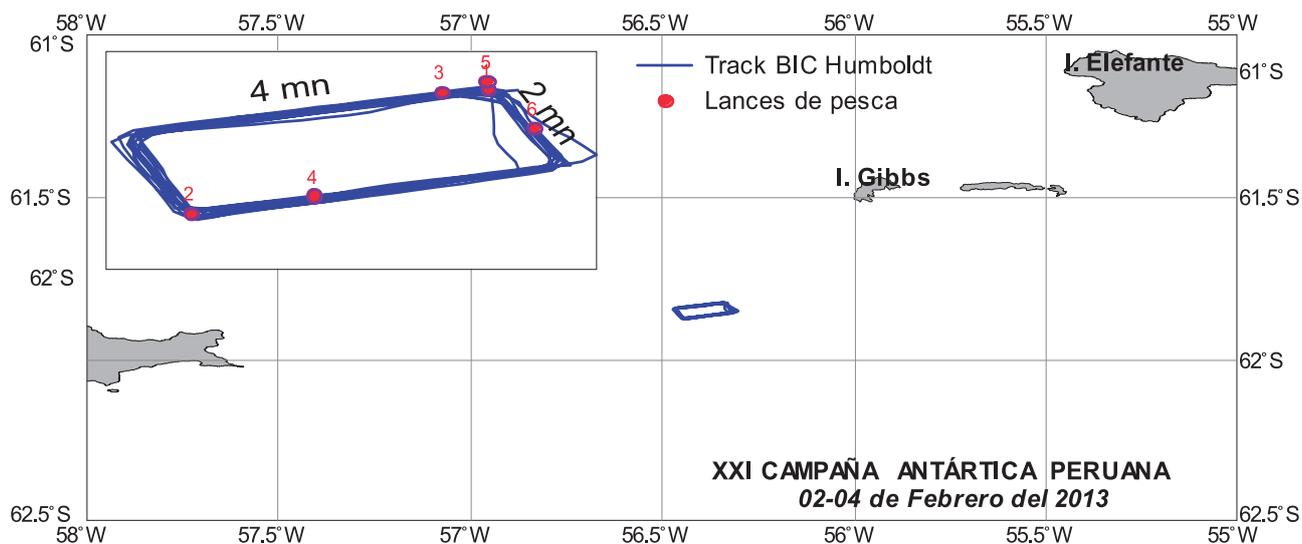


Figura 12.- Localización de lances de pesca durante el experimento de comportamiento de enjambres de krill

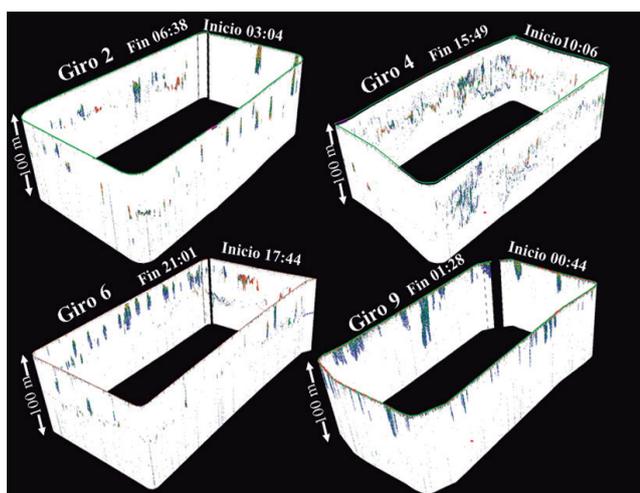


Figura 13.- Arreglo tridimensional de los registros acústicos en cada giro. ANTAR XXI, 2013

**CARACTERÍSTICAS DE LOS ENJAMBRES DE KRILL**

Las principales características (densidad, extensión y altura) de los enjambres variaron según las horas de luz y noche. Durante horas de luz, se incrementó el número y la densidad de los enjambres de krill, se registraron 354 agregaciones principalmente con densidades bajas y medias entre 40 y 5.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> respectivamente, en algunos casos alcanzaron densidades altas llegando a medir entre 10.000 y 14.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>. En la noche se registraron solo 118 enjambres de krill con densidades entre 80 y 4.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> densidades bajas y medias respectivamente y pocas agregaciones con densidades altas superiores a 5.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>.

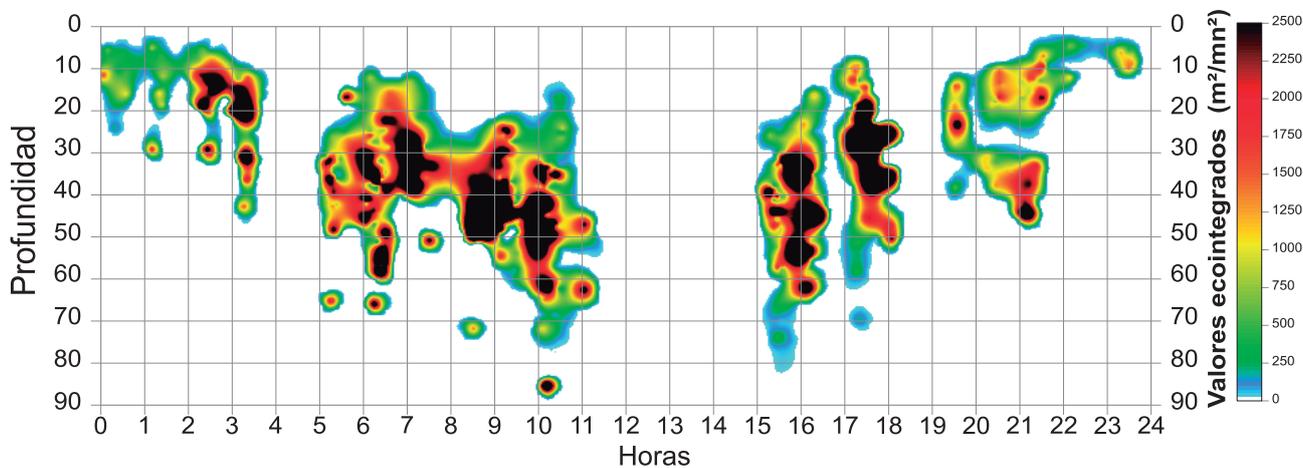


Figura 14.- Profundidad y densidad relativa de los enjambres de krill según las variaciones horarias. ANTAR XXI, 2013

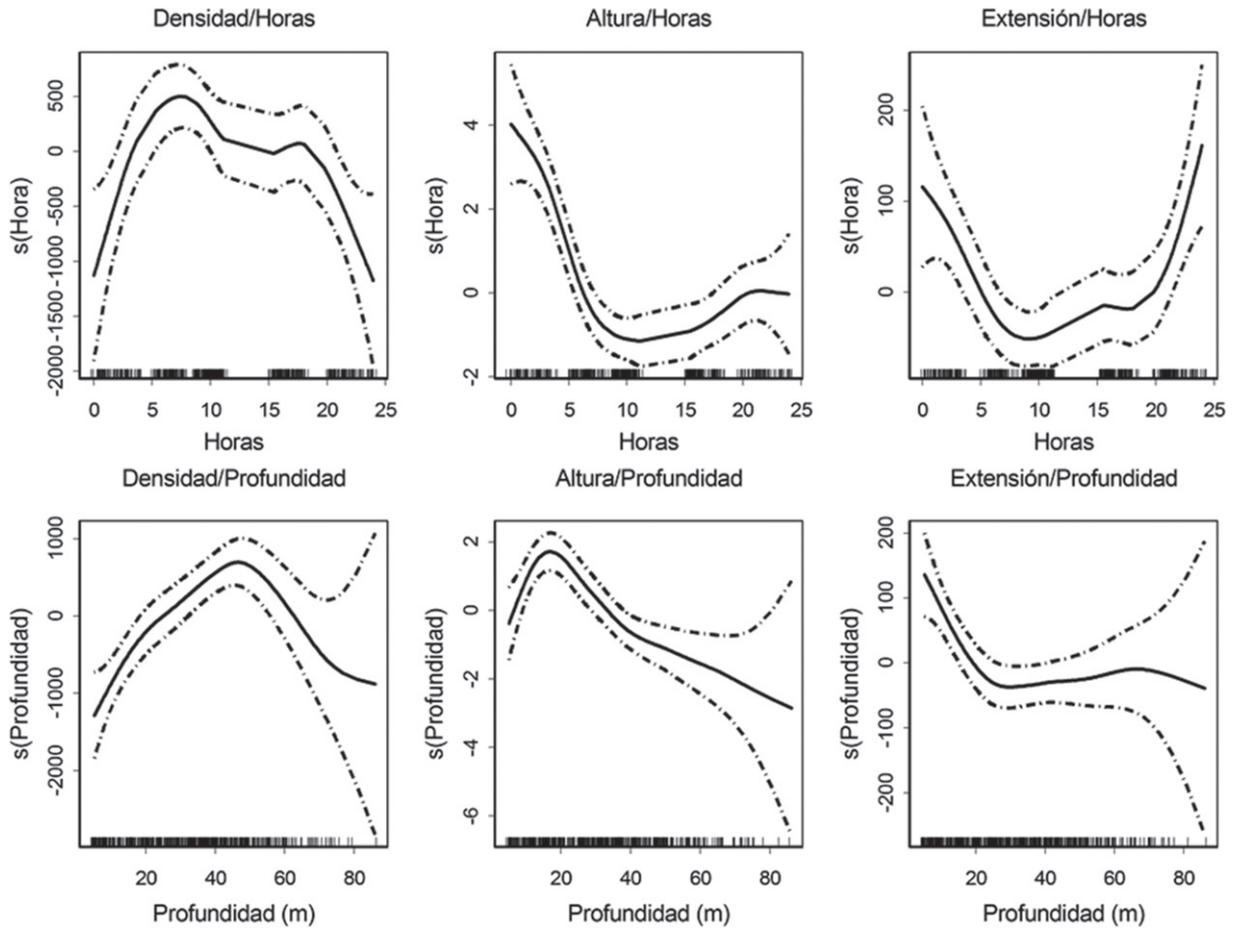


Figura 15.- Características físicas de los enjambres de krill en el experimento de comportamiento. ANTAR XXI, 2013

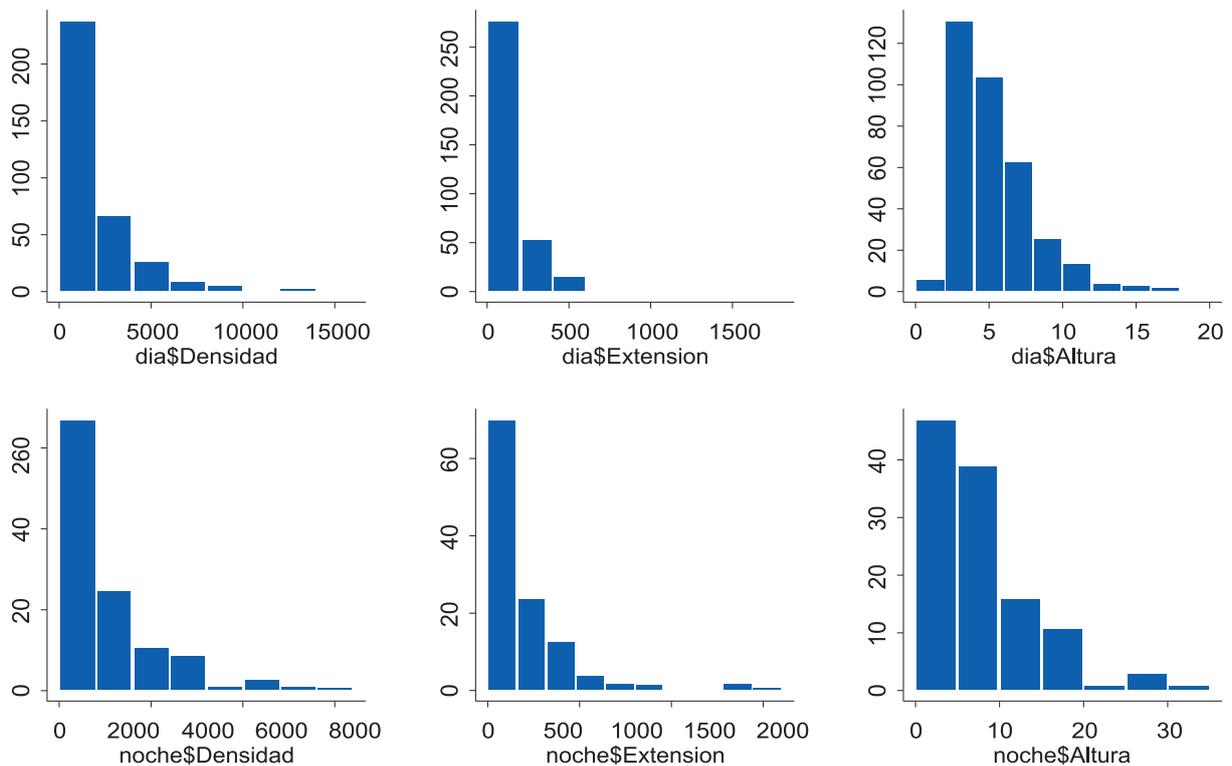


Figura 16.- Densidad, extensión y altura de los enjambres de krill. ANTAR XXI, 2013

En cuanto a la extensión de los ecotrazos de krill, durante las horas de luz se presentaron más estrechos alcanzando hasta 500 m de longitud, sin embargo, durante la noche prevalecieron estratos o capas de krill con extensiones de 10 a 1.000 m, alcanzando hasta 2.000 m longitud (Fig. 16). En el caso de la altura, en general los enjambres de krill se presentaron ligeramente más altos durante las horas de oscuridad alcanzando hasta 30 m pero durante el día esta altura alcanzó hasta 18 m.

#### 4. CONCLUSIONES

La mayor zona de distribución de krill se observó al Este del estrecho de Bransfield entre las islas Rey Jorge y Gibbs con densidades medias y altas, coincidiendo masas de agua más frías con zonas de relativa alta salinidad, mientras que del lado oeste del estrecho, entre las Islas Decepción y Torres se detectó un núcleo más pequeño con las mismas densidades pero coincidiendo con temperaturas más altas y salinidades más bajas.

Los enjambres de krill entre las 6 y 18 hs estuvieron localizados en altas densidades, principalmente entre 25 y 50 m de profundidad y entre las 22 y 4 hs en los primeros 20 m de profundidad

#### 5. REFERENCIAS

- AMLR 1997/1998. 1998. Field Season Report, objectives, accomplishments and tentative conclusions. Ed. Jane Martin .Southwest Fisheries Science Center. Antarctic Ecosystem Research Group, Administrative Report LJ-98-07. 166 pp.
- AMLR 2009/2010. 2011. Field Season Report, objectives, accomplishments and tentative conclusions. Ed. Amy Van Cise. Southwest Fisheries Science Center. Antarctic Ecosystem Research Division NOAA-TM-NMFS-SWFSC-470, 66 p.
- COSSIO A M, REISS C. 2011. Bioacoustics survey. In: AMLR 2009/2010. 2011. Field Season Report, objectives, accomplishments and tentative conclusions. Ed. Amy Van Cise. Southwest Fisheries Science Center. Antarctic Ecosystem Research Division NOAA-TM-NMFS-SWFSC-470, 12-16 p.
- DEMER D A, HEWITT R P. 1995. Bias in acoustic biomass estimates of *Euphausia superba* due to diel vertical migration. Deep Sea Research 42: 455-475.
- DEMER D A, CONTI S G. 2005. New target-strength model indicates more krill in the Southern Ocean. ICES Jour. Mar. Sci. 62: 25-32.
- FOOTE K G, KNUDSEN H P, VESTNES D N, MACLENNAN D N, SIMMONDS E J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Coop. Res. Rep. 144:1-69.
- GREENE C H, STANTON T K, WIEBE P H, McCLATCHIE 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.
- HEWITT R P, WATKINS M, NAGANOBU V, SUSHIN A, BRIERLEY S, DEMER D A, KASATKINA S, TAKAO Y, GOSS C, MALYSHKO A, BRANDON M, KAWAGUCHI S, SIEGEL V, TRATHAN P, EMERY J, EVERSON I, MILLER D. 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 2 (51):1215-1236.
- HOLLIDAY D V. 1977. Extracting biophysical information from acoustic signatures of marine organisms. Oceanic Sound Scattering Prediction. Edited by N. Andersen and B. Zahuraneo, Plenum Press: 619-624.
- 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.
- McGEHEE D, O'DRISCOLL R, MARTIN L. 1998. Effects of orientation on acoustic scattering from Antarctic krill at 120 kHz. Deep-Sea Research II 45: J 273-1294
- WATKINS J L, BRIERLEY A S. 2002. Verification of the acoustic techniques used to identify Antarctic krill. - ICES Journal of Marine Science, 59: 1326-1336.

# LA COMUNIDAD PELÁGICA DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD CON ÉNFASIS EN EL KRILL, VERANO 2013

## COMMUNITY PELAGIC IN BRANSFIELD STRAIT, WITH EMPHASIS ON KRILL, SUMMER 2013

Javier Quiñones<sup>1</sup>

Erich Díaz

Miguel Romero

### RESUMEN

QUIÑONES J, DÍAZ E, ROMERO M. 2016. La comunidad pelágica del estrecho de Bransfield, con énfasis en el krill, verano 2013. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 206-211.- La especie que presentó las mayores capturas en el estrecho de Bransfield fue el krill antártico (*Euphausia superba*) (95,7%), seguida de la medusa Scyphozoa *Desmodesmus chierchianum* (2,3%). La abundancia relativa del krill fue de  $203,5 \pm 347,9$  individuos/1000 m<sup>3</sup>, que es más alta que la registrada en las expediciones de 1982, 1996, 1998 y 2003. La estructura por tallas estuvo dominada por juveniles (45,5%), sub-adultos (46,7%) y adultos (8,6%), con moda principal entre 35-40 mm y moda secundaria entre 42-45 mm. Se presentaron muy pocos ejemplares en reproducción. El krill se alimentó durante horas de la noche.

PALABRAS CLAVE: *Euphausia superba*, krill, estrecho de Bransfield

### ABSTRACT

QUIÑONES J, DIAZ E, ROMERO M. 2016. Community pelagic in Bransfield Strait with emphasis on krill, summer 2013. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 206-211.- The species that presented the greatest catches in the Bransfield Strait was the Antarctic krill (*Euphausia superba*) (95.7%), followed by the jellyfish Scyphozoa *Desmodesmus chierchianum* (2.3%). The relative abundance of krill was  $203.5 \pm 347.9$  individuals / 1000 m<sup>3</sup>, which is higher than that recorded in the expeditions of 1982, 1996, 1998 and 2003. The size structure was dominated by juveniles (45.5%), sub-adults (46.7%) and adults (8.6%). The main peak between 35-40 mm and a secondary peak in 42-45 mm. Only few individuals presented in reproduction. Krill fed during evening hours.

KEYWORDS: *Euphausia superba*, krill, Bransfield Strait

## 1. INTRODUCCIÓN

ANTAR XXI, se realizó después de cinco años, a bordo del BIC Humboldt del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores y otras entidades del Estado, reafirmando el cumplimiento de la Política Nacional Antártica, la consolidación de la presencia del Perú en el Continente Antártico y la conmemoración de los "Veinticinco años de su participación desde la Primera Campaña científica". El presente informe técnico, se realizó como parte del protocolo de investigación que viene desarrollando el IMARPE en el área de biología, donde el objetivo principal fue determinar la composición especiológica, abundancia relativa de krill, estructura por tallas, relación longitud-peso, intensidad alimentaria de krill y estadios de madurez sexual según el protocolo de CCAMLR, adicionalmente también se realizó un análisis circadiano de la intensidad alimentaria del krill analizado por diversas horas.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

En el análisis de las muestras obtenidas en el área de estudio, se determinó la composición por especies

tanto en número como en peso. La abundancia relativa del krill (*Euphausia superba*) se estimó usando la información de la red bongo y de la red de arrastre pelágico Engel 1000/400. Debido a las diferencias en las medidas de las redes (la red bongo tiene 0,60 m de diámetro y 500 micras de tamaño de malla y la red Engel 19 m de abertura de boca y 13 mm de tamaño de malla en el copo) las abundancias relativas de ambas fueron estandarizadas y expresadas en número de individuos de krill por volumen de agua de mar filtrada (REISS et al. 2008).

Se estimaron los parámetros de la relación longitud – peso del krill al ajustar una función de tipo potencial a pares de datos observados por el método de mínimos cuadrados.

La estructura por tallas del krill en el área del estrecho de Bransfield se estimó al integrar todos los muestreos biométricos ponderados a sus respectivas abundancias relativas. Con el mismo procedimiento, se estimó la estructura por tallas por grado de longitud. Se compararon las similitudes o discrepancias entre las estructuras de todos los grados mediante la prueba no paramétrica de comparación de distribuciones de Kolmogorov-Smirnov.

<sup>1</sup> IMARPE Pisco, Av. Los Libertadores A-12 Urb. El Golf, Paracas, Pisco, jquinones@imarpe.gob.pe

En el área del “Experimento del comportamiento de enjambres de krill” se estimó la estructura por tallas al integrar los muestreos biométricos de todos los lances efectuados (8 lances) ponderados a su respectiva abundancia relativa. Se compararon las similitudes o discrepancias entre las estructuras de todos los lances mediante la prueba no paramétrica de comparación de distribuciones de Kolmogorov-Smirnov.

La intensidad alimentaria de los individuos muestreados fue catalogada de acuerdo a cuatro categorías de llenura del estómago: I) vacío, II) ligeramente lleno, III) moderadamente lleno, IV) completamente lleno. La variación circadiana de la intensidad alimentaria fue analizada ya sea solo para el área del experimento o para la información integrada al ajustar un Modelo Aditivo Generalizado (GAM) a las observaciones de llenura de estómago por hora del día.

Para la determinación de los estadios de madurez sexual de krill se usó la clave de KIRKWOOD (1982) que es una adaptación del documento original de estadios de madurez sexual de MAKAROV y DENNYS (1980) aplicado en el CCAMLR. Esta escala se aplicó para ambos sexos, dividiéndose en categorías (juveniles, sub adultos y adultos) y sub categorías.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### COMPOSICIÓN POR ESPECIES

La composición por especies de los 9 lances de comprobación efectuados en el estrecho de Bransfield estuvo mayoritariamente constituida, tanto en número como en peso, por el krill *E. superba*. Otras especies importantes fueron la malagua *Desmodesmus chierchianum* y el pez *Chionodraco rastropinosus* el mismo que fue encontrado en estadio larvario y juvenil (Tabla 1).

#### ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL KRILL

Usando la información del experimento, crucero y red bongo, la abundancia relativa promedio del krill fue de  $203,5 \pm 347,9$  individuos/1000m<sup>3</sup> (rango: 0 - 1663,7, N=36).

Considerando la información de la red bongo y crucero, con una distribución geoespacial más homogénea, la abundancia promedio fue de  $122,7 \pm 198,2$  (rango: 0 - 674,5, N=30) (Fig. 1). De acuerdo con las abundancias relativas registradas por AMLR (Antarctic Marine Living Resources, EE.UU.) en la misma área geográfica, las abundancias relativas de krill encontradas durante la expedición

estarían consideradas como altas, comparables a las de 1982, 1996, 1998 y 2003 (con 450, 107, 94 y 203 individuos/1000 m<sup>3</sup>) (REISS et al. 2008).

Tabla 1.- Composición por especies de las capturas en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

Peces	W (kg)	W (%)	N	N (%)
<i>Chionodraco rastropinosus</i>	4,502	0,7153	144	0,0088
<i>Pleurogramma antarcticus</i>	0,043	0,0068	46	0,0028
<i>Cyodraco antarcticus</i>	0,026	0,0041	5	0,0003
<i>Notolepsis coatsi</i>	1,460	0,2320	45	0,0027
<i>Neopagetopsis ionah</i>	4,720	0,7500	9	0,0005
<i>Electrona antarctica</i>	0,020	0,0032	11	0,0007
<b>Crustáceos</b>				
<i>E. superba</i>	602,464	95,7330	1.643.281	99,8815
<i>T. macrura</i>	0,024	0,0038	789	0,0480
<b>Cnidarios</b>				
<i>Desmodesmus chierchianum</i>	14,169	2,2516	9	0,0005
<b>Tunicados</b>				
<i>Salpa thompsoni</i>	1,871	0,2974	881	0,0535
<b>Otros</b>				
Chaetognatos	0,007	0,0011	5	0,0003
Otros gelatinosos	0,011	0,0017	5	0,0003
<b>TOTAL</b>	<b>629,3171</b>	<b>100</b>	<b>1.645.230</b>	<b>100</b>

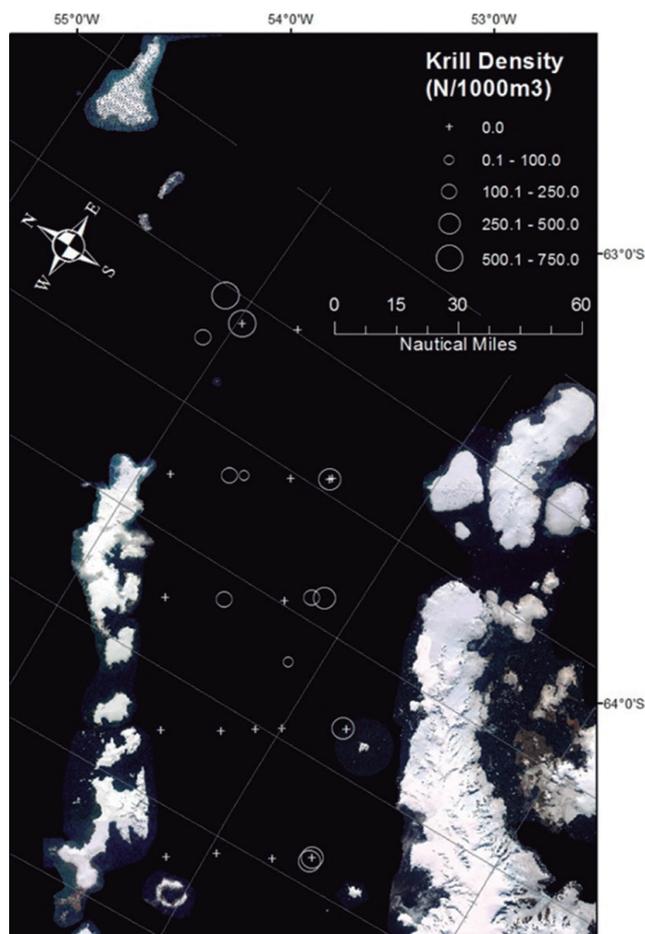


Figura 1.- Abundancia relativa del krill (*Euphausia superba*) estimada por lance de comprobación en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

Las altas abundancias probablemente se debieron a la dominancia de juveniles y subadultos en la estructura por tallas. Se ha demostrado una alternancia entre las abundancias de krill y salpas. Las abundancias de krill suelen ser mayores en años con bajas TSM, mayor cobertura de hielos y mayores concentraciones de nutrientes, mientras que las salpas muestran el patrón contrario (LEE et al. 2011), por lo que podríamos inferir que el verano austral 2013 habría sido un buen año para el recurso krill.

El ajuste de la función de tipo potencial a los pares de datos longitud-peso observados fue estadísticamente significativo (p-value <0,05).

Los parámetros a (intercepto) y b (asíntota) resultantes de dicho ajuste tuvieron valores  $5,7e^{-6}$  y 3,049 respectivamente (Fig. 2).

La estructura por tallas del krill estimada para el área del estrecho de Bransfield presentó rango entre 19 y 52 mm de longitud total. Dicha estructura estuvo compuesta por dos grupos modales, el principal con tallas entre 35 y 40 mm y el secundario con tallas entre 42 y 45 mm, hubo mínima presencia de individuos

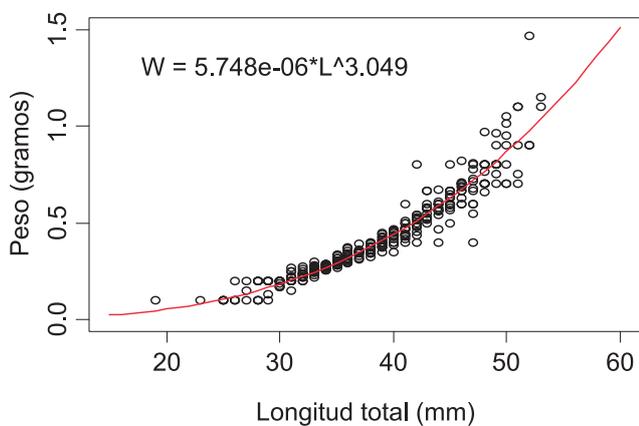


Figura 2.- Relación longitud – peso estimada para el krill. ANTAR XXI, 2013

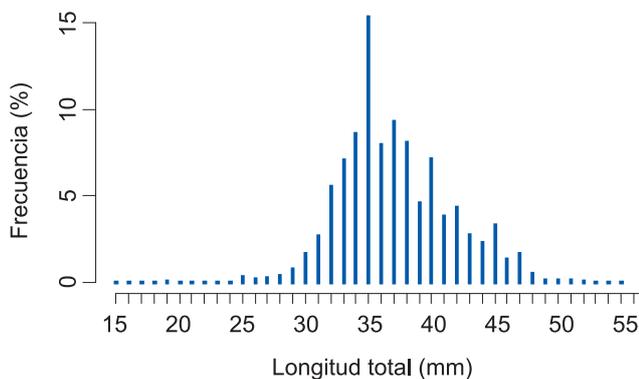


Figura 3.- Estructura por tallas del krill. Estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

que pertenecerían a un tercer grupo modal con tallas entre 19 y 25 mm, estos grupos modales corresponden a los grupos de edad de 2, 3 y 1 año respectivamente (Fig. 3).

Por grado de longitud (Fig. 4) se pudo observar creciente ocurrencia de ejemplares adultos en sentido oeste – Este, es decir desde la base del estrecho de Bransfield hacia mar abierto en dirección a la isla Elefante.

De acuerdo a la prueba de comparación de distribuciones de Kolmogorov-Smirnov existieron diferencias significativas entre las estructuras por tallas en los diferentes grados de longitud muestreados (Tabla 2).

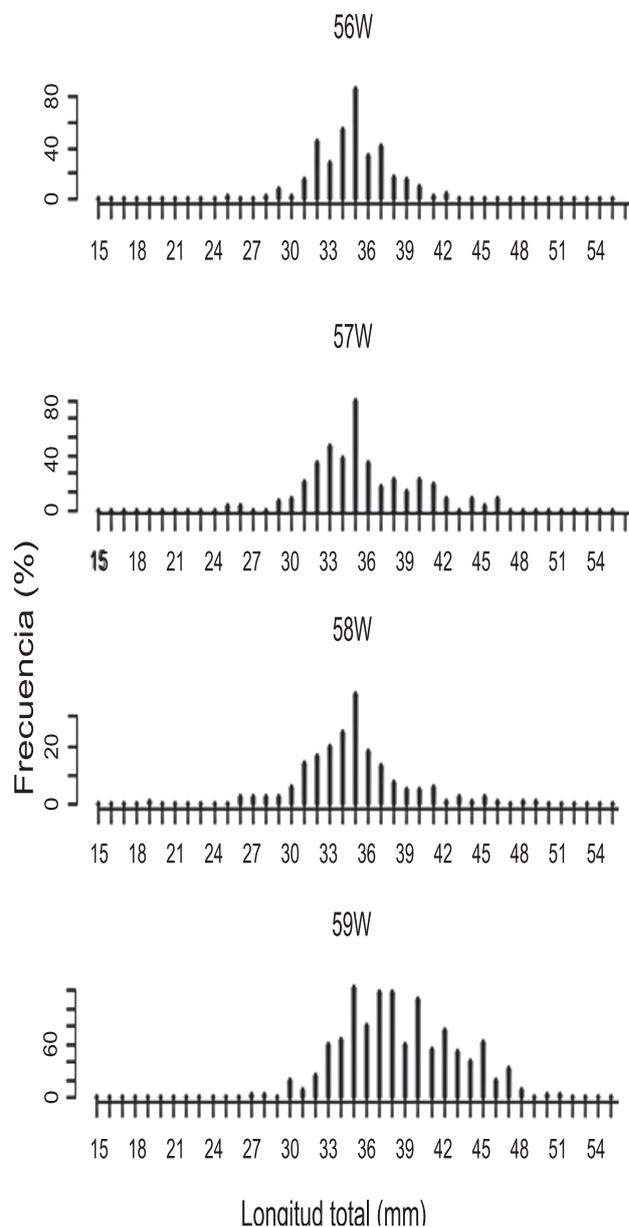


Figura 4.- Estructuras por tallas del krill por grado de longitud en el estrecho de Bransfield

Tabla 2.- Similitud entre las estructuras por tallas por grado de longitud oeste en el área del estrecho de Bransfield estimadas por la prueba de comparación de distribuciones de Kolmogorov-Smirnov

	59W	58W	57W	56W
59W		no	si	no
58W			no	no
57W				no
56W				

Considerando todos los lances de pesca, a los juveniles les correspondió 45,5%, sub adultos 46,7% y adultos 8,6%, lo que implica que se encontró muy poco porcentaje en reproducción. Las subcategorías con espermatóforos en el tético de las hembras (3DF, fecundadas) no superaron el 3%, debido a que la época de reproducción del krill corresponde al periodo diciembre y primeras semanas de enero (Antony Cossio NOAA, com. pers.) (Fig. 5).

**EXPERIMENTO COMPORTAMIENTO DE ENJAMBRES DE KRILL**

La estructura por tallas del krill estimada para el área del experimento, presentó rango entre 25 y 50 mm de longitud total. Dicha estructura estuvo compuesta por dos grupos modales, el principal con tallas entre 33 y 40 mm y el secundario con tallas entre 42 y 45 mm, es importante resaltar la mínima presencia de individuos que pertenecerían a un tercer grupo modal con tallas entre 25 y 26 mm; de acuerdo a DE LA MARE (1994) estos grupos modales corresponden a la edad de 2, 3 y 1 año respectivamente (Fig. 6).

Si bien el rango de tallas y los grupos modales observados para los seis lances con captura positiva de krill fueron similares, la prueba de comparación de distribuciones de Kolmogorov-Smirnov determinó que solo las estructuras por tallas de los lances 4 y 5 fueron significativamente similares al 95% de nivel de confianza (Tabla 3, Fig. 7).

El análisis de la intensidad alimentaria demostró que el krill se alimentó preferentemente durante las horas de luz (Fig. 8a). El análisis de la información integrada del área del experimento y del área del estrecho de Bransfield corroboró dicho resultado (Fig. 8b).

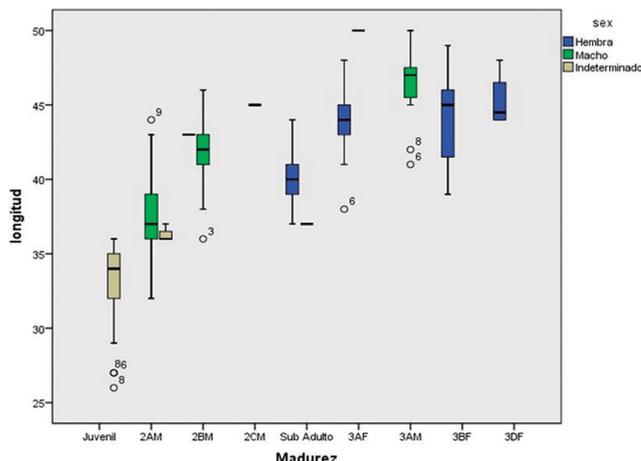


Figura 5.- Estadios de madurez sexual por talla del krill estimados en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

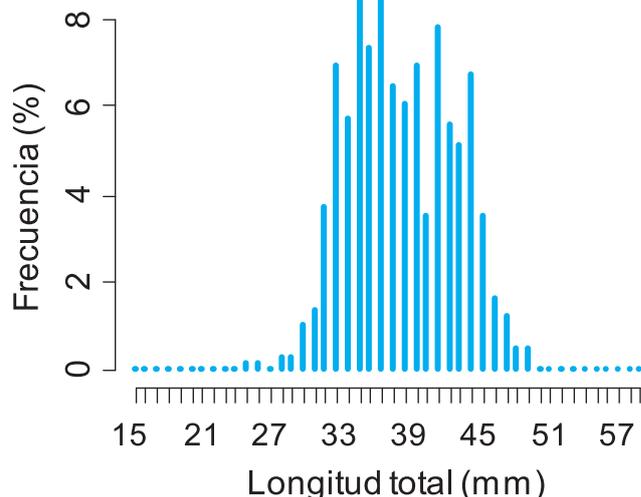


Figura 6.- Estructura por tallas del krill estimada para el área del experimento. ANTAR XXI, 2013

Tabla 3.- Similitud entre las estructuras por tallas de los seis lances de comprobación efectuadas en el área del experimento estimadas por la prueba de comparación de distribuciones de Kolmogorov-Smirnov

	E1	E4	E5	E6	E7	E8
E1		no	no	no	no	no
E4			si	no	no	no
E5				no	no	no
E6					no	no
E7						no
E8						

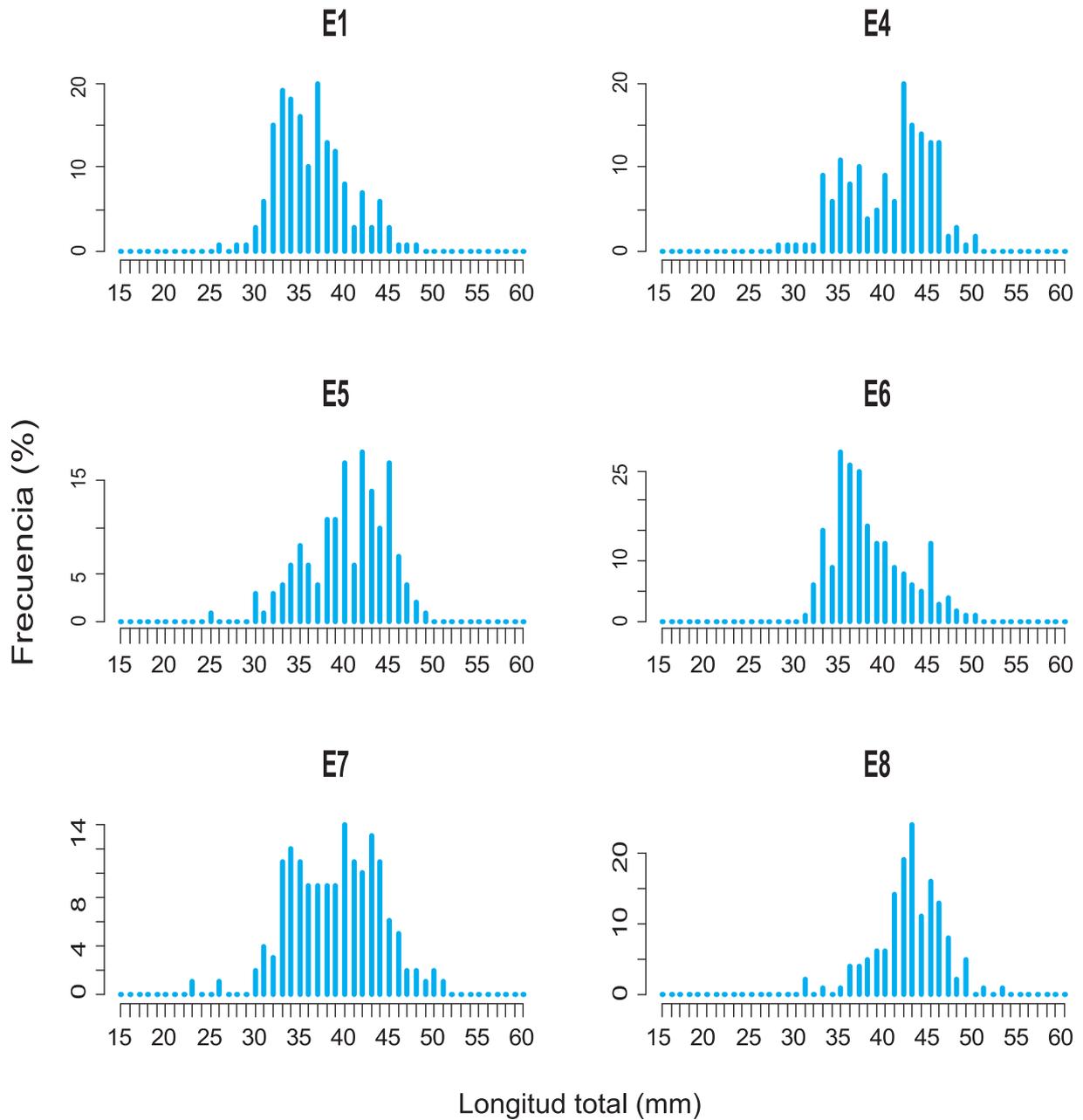


Figura 7.- Estructura por tallas del krill por lance de comprobación correspondiente al área del experimento

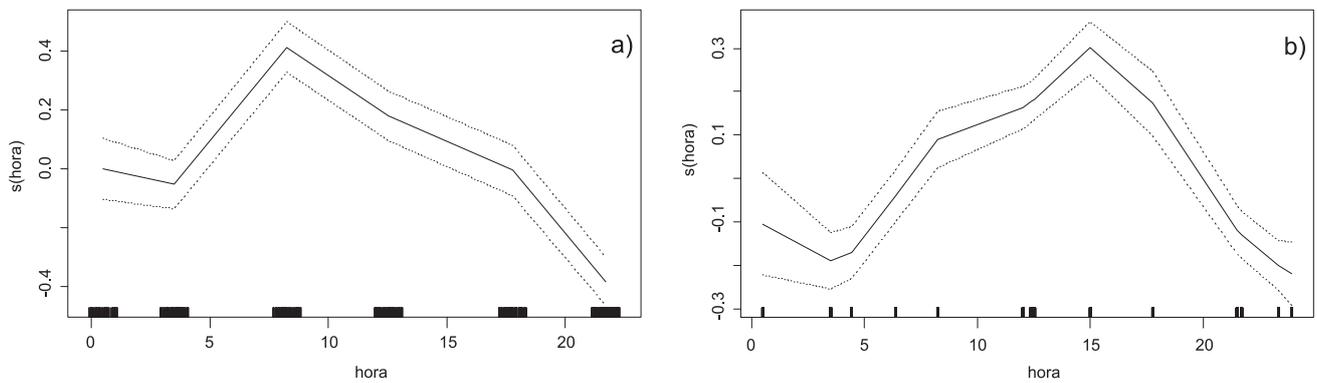


Figura 8.- Variación circadiana de la intensidad alimentaria del krill, a) en el área del experimento, b) información integrada del área del experimento y del estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

#### 4. CONCLUSIONES

La comunidad pelágica del estrecho de Bransfield estuvo principalmente constituida por krill *Euphausia superba*, Scyphomedusa *Desmodesmus chierchianum* y el pez *Chionodraco rastropinosus*.

La talla del krill varió entre 19 y 52 mm de longitud total, con dos grupos modales, el principal entre 35 y 40 mm y el secundario entre 42 y 45 mm.

Los ejemplares adultos representaron 8,6%, los subadultos 46,7% y los juveniles 45,5%.

El análisis de la intensidad alimentaria confirmó que el krill se alimenta preferentemente en las horas de luz.

#### 5. REFERENCIAS

- DE LA MARE W K. 1994. Estimating krill recruitment and its variability. CCAMLR Science. vol. 1, p. 55-69.
- KIRKWOOD J M. 1982. A guide to the Euphausiacea of the Southern Ocean. Information Services Section, Antarctic Division, Dept. of Science and Technology.
- LEE C I, PAKHOMOV E, ATKINSON A, SIEGEL V. 2011. Long-term relationships between the marine environment, krill and salps in the Southern Ocean. Journal of Marine Biology, vol. 2010.
- MAKAROV R R, DENYS CH J. 1980. Stages of sexual maturity of *Euphausia superba* Dana.
- REISS, CH S, et al. 2008. Variations in the biomass of Antarctic krill (*Euphausia superba*) around the South Shetland Islands, 1996–2006. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, vol. 65, no 4, p. 497-508.

# OPERATIVIDAD Y COMPORTAMIENTO DE LA RED DE ARRASTRE DE FONDO 352/200 TIPO GRANTON DEL BIC HUMBOLDT. ANTAR XXI, 2013

## OPERABILITY AND PERFORMANCE OF THE BOTTOM TRAWL 352/200 GRANTON TYPE OF THE RV HUMBOLDT. ANTAR XXI, 2013

Carlos Salazar<sup>1</sup>

Julio Alarcón

### RESUMEN

SALAZAR C, ALARCÓN J. 2016. Operatividad y comportamiento de la red de arrastre de fondo 352/200 tipo Granton del BIC Humboldt. ANTAR XXI, 2013. Bol Inst Mar Perú. 31(2): 212-216.- El 5 de febrero 2013, alrededor de la Isla Elefante, se realizaron dos lances de pesca experimental con la red Granton de arrastre de fondo 352/200. El tiempo de arrastre fue entre 30 y 35 min, a profundidades de 90 a 125 m, con una velocidad de 3 a 4 nudos. Para el análisis del comportamiento estático y dinámico de la red de fondo se utilizó el software Trawl visión Pro 3D. La simulación de la red de fondo presentó abertura horizontal de 19,1 m y vertical de 4 m, volumen filtrado de agua de 44,5 m<sup>3</sup> y eficiencia técnica de 60,9% cumpliendo con los estándares de buen funcionamiento.

PALABRAS CLAVE: Red de Arrastre, operatividad y comportamiento de redes de fondo

### ABSTRACT

SALAZAR C, ALARCÓN J. 2016. Operability and performance of the bottom trawl 352/200 Granton Type of the RV Humboldt. ANTAR XXI, 2013. Bol Inst Mar Perú. 31(2): 212-216.- On February 5th 2013, around Elephant Island two sets of experimental fishing with bottom trawl Granton 352/200 were executed. The trawl station was between 30 to 35 min, at depths of 90 to 125 m with a trawl speed of 3 to 4 knots. For analysis of the static and dynamic performance of the network, Trawl vision Pro 3D software was used. The bottom trawl simulation presented a horizontal opening of 19.1 m and 4 m vertical, filtering water volume 44.5 m<sup>3</sup> and technical efficiency of 60.9% complying with the standards of good performance.

KEYWORDS: Bottom trawl net, operability and performance of the bottom trawl

## 1. INTRODUCCIÓN

En el ANTAR XXI el IMARPE realizó por primera vez la investigación de los recursos pesqueros no pelágicos antárticos mediante una pesca científica experimental de fondo.

Después de cinco años se reactivaron las Investigaciones Antárticas a bordo del BIC Humboldt del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Esta actividad en particular ha sido un hito para la investigación marina peruana en la Antártida, toda vez que en los 25 años de estudios por primera vez se exploraron los fondos mediante uso de una red de pesca científica.

El 5 de febrero 2013, se realizaron pescas experimentales con arrastre de fondo en el lado occidental de la isla Elefante, con el propósito de realizar un piloto en el área Antártica alrededor de la isla Elefante (PAFE). Esta actividad tuvo como fuente una prospección de arrastre de fondo para peces demersales que fue ejecutada por Alemania a bordo de R/V "Polarstern" del 17 de marzo al 5 de abril 2012. Este documento mostró que las capturas en la isla Elefante

- islas Shetland del sur sugieren que la biomasa de *N. rossii* y *C. gunnari* se han incrementado desde la última evaluación de área barrida de la temporada 2006/07 (KOCK y JONES 2012).

Las zonas de arrastre se determinaron en base a los datos de la Expedición ANTARKTIS XIV/2 del BIC Polarstern (Alemania) en 1996-97 y datos de la campaña realizada por Antarctic Marine Living Resources Program de la NOAA.

En las pescas experimentales de fondo se utilizó la red de arrastre de fondo tipo Granton 352/200 cuyo comportamiento operativo fue medido por diversos sensores y herramientas tecnológicas que permitieron tener más seguridad en el trabajo de la red en el fondo marino.

La información obtenida de la biodiversidad antártica de la plataforma continental alrededor de la isla Elefante abre la posibilidad de ampliar el conocimiento de la fauna bentodemersal a favor de la comunidad científica nacional e internacional, mejorando la comprensión de su composición y de sus interacciones tróficas.

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú. Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca. csalazar@imarpe.gob.pe

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Arte de pesca

Red Granton de arrastre de fondo OTB-2, código ISSCFG 03.1.2, modelo 352/200 de polietileno (PE) de dos tapas superior e inferior. Abertura de punta de alas por diseño (APA) de 18,4 m con ángulo de ataque de 9° (Tabla 1, Figs. 1, 2).

### Equipos electrónicos

Se utilizaron los sistemas de ayuda y monitoreo para la pesca de arrastre de fondo:

- Carta de pesca y navegación electrónica digital Maxsea versión 10.3.5 con interface de GPS y ecosonda (estrategias de pesca)

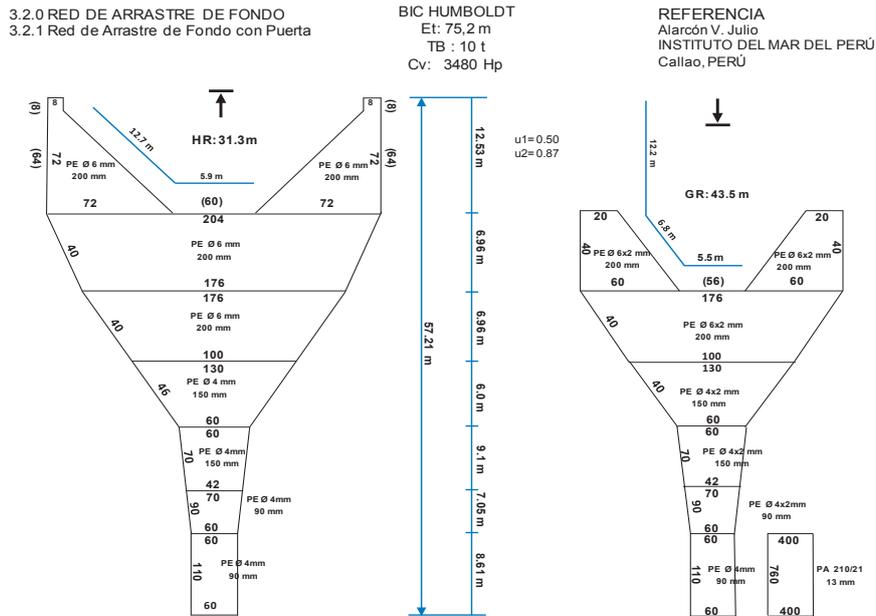


Figura 1.- Red de arrastre de fondo Granton 352/200 BIC Humboldt

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS PUERTAS DE ARRASTRES DE FONDO

Dos (02) puertas de arrastre de fondo  
**MODELO:** PUERTAS DE ARRASTRE DE FONDO UVH1400 x 2100  
**PESO:** 920 kg para c/u  
**AREA:** 2.94 m<sup>2</sup>

#### PUERTAS DE ARRASTRE FONDO UVH 1400 X 2100

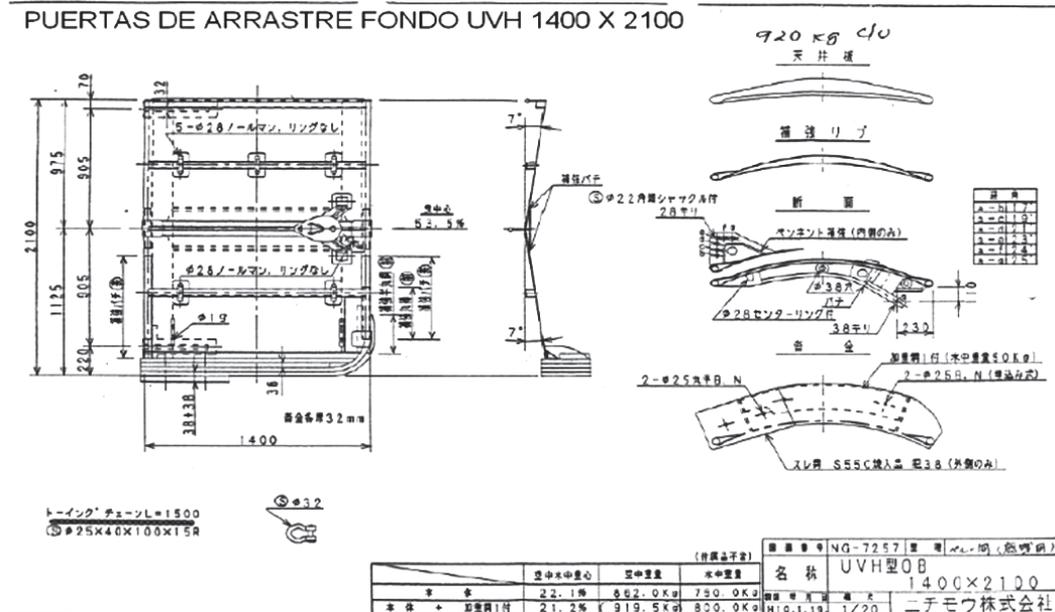


Figura 2.- Puertas de arrastre de fondo UVH 1400 x2100

Tabla 1.- Características técnicas de red Granton de arrastre de fondo 352/200 Polietileno Granton

Sección	Características Técnicas Nominales
Red de arrastre	Fondo de 2 tapas 352 mallas de 200 mm alrededor al nivel de la boca
Longitud total	57,21 m conformada por paños PE con mallas de 90 y 140 mm (Alas, cielo, cuerpo y copo)
Abertura de punta de alas	18,4 m paño PE malla 200 mm Ø 6 mm
Longitud de alas superior	12,53 m paño PE malla 200 mm Ø 6 mm
Longitud de alas inferior	6,96 m paño PE malla 200 mm Ø 6 mm
Longitud del cielo	6,96 m paño PE malla 200 mm Ø 6 mm
Longitud del cuerpo	29,11 paños PE malla 90, 150 y 200 mm Ø 5 mm
Longitud del copo	8,61 m paño PE malla 90 mm Ø 5 mm
Longitud de la red sin copo	43,38 m paño PE malla 90 y 140 mm Ø 5 mm
Longitud de la relinga superior	31,3 m cable de acero Ø 12 mm
Longitud de la relinga inferior	4,6 m cable de acero Ø 12 mm
Flotadores de arrastre	Circular con orejas para amarre
Diámetro	60 flotadores laterales (ambas) y 15 flotadores de 240 mm de Ø
Resistencia	2000 m de profundidad
Tren de arrastre	Piezas de cable de acero, jebes, lancaster, grilletos tipo candado
Longitud total	43,5 m de 5 secciones: 2 extensiones 2 alares y 1 central
Peso total	1280 kg en el aire
Puertas de arrastre	2 unidades Modelo UVH 1400x2100
Área	2,94 m <sup>2</sup> por c/u
Peso total	920 kg por c/u
Espesor	22 a 38 mm
Calamentos, bridas y patas de gallo	Cable de acero de Ø 19 mm
Longitud total malletas	58 m
Longitud de bridas	40 m
Longitud de pata de gallo	4

- Ecosonda Simrad Ek 60 (Identificación y localización de ecotrazos de peces demersales; detección fondos)
- Controlador de cable principal Scantrol
- Netsonda ITI Simrad (sensor ojo de red, profundidad, distancia abertura horizontal)
- GPS Furuno (Indicador de latitud, longitud, rumbo, velocidad)

### Lances de pesca

Para ejecutar los lances de arrastre de fondo, se contó con información de la expedición ANTARKTIS XIV/2 del BIC Polarstern (Alemania) 1996-97 y datos de la campaña realizada por Antarctic Marine Living Resources Program de la NOAA.

Antes de efectuar los arrastres de profundidad, se realizó la detección acústica de la configuración del fondo utilizando la ecosonda científica EK60 con frecuencia de 38 KHz, considerando el estado del mar, corrientes, vientos, entre otros parámetros que afectan el desempeño de la red.

Para determinar el desempeño de la red de arrastre de fondo 352/200 se utilizó el programa Trawl vision pro 3D, con el apoyo de Frank Chalkling de la empresa

Acruxsoft, en el cual se incorporó el plano de la red y los parámetros de operatividad en que trabajó la red durante el lance de pesca.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para reforzar su compromiso de investigación de peces de fondo en la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), EE.UU. y Alemania llevaron a cabo una serie de evaluaciones de área barrida dentro del contorno de la isobata de 500 m en el Arco de Escocia el sur a partir de 1996 para evidenciar la biomasa de los peces demersales y determinar su recuperación después del colapso entre 1989 y 1990 (KOCK y JONES 2012)

En este marco, se realizó la primera experiencia de lances experimentales de fondo en esta área basado en la experiencia nacional de más de 25 años en cruceros demersales con la merluza peruana en el área de la Región Piura.

Se efectuaron dos operaciones de pesca de fondo exitosas, en condiciones meteorológicas con vientos y ráfagas de más de 20 nudos de velocidad y presión promedio de 973,7 hPa (Tabla 2).

En el R/V Polastern se ejecutaron 4 lances en el estrato de 50 a 100 m y 19 lances de pesca de 101 a 200 m y otros más en diferentes estratos de profundidad (Tabla 3.)

Tabla 2.- Datos de las operaciones de pesca de profundidad alrededor de la isla Elefante

Lance experimental	1	2
Latitud	61°14,6S	61°13,6S
Longitud	55°39,6W	55°49,6W
Arrastre		
Tiempo efectivo (min)	30	35
Profundidad (m)	91-97	122-115
Rumbo (°)	286-341	95-110
Velocidad (nudos)	3,0	3,2-4,0
Climatología		
Veloc. de viento (nudos)	20,1	23,5
Presión (hPa)	975,3	975,3

Tabla 3.- Número de lances realizados alrededor de la isla Elefante, en el box oeste de la isla Elefante, a las afueras de las islas Shetland del sur y al norte de la península antártica (MAGNUS LUCASS, 2012)

Prof. del estrato	Isla Elefante	Isla Shetland sur	Extremo de la península antártica
50-100	4	1	0
101-200	19	7	0
201-300	14	5	1
301-400	6	4	3
401-500	1	3	2

Tabla 4.- Simulación de la red Granton de arrastre de fondo 352/200 de polietileno (PE)

Estimaciones de la red	Valor	Unidad
Abertura horizontal	19,1	m
Abertura vertical	4,0	m
Eficiencia técnica de diseño	60,9	%
Resistencia red	3855,6	kgf
Volumen de agua filtrada	44,5	m <sup>3</sup>
Ángulo de ataque de la bridas	12°	
Apertura entre puertas	59,1	m
Velocidad	3,2	nudos
Velocidad de diseño	3,5	nudos
Coef. Expansión puertas	1,5	
Coef. Resistencia puertas	0,8	
Expansión puerta	728,6	kgf
Resistencia puerta	777,2	kgf
Ángulo ataque puertas	34°	
Resistencia malleta	11,4	kgf
Resistencia brida superior	7,6	kgf
Resistencia brida inferior	7,6	kgf
Resistencia del cable principal de arrastre	97,6	kgf
Resistencia total	5434,9	kgf
Resistencia total HP	110,3	HP
Longitud de cable principal de arrastre	350	m
Largo de bridas	40	m
Largo de pie de gallo	4	m
Largo de malletas	58	m
Resistencia flotadores	173,9	kgf
Resistencia lastre	504	kgf

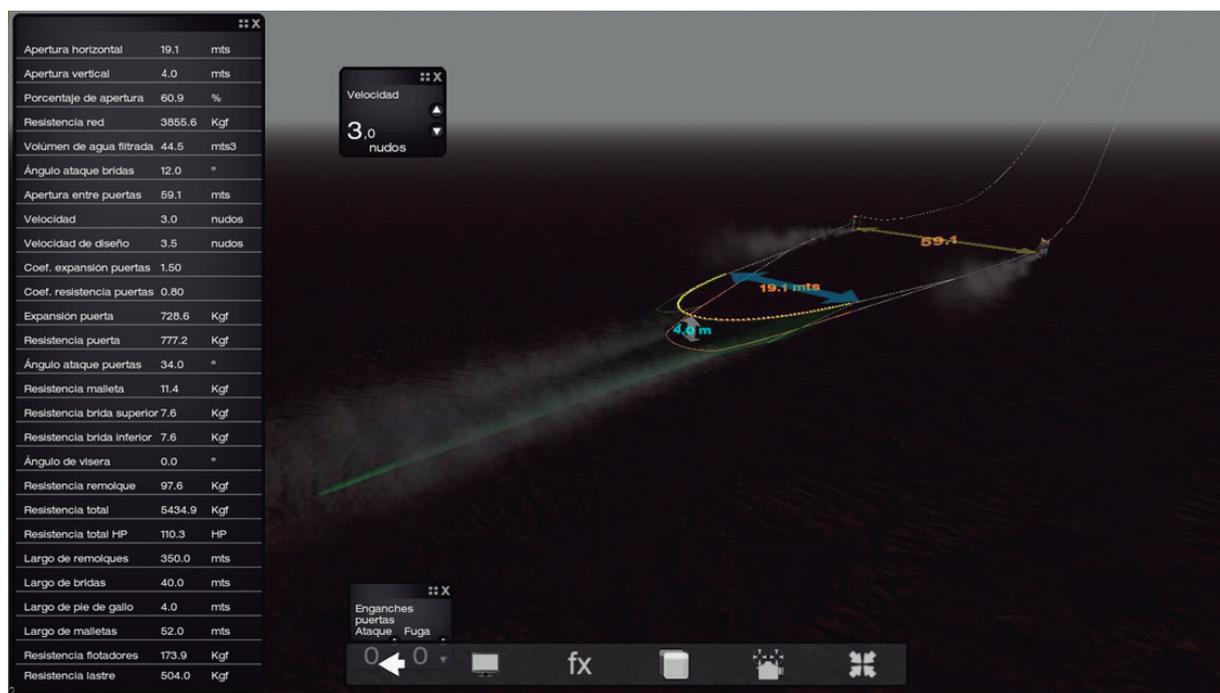


Figura 3.- Esquema de simulación de la red de arrastre de fondo 352/200 de polietileno (PE) de Trawl vision Pro 3D

El arte de pesca utilizado en el estudio del R/V *Polastern* es el mismo que los alemanes utilizaron en prospecciones similares en 1996, 2002 y 2007. Fue un arrastre de fondo comercial de 42 m de longitud total, con un copo de 40 mm de tamaño de malla, con una abertura de la boca de 2,5 a 3,2 m x 16-18 m. Se realizaron arrastres de 30 minutos (KOCK y JONES 2012). La red utilizada en el BIC Humboldt fue un arrastre de fondo experimental de 52 m de longitud total, copo de 90 mm de tamaño de malla, abertura de boca de 4 m x 19 m, y los lances se realizaron en un tiempo de 30 minutos en línea recta en horas del día. A juzgar por los parámetros de operación y dimensiones, son similares, por lo que podríamos insertarnos en la investigación internacional que EEUU y Alemania están realizando desde 1996.

La simulación de la red Granton de arrastre de fondo 352/200 de polietileno (PE) se indica en la Tabla 4, figura 3.

#### 4. CONCLUSIONES

- El desempeño de la red Granton de arrastre de fondo 352/200 de polietileno (PE) programado por el software *Trawl vision Pro 3D* en función a las características de la abertura horizontal, está muy

cercano al valor óptimo de la eficiencia técnica por diseño equivalente a 60% de la relinga superior.

- A juzgar por los parámetros de operación y dimensiones son similares, por lo que podríamos insertarnos en la investigación internacional que EEUU y Alemania están realizando desde 1996 sobre los peces demersales antárticos.

#### 5. REFERENCIAS

- KOCK K-H, JONES C D. 2012 The composition, abundance and reproductive characteristics of the demersal fish fauna in the Elephant Island–South Shetland Islands region and at the tip of the Antarctic Peninsula (CCAMLR Subarea 48.1) in March–early April 2012.
- MAGNUS LUCASSEN. 2012. With contributions of the participants. The Expedition of the Research Vessel “Polarstern” to the Antarctic in 2012 (ANT-XXVIII/4).
- NEDELÉC C, PRADO J. 1999. Definición y Clasificación de las Diversas Categorías de Artes de Pesca. FAO, Documento Técnico de Pesca N° 222. 109 p.
- OKONSKI S, MARTINI W. 1987. Artes y métodos de pesca. Materiales didácticos para la capacitación técnica, 357 p.
- PRADO J, DREMIERE P. 1988. Guía de bolsillo del pescador. Publicado por acuerdo con la FAO. 182 p.
- SALAZAR C, CHACÓN G, ALARCÓN J. 2006. Comportamiento de dos redes pelágicas: tipos 266x900 mm y 140x1200mm en el verano 2002. *Inf Inst Mar Perú* 33 (3): 181-192.

# AVISTAMIENTO DE AVES MARINAS ANTÁRTICAS Y SU RELACIÓN CON EL KRILL (*Euphausia superba*). ANTAR XXI

## ANTARCTIC SEABIRDS AND ITS RELATIONSHIP WITH KRILL (*Euphausia superba*). ANTAR XXI

Jaime Silva Alva<sup>1</sup>

### RESUMEN

SILVA J. 2016. Avistamiento de aves marinas antárticas y su relación con el krill *Euphausia superba*. ANTAR XXI. Bol Inst Mar Perú. 31(2): 217-222.- Observaciones de aves marinas fueron hechas simultáneamente durante los 3 experimentos principales llevadas a cabo por la misión científica ANTAR XXI: i) comportamiento de enjambres de krill, ii) crucero demersal y iii) crucero pelágico de evaluación de krill en la zona comprendida entre el estrecho de Bransfield y el sur de la isla Elefante. Se registraron 508 individuos de 17 especies y 5 familias. El pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica* 25,54%), la golondrina de tempestad de Wilson (*Oceanites oceanicus* 23,18%), el petrel gigante del sur (*Macronectes giganteus* 8,45%) y la skua marrón (*Catharacta antarctica* 8,45%) representaron el 65,62% de las observaciones totales. Se observó alta correlación entre la abundancia de krill y petrel gigante del sur a pequeña escala; pero no se observó el mismo patrón en la evaluación de la abundancia de krill con la abundancia total de aves marinas. Durante el experimento de comportamiento de enjambres de krill se encontró correlación entre la profundidad de los enjambres de krill y la abundancia de pingüinos de barbijo.

PALABRAS CLAVE: Aves marinas, *Euphausia superba*, abundancia

### ABSTRACT

SILVA J. 2016. Antarctic seabirds and its relationship with krill (*Euphausia superba*). ANTAR XXI. Bol Inst Mar Peru. 31(2): 217-222.- Seabird observations were made simultaneously during the 3 main experiments carried out by the scientific mission ANTAR XXI: i) krill's swarms behaviour experiment, ii) demersal cruise and iii) pelagic cruise assessment of krill in the area between Bransfield Strait and the south of Elephant island. 508 individuals from 17 species and 5 families were recorded. The chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica* 25.54%), the wilson storm petrel (*Oceanites oceanicus* 23.18%), the southern giant petrel (*Macronectes giganteus* 8.45%) and brown skua (*Catharacta antarctica* 8.45%) accounted for 65.62% of the observations. High correlation between the abundance of krill and southern giant petrel was observed on a small scale; but not observed the same pattern when assessing the abundance of krill with the total abundance of seabirds. During the krill's swarms behaviour experiment was found there is a correlation between the depth of krill swarms and penguin chinstrap abundance.

KEYWORDS: Seabirds, *Euphausia superba*, abundance

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aves marinas son consideradas buenas indicadores del estado y salud de los ecosistemas marinos (PIATT et al. 2007, FURNESS y CAMPHUYSEN 1997, MONTEVECCHI y MYERS 1997) o del estado de algún recurso marino (CAIRNS 1987, HATCH y SANGER 1992); así, cambios en la abundancia, tamaño poblacional, distribución espacial, dieta y performance reproductiva de las aves marinas pueden ser indicadores de cambios que se están produciendo en el medio ambiente marino.

En la península antártica existen importantes poblaciones de aves marinas y todas incluyen al krill *Euphausia superba* en su dieta, representando entre el 16 y 95% (como % en peso) y hay estudios realizados que demuestran que una disminución en la abundancia de krill afecta la composición de la dieta y reduce el éxito reproductivo de estas aves (CROXALL

et al. 1999). En este contexto, el estudio de las aves marinas en la Antártida puede ser una herramienta muy importante al servir éstas como indicadores del estado del ecosistema antártico y de los cambios en la abundancia o disponibilidad del krill.

El presente informe contiene los resultados de los avistamientos registrados durante la Vigésima Primera Expedición Científica ANTAR XXI.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron avistamientos de aves marinas entre el 4 y 22 de febrero 2013 a bordo del BIC Humboldt durante la realización de: i) Experimento de comportamiento de enjambres de krill, ii) Crucero demersal y iii) Crucero pelágico de evaluación de krill en el área comprendida entre el estrecho de Bransfield y el sur de la isla Elefante.

<sup>1</sup> jaime200181@gmail.com

**AVISTAMIENTOS**

Se registraron las aves observadas durante las horas de luz (5:00-20:30) en la banda de estribor del BIC Humboldt en un área comprendida dentro de un ángulo de 90° medidos a partir de la proa del buque y hasta una distancia de 300 m utilizando binoculares 10x50 y guías de campo para la identificación de aves marinas (HARRISON 1987). Los registros de avistamiento consideran la identificación de la especie, el número de individuos y su comportamiento. Las unidades de conteo fueron segmentos de una milla de recorrido durante los cuales se realizaba simultáneamente la eco-integración del krill. No se realizó registro de aves durante los lances de comprobación de abundancia y composición de krill, ni durante la realización de estaciones oceanográficas.

**ANÁLISIS DE DATOS DEL EXPERIMENTO DE ENJAMBRES DE KRILL**

El objetivo fue determinar si se podía mostrar alguna relación a micro escala entre las aves marinas y un enjambre de krill, teniendo en cuenta el desplazamiento vertical que muestra éste a lo largo del día y, si su profundidad influye en la abundancia relativa de aves marinas en la zona. Se analizó el caso del pingüino barbijo, al ser el ave buceadora más abundante en la zona de experimento, cuya dieta depende principalmente del krill (LISHMAN 1985, MILLER y TRIVELPIECE 2008).

**ANÁLISIS DE DATOS: CRUCERO DEMERSAL**

El objetivo fue evaluar los patrones horarios en las actividades de forrajeo de las aves marinas antárticas, sirviendo como herramienta para entender las relaciones inter-específicas (como por ejemplo segregación de nicho, mutualismo o cleptoparasitismo).

**ANÁLISIS DE DATOS: CRUCERO PELÁGICO DE EVALUACIÓN DE KRILL**

Se consideraron las cuatro especies de aves marinas más abundantes durante la realización del crucero pelágico para evaluar su relación con el krill, que incluyeron a dos especies de pingüinos: el pingüino barbijo *Pygoscelis antarctica*, el pingüino de papua (*Pygoscelis papua*), la golondrina de tempestad de Wilson (*Oceanites oceanicus*) y el petrel gigante del sur (*Macronectes giganteus*). Cada segmento de una milla de distancia recorrida por el buque fue considerado como la unidad básica de muestreo (UBM).

De los datos se calculó el número de aves y la probabilidad de observar krill, se determinó la

correlación entre la probabilidad de encontrar krill y la abundancia relativa de aves por milla, para las cuatro especies evaluadas y el total de aves registradas.

**3. RESULTADOS**

**EXPERIMENTO DE COMPORTAMIENTO DE ENJAMBRES DE KRILL**

Se registraron 12 especies de aves marinas, siendo la más abundante el pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica*) que representó el 54,10% de los avistamientos, seguido por la golondrina de mar de Wilson (18,36%) y la golondrina de la tempestad de vientre negro (*Fregatta tropica*) (10,16%). En conjunto estas tres especies representaron más del 82% de avistamientos.

En el caso del pingüino barbijo se pudo observar incremento en el número de individuos registrados entre las 16 y 19 horas en comparación al resto del día. Este incremento, se dio cuando los enjambres de krill comenzaron a mostrarse más superficiales de acuerdo con el rastreo acústico (Fig. 1).

Durante la realización de este experimento, se pudo registrar presencia del albatros errante *Diomedea exulans*, especie que se encuentra en estado VULNERABLE, con una población mundial de alrededor de 8000 parejas y cuya tendencia poblacional es decreciente desde mediado de los años 70. En la Tabla 1, se ve la lista de aves registradas durante este experimento.

**CRUCERO DEMERSAL**

Entre el 4 y 5 de febrero, se realizaron avistamientos de aves cada hora durante las horas de luz, excepto durante la realización de las calas. Se pudo registrar presencia de catorce especies de aves marinas, incluyendo a pingüinos

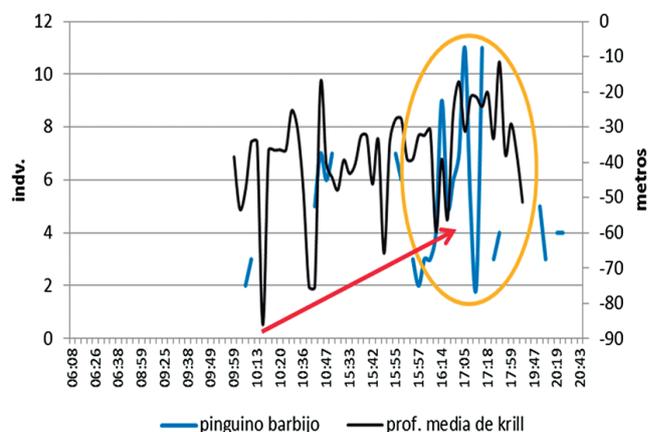


Figura 1.- Abundancia de pingüino barbijo y profundidad media de enjambres de krill. La línea roja muestra como los enjambres de krill se fueron detectando más superficialmente y la elipse amarilla muestra los avistamientos del pingüino barbijo

barbijo y papua, el petrel del cabo (*Daption capense*), el petrel antártico (*Thalasoica antartica*), el albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophris*), entre otras. En este periodo, la mayor actividad de aves marinas en la zona se presentó en la mañana entre las 9 y 12 del día (Fig. 2).

#### CRUCERO PELÁGICO DE EVALUACIÓN DE KRILL

Se registraron 17 especies de aves marinas (n=508), las más abundantes fueron el pingüino barbijo (25,54%), la golondrina de mar de Wilson (23,18%), el petrel gigante del sur (8,45%) y la skua antártica (*Catharacta antartica*) (8,45%) (Tabla 2).

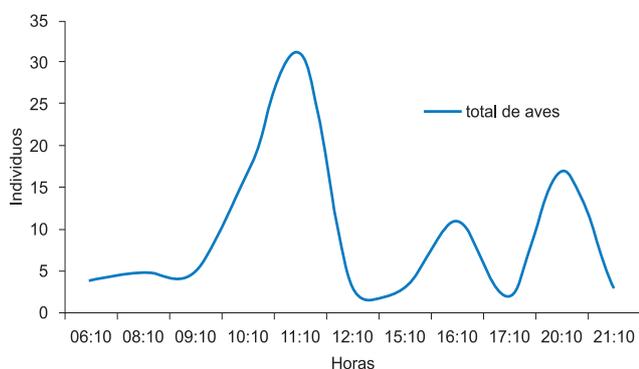


Figura 2.- Presencia de aves marinas durante el recorrido del BIC Humboldt. Evaluación de recursos demersales

La familia Spheniscidae (pingüinos) constituyó la familia más abundante (36,54%) de los avistamientos (4 especies registradas); la segunda familia en importancia fue la Oceanitidae (golondrinas de mar) que representaron el 28,49% de los avistamientos (2 especies registradas) y la tercera familia en importancia fue la Procellariidae (petreles) con 17,68% de avistamientos y 6 especies registradas.

Tabla 1.- Especies de aves marinas registradas

Nombre común	Nombre científico	%
SPHENISCIDAE		
Pingüino barbijo	<i>Pygoscelis antartica</i>	54,10
DIOMEDEIDAE		
Albatros ceja negra	<i>Thalassarche melanophris</i>	2,62
Albatros cabeza gris	<i>Thalassarche cristostoma</i>	2,30
Albatros errante	<i>Diomedea exulans</i>	0,33
PROCELLARIIDAE		
Petrel gigante del sur	<i>Macronectes giganteus</i>	4,26
Petrel gigante del norte	<i>Macronectes halli</i>	1,31
Petrel del cabo	<i>Daption capense</i>	4,92
Petrel antártico	<i>Thalasoica antartica</i>	0,33
Petrel plateado	<i>Fulmarus glacialisoides</i>	0,98
OCEANITIDAE		
Golondrina de mar de Wilson	<i>Oceanites oceanicus</i>	18,36
Golondrina de mar de vientre negro	<i>Fregetta tropica</i>	10,16
LARIDAE		
Skua	<i>Catharacta antartica</i>	0,33

Tabla 2.- Especies de aves marinas registradas durante el Crucero pelágico de evaluación de krill. En negrita las especies más abundantes

Nombre común	Nombre científico	%
SPHENISCIDAE		
Pingüino papua	<i>Pygoscelis papua</i>	5,89
<b>Pingüino barbijo</b>	<b><i>Pygoscelis antartica</i></b>	<b>25,54</b>
Pingüino de adelia	<i>Pygoscelis adelia</i>	2,16
Pingüino sp.	<i>Aptenodytes sp</i>	0,20
Pingüino	<i>Pygoscelis sp</i>	2,75
DIOMEDEIDAE		
Albatros ceja negra	<i>Thalassarche melanophris</i>	3,54
Albatros cabeza gris	<i>Thalassarche cristostoma</i>	1,96
PROCELLARIIDAE		
<b>Petrel gigante del sur</b>	<b><i>Macronectes giganteus</i></b>	<b>8,45</b>
Petrel gigante del norte	<i>Macronectes halli</i>	1,18
Petrel gigante	<i>Macronectes sp</i>	1,57
Petrel del cabo	<i>Daption capense</i>	4,72
Petrel antártico	<i>Thalasoica antartica</i>	0,39
Petrel plateado	<i>Fulmarus glacialisoides</i>	0,98
Petrel paloma	<i>Pachystilus sp.</i>	0,39
OCEANITIDAE		
<b>Golondrina del mar de Wilson</b>	<b><i>Oceanites oceanicus</i></b>	<b>23,18</b>
Golondrina de mar de vientre negro	<i>Fregetta tropica</i>	5,30
LARIIDAE		
<b>Skua</b>	<b><i>Catharacta antartica</i></b>	<b>8,45</b>
Gaviotadominicana	<i>Larus diomitanus</i>	0,59
Gaviotín antártico	<i>Sterna vittata</i>	2,75

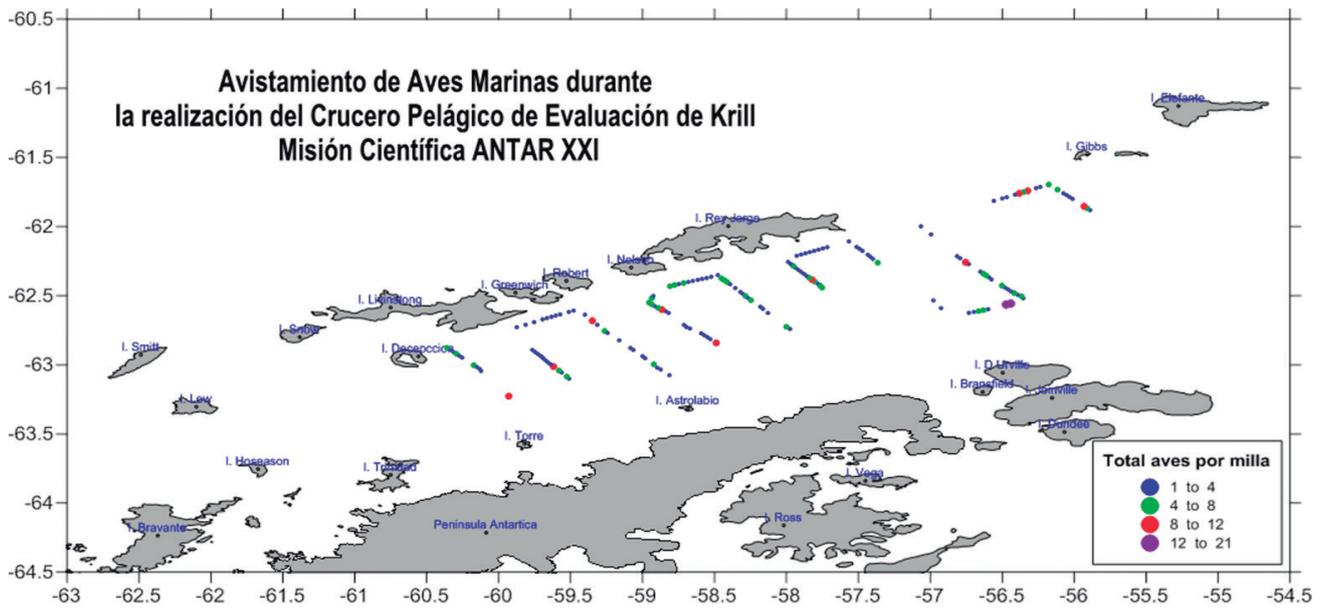


Figura 3.- Distribución de aves marinas durante la realización del crucero pelágico de evaluación de krill. ANTAR XXI, 2013

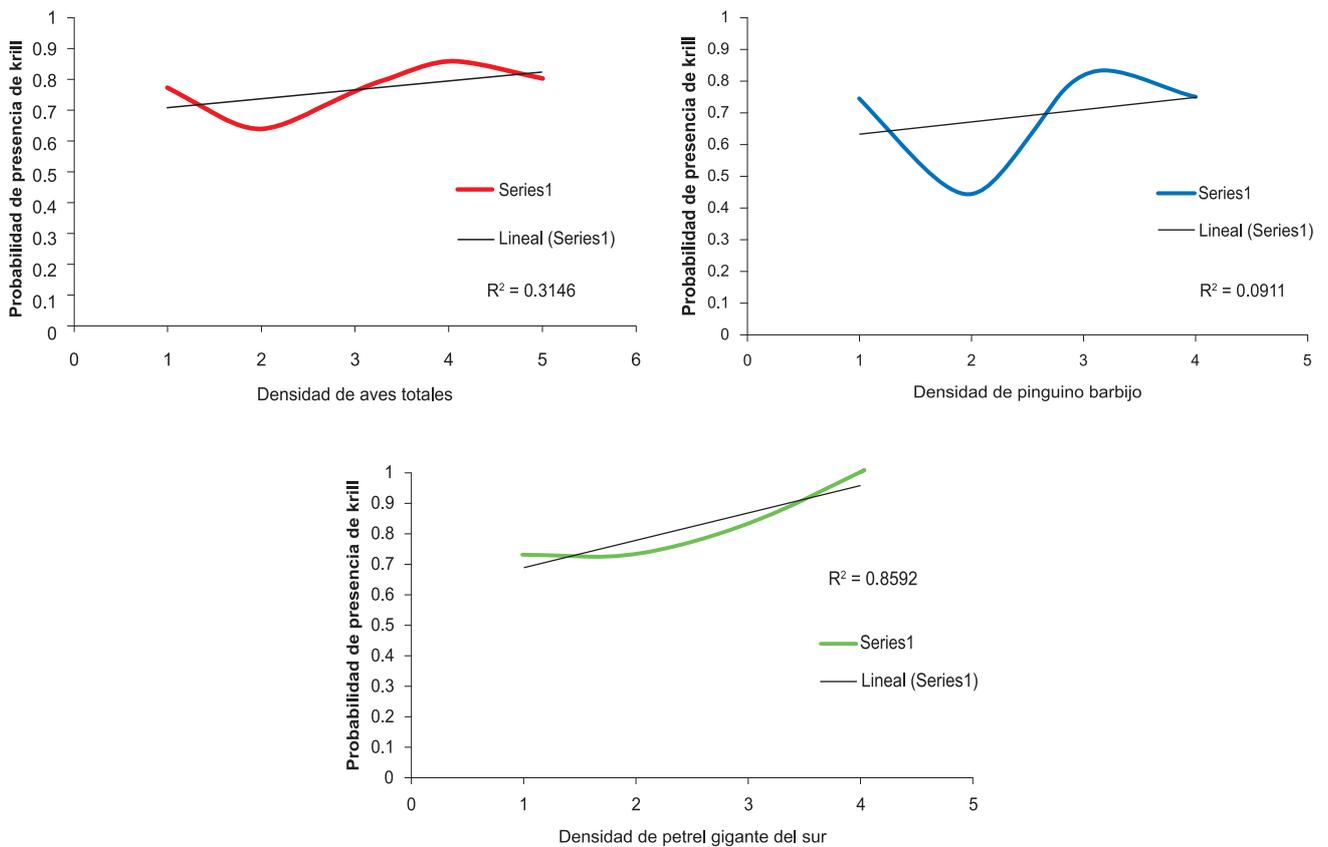


Figura 4.- Probabilidad de encontrar krill hasta 250 m de profundidad a diferentes densidades de aves. Del total de aves (rojo), del pinguino barbijo (azul) y del petrel gigante del sur (verde)

En el caso del ave marina más abundante (pingüino barbijo) los avistamientos se dieron principalmente al sur de las islas Decepción, Nelson y Rey Jorge (hasta 20 millas de distancia de costa), especialmente en horas de la tarde y formando pequeños grupos. En la figura 3 se muestra la distribución espacial de las especies observadas.

No se hallaron diferencias significativas en la abundancia relativa de aves entre millas donde se registró presencia de krill y donde no se registró, tanto para el total de aves observadas como para cada una de las cuatro especies en estudio (MANN-WHITNEY;  $P > 0,05$ ). Tampoco se encontró asociación entre la presencia de aves y la presencia de krill, tanto para el total de aves como para cada una de las especies estudiadas (Prueba Chi cuadrado;  $GL= 1$ ;  $P > 0,05$ ).

**Número de aves y la probabilidad de observar krill.**- Se observaron correlaciones lineales muy débiles y no significativas cuando se evaluó la relación entre la densidad de aves y la probabilidad de registro de krill, sólo en el caso del petrel gigante del sur mostró una tendencia positiva y significativa (Fig. 4).

#### 4. DISCUSIÓN

De manera general hay dos resultados que llaman la atención, el primero es el bajo número de aves observadas durante la realización del crucero (en comparación con misiones ANTAR previas) y la segunda es la aparente poca relación encontrada entre la presencia de aves y el krill, especialmente de los datos del crucero pelágico de evaluación de krill.

Con respecto al primero, hay diversos factores que influyen en las especies de aves marinas y la cantidad de individuos avistados durante la realización de un crucero de investigación en una zona dada; entre ellos podemos mencionar la cercanía de colonias reproductivas a la zona evaluada, el tamaño poblacional, la disponibilidad de alimento, los ciclos reproductivos (pues una vez que se terminan éstos, las aves suelen dispersarse), las condiciones ambientales (como pueden ser lluvias y vientos fuertes), entre otros. Si se tiene en cuenta que la mayoría de especies de aves que anidan en la península antártica ya estaban en la fase final de su temporada reproductiva (o ya la habían terminado) los resultados tienen más sentido, pues las aves se dispersan luego de terminar su reproducción.

Con respecto al segundo, la falta de diferencias significativas en el total de aves registradas entre millas con krill y sin krill sugiere uniformidad en la abundancia total de aves a nivel de millas, lo cual puede ser la causa de la falta de correlaciones

significativas por especie a este nivel de escala; esta situación se ve reforzada cuando se tiene en cuenta las condiciones ambientales y estadio reproductivo de las aves al momento de la evaluación.

Durante la realización de la misión científica ANTAR XXI, se encontró que el pingüino barbijo fue la especie más registrada, seguido de la golondrina de mar de Wilson. Esto tiene mucho sentido pues el pingüino barbijo, una de las aves marinas más abundantes en la península antártica (alrededor de 8 millones de parejas) aún se encontraba en la fase final de su temporada reproductiva (considerando que la puesta de huevos comienza a finales de noviembre y los últimos pichones dejan el nido en marzo); por otro lado, la golondrina de tempestad de Wilson es muy abundante en la zona evaluada.

De manera general, las especies de pingüinos menos abundantes en el ecosistema antártico y que además ya habían terminado su temporada reproductiva fueron efectivamente los menos avistados (entre estos casos tenemos al pingüino de Adelia y al pingüino papúa).

En este sentido, el desfase temporal de la toma de datos en comparación a misiones ANTAR previas puede haber influido en el bajo número de aves marinas registradas esta temporada (por ejemplo en misiones previas los trabajos se culminaban a fines de enero), pero ha permitido observar por primera vez un posible patrón de dispersión de las aves marinas antárticas luego de terminada su reproducción.

En el experimento de enjambres de krill se ha obtenido un resultado interesante con respecto al pingüino barbijo pues se observó un incremento en su abundancia cuando los enjambres de krill se hacían más superficiales (a micro escala); sería recomendable que este experimento se siga haciendo y no sólo en una zona, sino que tenga repeticiones teniendo en cuenta la distancia a costa, el relieve submarino y otras especies de krill además de *Euphausia superba* que también constituyen enjambres y que también forman parte de la dieta de aves marinas (por ejemplo *Thysanoessa macrura*). Todo esto mejorará la posibilidad de entender las relaciones existentes entre las especies a nivel de comunidad.

#### 5. CONCLUSIONES

Durante el experimento de comportamiento de enjambres de krill, se avistaron 12 especies de aves marinas, de las cuales el pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica*), la golondrina de mar de Wilson (*Oceanites oceanicus*) y la golondrina de la tempestad de vientre negro (*Fregetta tropica*) constituyeron el 82% del total de avistamientos.

En el crucero demersal de evaluación de krill, se registraron 14 especies de aves, principalmente el pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica*), pingüino papua (*Pygoscelis papua*), petrel del cabo (*Daption capense*), petrel antártico (*Thalasoica antarctica*) y el albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophris*)

En el crucero pelágico de evaluación de krill, se registraron 17 especies siendo las más abundantes el pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica*), la golondrina de mar de Wilson (*Oceanites oceanicus*), el petrel gigante del sur (*Macronectes giganteus*) y la skua antártica (*Catharacta antarctica*).

La presencia del pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica*), 54,10% en el experimento de comportamiento de enjambres de krill y 25,54% en el crucero pelágico de evaluación de krill fue observada en las tardes, coincidiendo con el ascenso de enjambres dispersos de krill a zonas pelágicas entre 25 y 10 m en la columna de agua.

En el petrel gigante del sur (*Macronectes giganteus*) se encontró una relación positiva y significativa entre la densidad de aves y los registros de krill.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca del IMARPE por proporcionar los datos de las bitácoras del barrido hidroacústico.

## 7. REFERENCIAS

- CAIRNS DK. 1987. Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biol. Oceanogr.* 5:261-271.
- CROXALL J, REID K, PRINCE P. 1999. Diet, provisioning and productivity responses of marine predators to differences in availability of Antarctic krill. *Marine Ecology Progress Series*, 177: 115-131.
- FURNESS R.W, CAMPHUYSEN C.J. 1997. Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES J Mar Sci.* 54: 726-737.
- HARRISON P. 1987. Seabirds of the world. A photographic guide. Christopher Helm (Ed.). London. 448 pp.
- HATCH S A, SANGER G A. 1992. Puffins as samplers of juvenile pollock and other forage fish in the Gulf of Alaska. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 80: 1-14.
- LISHMAN G S. 1985. The food and feeding ecology of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*) and Chinstrap penguins (*P. antarctica*) at Signy Island, South Orkney Islands. *Journal of Zoology* 205: 245-263.
- MILLAR A K, TRIVELPIECE W Z. 2008. Chinstrap penguins alter foraging and diving behavior in response to the size of their principle prey, Antarctic krill. *Marine Biology*, 154:201-208
- MONTEVECCHI W A. 1993. Birds as indicators of change in marine prey stocks. In: Furness RW, Greenwood DJ (eds) *Birds as monitors of environmental change*. Chapman & Hall, London, pp 217-266.
- MONTEVECCHI W A, MYERS R A. 1997. Centurial and decadal oceanographic influences on changes in northern gannet populations and diets in the north-west Atlantic: implications for climate change. *ICES J Mar. Sci.* 54: 608-614.
- PIATT J F, SYDEMAN W J, WIESE F. 2007. Introduction: A modern role for seabirds as indicators. *Marine Ecology Progress Series.* 352: 199-204.

# DISTRIBUCIÓN DE MAMÍFEROS MARINOS Y SU RELACIÓN CON EL KRILL EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD. ANTAR XXI

## DISTRIBUTION OF MARINE MAMMALS AND ITS RELATIONSHIP WITH KRILL IN BRANSFIELD STRAIT. ANTAR XXI

Regina Aguilar<sup>1</sup>

Delia Vega

### RESUMEN

AGUILAR R, VEGA D. 2016. Distribución de mamíferos marinos y su relación con el krill en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 223-228.- Durante la Expedición ANTAR XXI, entre el 15 y el 22 de febrero 2013 por el Estrecho de Bransfield y las proximidades de la isla Gibbs, en un recorrido de 332.14 mn observadas, se realizó 86 avistamientos de mamíferos marinos, 55 cetáceos y 31 pinnípedos. De los 135 individuos de mamíferos marinos; 96 fueron cetáceos y 39 pinnípedos. Las tres especies de cetáceos identificados pertenecen a la familia Balaenopteridae: la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) y ballena minke (*Balaenoptera bonaerensis*). Los índices de abundancia relativa para la ballena de aleta fue de 0,361 individuos/10 mn, la ballena minke de 0,481 individuos/10 mn y la ballena jorobada de 0,840/10 mn observadas. Los pinnípedos observados pertenecen a una sola especie de la Familia Otariidae: el lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*) que representó 36,05% de los avistamientos de mamíferos. El índice de abundancia relativa fue de 1.174 individuos /10 mn observadas. Las ballenas jorobadas estuvieron asociadas con agregaciones de krill en la parte superior de la columna de agua, y las ballenas de minke asociadas con agregaciones de krill en las zonas más profundas.

PALABRAS CLAVE: Mamíferos marinos, krill, estrecho de Bransfield

### ABSTRACT

AGUILAR R, VEGA D. 2016. Distribution of marine mammals and its relationship with krill in Bransfield Strait. ANTAR XXI. *Bol Inst Mar Peru*. 31(2): 223-228.- The observations were made along 332.14 nm, during the Expedition Peru Antar XXI, from 15<sup>th</sup> to 22<sup>nd</sup> February 2013 along the Bransfield Strait and surroundings of Gibbs island. A total of 86 sightings of marine mammals were recorded: 55 cetaceans and 31 pinnipeds. Out of the 135 individuals of marine mammals; 96 were cetaceans and 39 were pinnipeds. The three species of cetaceans identified belonged to the Family Balaenopteridae: humpback whale (*Megaptera novaeangliae*), fin whale (*Balaenoptera physalus*) and minke whale (*Balaenoptera bonaerensis*). The relative abundances indices were: 0.361 individual per 10 nm observed for fin whales, 0.481 individuals per 10 nm observed minke whales and 0.840 individuals per 10 nm observed for humpback whales. The pinnipeds identified belonged to a single species of the Family Otariidae: Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*), which accounted for 36.05% of the mammal sightings. Relative abundance of pinnipeds was 1.174 individuals per 10 miles observed. Humpback whales were associated with krill aggregations on top of the water column, while minke whales were associated with krill aggregations in deeper areas.

KEYWORDS: Marine mammals, krill, Bransfield Strait

## 1. INTRODUCCIÓN

La distribución en el mar de la mayoría de especies de aves y mamíferos es agregada y muestra un patrón no aleatorio. La formación de estas agregaciones está en función tanto en la disponibilidad de la presa, como de interacciones sociales. A su vez, la disponibilidad de la presa es una función de su distribución geográfica, abundancia y accesibilidad determinada por las condiciones oceanográficas locales (v.g. cobertura de hielo, turbidez y procesos físicos que interaccionan con el comportamiento de la presa causando su

concentración) HUNT (1991). La variabilidad espacial y estacional en el ambiente resulta en una fuerte y rápida respuesta en el ecosistema hasta en los más altos niveles tróficos. Por lo tanto, la distribución, abundancia y estructura comunitaria de los depredadores superiores reflejan fundamentalmente los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el océano. Tales relaciones están presentes desde una escala muy fina hasta escalas verdaderamente grandes y, estudiarlas de manera multidisciplinaria contribuye de una mejor manera a alcanzar objetivos prácticos.

1 Instituto del Mar del Perú. Dirección General de Investigaciones en Recursos Pelágicos. Oficina de Investigaciones en Depredadores Superiores. raguilar@imarpe.gob.pe

El análisis de las cadenas tróficas en las que intervienen mamíferos marinos puede ayudar a identificar los procesos críticos para el ecosistema, y destacar los componentes que requieren mayor investigación (TRITES 2003). Estos mamíferos marinos destacan por su importancia en la cadena trófica, ya que son grandes predadores de krill (*Euphausia superba*); por lo tanto, los cambios en la abundancia y comportamiento de estos predadores pueden servir como indicadores de cambios en el ecosistema (TRITES 1997). La reducción de la abundancia de la presa puede traer como consecuencia la pérdida de una generación completa en algunos mamíferos marinos debido a las altas tasas de mortalidad (generalmente dos a tres veces mayor a los niveles normales) y al bajo peso corporal al nacer, lo cual podría constituir una de las fuerzas evolutivas que modeló la historia de vida de los mamíferos marinos (tiempo de vida prolongado, bajas tasas reproductivas, resistencia a corto plazo a la reducción de abundancia de presa) (TRITES 2001).

La incorporación de métodos hidroacústicos para evaluar la abundancia de la presa ha permitido probar hipótesis que relacionan la abundancia y distribución tanto de aves como de mamíferos marinos en relación con la disponibilidad de sus presas (HUNT 1991). La Antártida ofrece un ecosistema casi ideal donde desarrollar este tipo de estudios, debido a que el krill *E. superba*, organismo dominante en el segundo nivel trófico, constituye el principal alimento de aves y mamíferos marinos y otras especies que allí habitan (FURNESS y MONAGHAN 1987).

Se presentan los resultados de los avistamientos de mamíferos marinos registrados durante la XXI Expedición Científica del Perú a la Antártida a bordo del BIC Humboldt en febrero 2013. Esta información permitirá ampliar el conocimiento sobre el impacto que tienen las poblaciones de depredadores sobre sus presas y su significancia potencial para el manejo de los recursos marinos (LARKIN 1996).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

La información se obtuvo por observación directa (observador provisto de binoculares aumento 10x50 y un contómetro) a una velocidad constante y durante las horas de luz (el esfuerzo de observación estuvo constituido por sesiones de avistamiento llevadas a cabo desde las 05:00 hasta las 22:00 horas), dentro de un método de evaluación continua (método de transecto), cuando el buque se encontraba en movimiento, interrumpiéndose los registros cuando el buque se encontraba detenido ejecutando calas o estaciones oceanográficas (SUTHERLAND 1996).

Para el avistamiento de mamíferos marinos los puntos de observación se encontraron ubicados en los bolsillos laterales del puente del BIC Humboldt, ubicados a una altura de 9 m, se cubrió un campo visual de 180°, medidos desde la proa del buque, 90° a cada lado de la proa.

En cada avistamiento se registró la especie, número de individuos, composición, y comportamiento de los mamíferos en tres categorías (alimentándose, desplazándose o descansando). Asimismo, se tomó nota del momento del avistamiento (hora y minutos) y la posición (latitud y longitud), los que sirvieron para incluir los datos en las unidades de observación de la matriz hidroacústica utilizada para estimar la biomasa de krill. De manera simultánea a los avistamientos, se colectó datos de profundidad del fondo marino y temperatura superficial del mar. Adicionalmente, se tomaron fotografías como ayuda en la identificación de las especies, parámetros oceanográficos y atmosféricos.

Las bitácoras con los valores de eointegración correspondientes a las millas observadas fueron proporcionadas por los participantes de la Dirección de Pesca del IMARPE.

## 3. RESULTADOS

Se realizó un total de 86 avistamientos de mamíferos marinos, 55 cetáceos y 31 pinnípedos. El esfuerzo diario de observación promedio fue de 0,212 mn/min, abarcando en total 332,14 mn observadas, representando el 65,51% del total de millas náuticas recorridas acústicamente por el crucero.

Se llevó a cabo 26 sesiones de observación, registrándose 135 individuos de mamíferos marinos: 96 cetáceos y 39 pinnípedos.

Dentro del Orden Cetácea se identificaron 3 especies de la familia Balaenopteridae: ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) y ballena minke (*Balaenoptera bonaerensis*).

La ballena jorobada fue la especie con mayor cantidad de avistamientos (30,91%), oscilando la composición de la manada de 1 a 5 individuos (Tabla 1).

Los índices de abundancia relativa fueron de 0,361 ballenas de aleta/10 mn observadas, 0,481 ballenas minke/10 mn observadas y 0,840 ballenas jorobadas/10 mn observadas (Tabla 2).

En el Orden Pinnípeda se identificó una sola especie de la Familia Otariidae el lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*), que representó 36,05% de los avistamientos de mamíferos, oscilando

la composición de 1-5 individuos. El índice de abundancia relativa fue de 1,174 individuos/10 mn observadas (Tablas 1, 2).

La presencia y distribución de los grandes cetáceos durante el desarrollo de la evaluación en el estrecho

de Bransfield se obtuvo a partir de registros constantes durante el recorrido (Fig. 1).

La mayor cantidad de individuos de lobo fino por avistamiento se registró entre la isla Decepción y la isla Torre (Fig. 2).

Tabla 1.- Especies y número total de avistamientos e individuos de mamíferos marinos. ANTAR XXI,

Familia	Especie	Avistamientos	% avist.	Individuos	% ind.
Mysticetos					
Balaenopteridae	Balaenopteridos	23	26,74	40	29,63
	<i>Balaenoptera physalus</i>	7	8,14	12	8,89
	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	8	9,30	16	11,85
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	17	19,77	28	20,74
Pinnípedos					
Otariidae	<i>Arctocephalus gazella</i>	31	36,05	39	28,89
TOTAL		86	100	135	100

Tabla 2.- Especies e índices de abundancia relativa de mamíferos marinos. ANTAR XXI. Febrero 2013

Familia	Especie	Avistamientos	Individuos	Índice
Mysticetos				
Balaenopteridae	Balaenopteridos	23	40	1,2043114
	<i>Balaenoptera physalus</i>	7	12	0,3612934
	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	8	16	0,4817246
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	17	28	0,8430180
Pinnípedos				
Otariidae	<i>Arctocephalus gazella</i>	31	39	1,1742036
TOTAL		86	135	

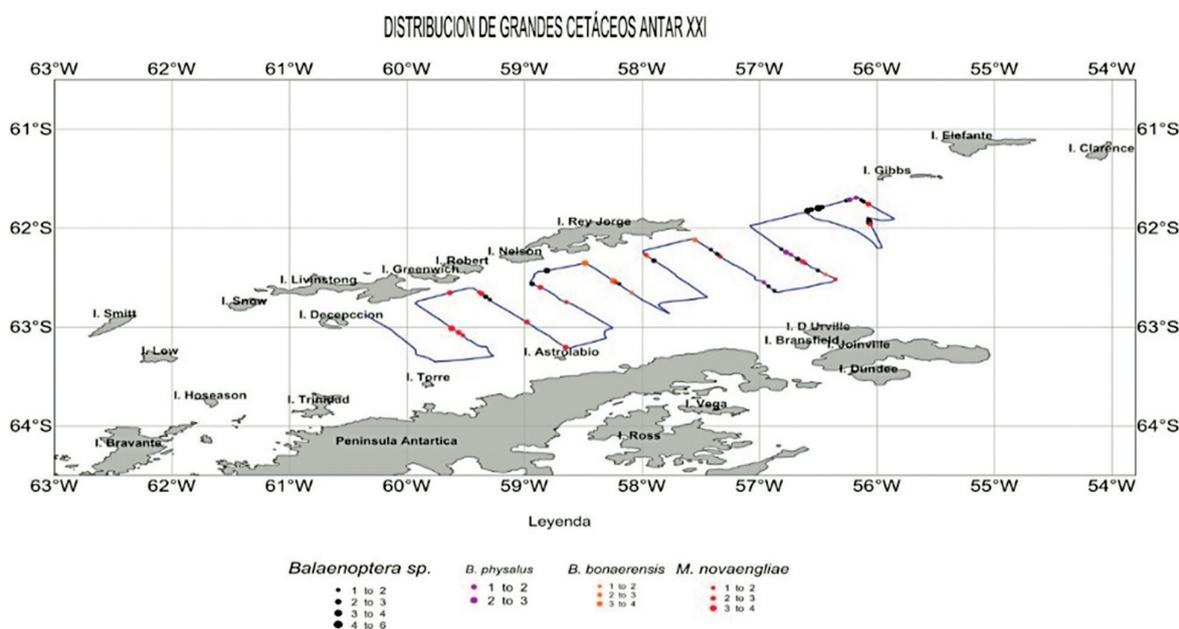


Figura 1.- Distribución de grandes cetáceos en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

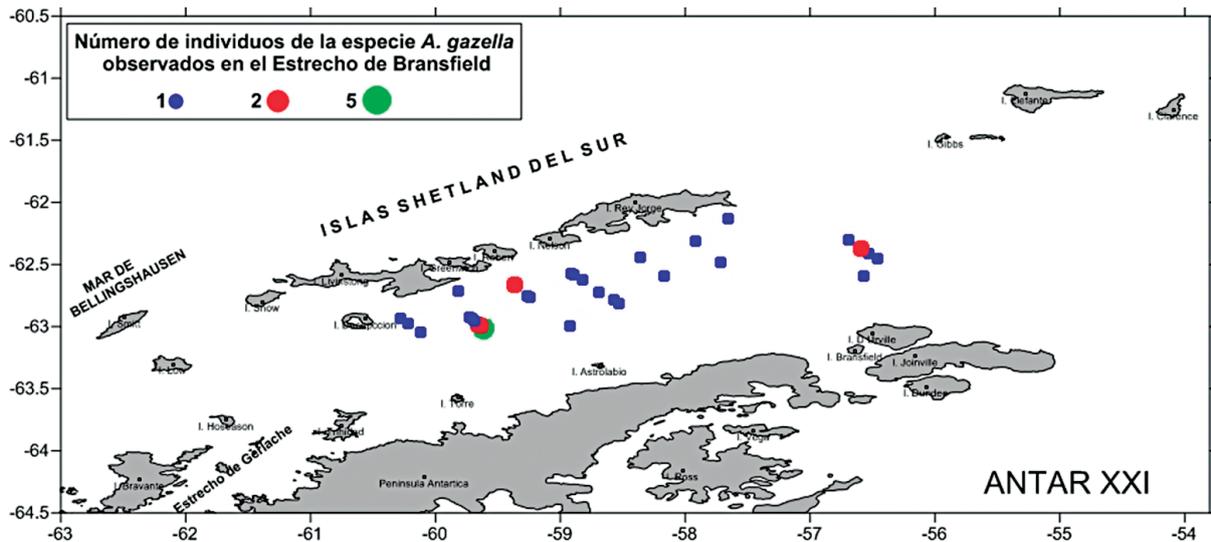


Figura 2.- Avistamiento de pinnípedos durante el Crucero pelágico de evaluación de abundancia de krill en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI, 2013

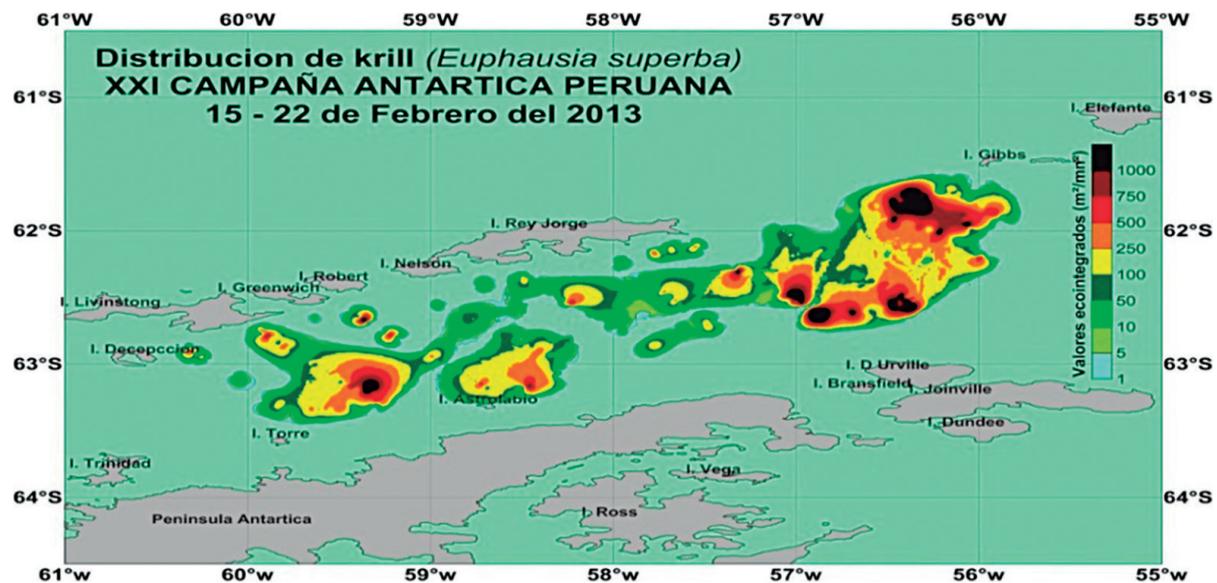


Figura 3.- Distribución y abundancia de krill en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXI

La identificación de las zonas de distribución de los mamíferos marinos observados, ha permitido relacionarla con los niveles de abundancia de krill correspondientes a los valores eointegrados obtenidos durante las sesiones de observación de mamíferos marinos (Fig. 3).

Se relacionó el número de individuos de mamíferos marinos con los valores eointegrados de la biomasa de krill en las distintas capas de la columna de agua (25, 50, 75, 100 y 125 m). Los valores eointegrados indican el número de milímetros registrados por la ecosonda en cada milla náutica cuadrada (mm/mn²). Las relaciones se evaluaron como una escala espacial dentro de 1 milla náutica recorrida/observada y cada 10 millas náuticas para los índices de abundancia relativa. No se encontró relación alguna entre el krill y los mamíferos

marinos en las horas observadas debido probablemente a que el recurso estaba muy disperso.

Las ballenas presentaron relación con la presencia de biomasa de krill en el tope superior del enjambre (25 m), se encontró correlación positiva y significativa para *Balanopteridae* ( $r_s = 0,490$   $P = 0,0088$   $n = 23$ ) y en el tope inferior (125 m) la correlación fue significativa para *B. bonaerensis* ( $r_s = 0,204$   $P = 0,313$   $n = 8$ ).

Los pinnípedos presentaron relación con la presencia de biomasa de krill en el tope superior del enjambre (25 m) encontrándose una correlación negativa y significativa para *A. gazella* ( $r_s = -0,028$   $P = 0,4405$   $n = 31$ ), en el tope inferior (125m) la correlación fue positiva y significativa ( $r_s = 0,089$   $P = 0,3169$   $n = 31$ ).

#### 4. DISCUSIÓN

La importante presencia de ballenas jorobadas durante el estudio concuerda con los hallazgos de las investigaciones que muestran el amplio rango de distribución y abundancia de estos animales en el área. Esta predominancia, en relación a otros cetáceos en el estrecho de Bransfield, había sido reportada también en otros estudios (SANTORA et al. 2009, BUCCICARDI y TAKAHASHI 2004, ONTÓN et al. 1999, Sánchez y Paz Soldán, informe no publicado) y estaría respondiendo básicamente a fines tróficos.

Los resultados encontrados para la relación presencia de ballenas y profundidad de la biomasa de krill concuerdan con los estudios realizados en 2001 por FRIEDLAENDER et al. (2009) en los que encontraron que, en sentido vertical, las ballenas jorobadas estuvieron asociadas con agregaciones de krill en la parte superior de la columna de agua, mientras que a las ballenas de minke se les encontraron asociadas a la porción inferior de la columna de agua.

El lobo fino ha sido descrito como uno de los predadores más importantes de krill en la región Antártica (BOYD et al. 1997, Mc CAFFERTY et al. 1998) y aunque se encontró correlación positiva y significativa entre el krill y la presencia de lobos marinos, estos no se encontraban alimentándose, lo cual concuerda con lo citado por BUCCICARDI y TAKAHASHI (2004), quienes mencionan que el lobo antártico se caracteriza por ser una especie de hábitos nocturnos para la alimentación aprovechando las migraciones nocturnas de krill a la superficie, lo cual coincide con las horas en las cuales no se realizan sesiones de observación.

Es posible que debido a la presencia de krill en toda la zona de estudio no se hayan encontrado relaciones altamente significativas con la distribución de mamíferos marinos, debido probablemente a que el recurso se encontraba de manera dispersa en algunas zonas. Sin embargo, para los depredadores es más importante la disponibilidad de las presas (profundidad) que la abundancia.

Además, es necesario evaluar otros aspectos que determinan la distribución de estos animales como sus zonas de reproducción o, las migraciones temporales hacia zonas con mayor disponibilidad de alimento o, como respuesta a los cambios estacionales (BOYD et al. 1997).

Es de suma importancia continuar con los estudios en esta zona para evaluar las variaciones en la abundancia y distribución tanto de mamíferos marinos como de aves, y su relación con las fluctuaciones en el ecosistema sujetas al cambio climático y a las variaciones en las poblaciones de krill (SANTORA et al. 2010).

#### 5. CONCLUSIONES

Tres especies de grandes cetáceos: la ballena jorobada (*Megaptera novaengliae*), ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) y ballena minke (*Balaenoptera bonaerensis*) fueron observadas durante el estudio, siendo la ballena jorobada la que registró mayor cantidad de avistamientos y abundancia en el estrecho de Bransfield.

La distribución de la ballena jorobada en el área de estudio se relacionó con elevadas biomásas de krill.

Los registros de ballenas obtenidos en este crucero concuerdan con sus rutas migratorias, que durante los meses del verano austral (octubre a marzo) se encuentran en esta área generalmente cumpliendo funciones de alimentación.

El lobo fino antártico fue la única especie de pinnípedo registrada durante el crucero pelágico en el estrecho de Bransfield. Asimismo, los avistamientos de esta especie durante el crucero en general, se relacionaron con áreas que presentaron valores de biomasa de krill importantes entre las islas Decepción y Torre.

#### 6. REFERENCIAS

- BOYD I, Mc CAFFERTY D, WALKER T. 1997. Variation in foraging effort by lactating Antarctic fur seals response to simulated increased foraging costs. *Behav. Bol. Sociobiol.* 40: 135-144.
- BUCCICARDI U, TAKAHASHI D. 2004. Mamíferos antárticos en el estrecho de Bransfield y alrededores de isla Elefante. Verano austral 2003. *Inf Inst Mar Perú* 32(4): 373-379.
- FRIEDLAENDER A S, LAWSON G L, HALPIN P N. 2009. Evidence of resource partitioning between humpback and minke whales around the Western Antarctic Peninsula. *Marine Mammal Science* 25(2): 402-415. April 2009. Society for Marine Mammalogy
- FURNESS R W, MONAGHAN P. 1987. *Seabird ecology*. Blackie and Son Ltd. Glasgow and London. 164 p.
- HUNT G L. 1991. Occurrence of polar seabirds at sea in relation to prey concentrations and oceanographic factors In: *Proceedings of the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology*, Trondheim, 12-16 May 1990. SAKSHAUG E, HOPKINS CCE, ØRITSLAND NA eds. *Polar Research* 10(2): 553-559.
- LARKIN P A. 1996. Concepts and issues in marine ecosystem management. *Rev. Fish. Bio. Fish.* 6: 139-164.
- McCAFFERTY D, BOYD I, TAYLOR R. 1998. Diving behavior of Antarctic fur seal (*Arctocephalus gazella*) pups. *Can. J. Zool.* 6: 513-520.
- ONTÓN K, VEGA D, ARIAS-SCHREIBER M. 1999. Distribución e Índices de avistamientos de mamíferos marinos y su relación con la abundancia del krill *Euphausia superba*. Perú ANTAR IX. *Inf Inst Mar Perú*. N° 145: 63-68.

- SANTORA J A, REISS C C, LOEB V J, VEIT R R. 2010. Spatial association between hotspots of baleen whales and demographic patterns of Antarctic krill *Euphasia superba* suggests size-dependent predation. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 405:255-269.
- SANTORA, J A, FORCE M P, AMPELA K, VAN CISE A. 2009. Distribution, abundance and behavior of seabirds and mammals at sea. 2008-2009 Field Season Report. United States Antarctic Marine Living Resources Program. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-445. pp 44-48.
- SUTHERLAND W J. 1996. Ecological Census Techniques. A Handbook. Cambridge University Press. 336 pp.
- TRITES A W. 2003. Food webs in the ocean: who eats whom, and how much? In: Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem. M. Sinclair M, Valdimarsson G, eds. FAO, Rome and CABI Publishing, Wallingford. pp 125-143.
- TRITES A W. 2001. Marine mammal trophic levels and interactions. In: Encyclopedia of Ocean Sciences. Academic Press, London. pp. 1628-1633.
- TRITES A W, PAULY D, CHRISTENSEN V. 1997. Competition between fisheries and marine mammals for prey and primary production in the Pacific Ocean. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 22: 173-187.

## ECOSISTEMA MARINO DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD, BAHÍA ALMIRANTAZGO Y ALREDEDORES DE LAS ISLAS JOINVILLE Y ELEFANTE. ANTAR XXII, 2014

### MARINE ECOSYSTEM OF BRANSFIELD STRAIT, ADMIRALTY BAY AND AROUND OF JOINVILLE AND ELEPHANT ISLANDS. ANTAR XXII, 2014

Marco Espino <sup>1</sup>	Patricia Ayón <sup>1</sup>	Rodolfo Cornejo <sup>1</sup>	Julio Alarcón <sup>1</sup>
Luis Vásquez <sup>1</sup>	Javier Quiñones <sup>1</sup>	Flor Chang <sup>1</sup>	Elisa Goya <sup>1</sup>
Piero Villegas <sup>1</sup>	Federico Velazco <sup>1</sup>	Luis Quipuzcoa <sup>1</sup>	David Castillo <sup>1</sup>
Roberto Quesquén <sup>1</sup>	Sofía Rivadeneyra <sup>1</sup>	Jonathan Correa <sup>1</sup>	

#### RESUMEN

ESPINO M, AYÓN P, CORNEJO R, ALARCÓN J, VÁSQUEZ L, QUIÑONEZ J, CHANG F, GOYA E, VILLEGAS P, VELAZCO F, QUIPUZCOA L, CASTILLO D, QUESQUÉN R, RIVADENEYRA S, CORREA J. 2016. Ecosistema marino del estrecho de Bransfield, bahía Almirantazgo y alrededores de las islas Joinville y Elefante. ANTAR XXII, 2014. *Bol Inst Mar Perú*. 31(2): 229-294.- En el verano austral 2014, el Instituto del Mar del Perú desarrolló la XXII Campaña científica del Perú a la Antártida, ANTAR XXII, a bordo del BIC Humboldt. Los resultados de investigación sobre el ecosistema marino Antártico dan a conocer las interrelaciones entre el krill antártico (*Euphausia superba*), fauna y flora acompañantes, depredadores y condiciones oceanográficas imperantes en el medio. La temperatura superficial del mar varió entre -1,5 y 1,6 °C, asociada a aguas frías del Mar de Weddell, el oxígeno fluctuó entre 5,3 y 8,24 mL/L. La comunidad de fitoplancton estuvo conformada por diatomeas (i) centrales: *Corethron criophilum*, *Proboscia alata* y *Rhizosolenia styliformis*; (ii) pennatales, con géneros más frecuentes como *Fragilaria* sp., *Fragilariopsis* sp., *Navicula* sp. y *Pseudonitzschia*. Las especies más importantes de la comunidad zooplanctónica fueron los copépodos *Calanoides acutus*, *Metridia gerlachei* y *Rhincalanus gigas*, el quetognato *Sagitta* sp. y el eufáusido *Thysanoessa macrura*. La comunidad pelágica estuvo dominada por krill *E. superba* (94,7%), seguido de *Salpa thompsoni* (3,6 %) y medusas scyphozoas *Desmonema* sp. y *Peryphylla peryphylla* (1,34%). Se capturó peces hielo y peces linterna pertenecientes a las familias Channichthyidae, Paralepididae y Myctophidae. La biodiversidad marina antártica registrada en profundidades entre 90 y 161 m, estuvo conformada por 65 especies pertenecientes a 9 grupos taxonómicos. Las especies dominantes en términos de abundancia relativa fueron: Asteroidea (*Labidiaster annulatus*, *Pomachocrinus kerguelensis*, Ophiuroidea 1), Teleostei (*Notothenia gibberifrons*, *Chionodraco rastrospinosus*, *Chaenocephalus aceratus*), Tunicata (*Styela rotunda*), Polychaeta (Phyllodocidae), Porifera (Esponja), Nudibranchia (*Doris* sp.), Cephalopoda (*Paraledone* sp., *Eledone* sp.), Cnidaria (Gorgonidos) e Isopoda (*Natatonona* sp.). Se registraron 25 especies de aves marinas pertenecientes a 3 órdenes y 8 familias, siendo la especie más abundante el petrel damero (*Daption capense*), seguido del petrel plateado (*Fulmarus glacialisoides*) y del pingüino de barbijo (*Pygoscelis antarctica*), así como 7 especies de mamíferos marinos, pertenecientes a 2 órdenes y 3 familias, representados por observaciones de cetáceos (75,96%) y pinnípedos (24,04%). Entre los cetáceos, destacaron la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, la ballena de aleta *Balaenoptera physalus*, *B. bonaerensis* y *B. borealis*. Entre los pinnípedos, *Arctocephalus gazella* fue la especie más observada. Se registró amplia distribución del krill antártico en el área de estudio, las mayores densidades acústicas (>1000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) se observaron en los alrededores de las islas Elefante y Joinville; y las menores (250-1000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) en el estrecho de Bransfield. Se estimó una biomasa hidroacústica del krill de 7'330,574 t y 2'926,906 t por los métodos de reflectividad (Fuerza Blanco, TS) Stochastic Distorted Wave Approximation (SDWBA) y Greene, respectivamente. Estos resultados fueron mayores a los obtenidos el 2013 (876.367 t - método SDWBA), debido principalmente a la mayor área evaluada (ANTAR XXII, 21.071 mn<sup>2</sup>, 2014) en comparación con la campaña anterior (ANTAR XXI, 8.040 mn<sup>2</sup>, 2013). La biomasa estimada en los alrededores de isla Elefante (4'569,039 t) representó el 62,3% de toda la biomasa existente en el área de estudio. Se registraron altos valores de concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) y mercurio en aguas de mar en diferentes zonas del estrecho de Bransfield, alrededores de la isla Decepción, sur de isla Elefante y en la bahía de Almirantazgo. Se observaron altas concentraciones de mercurio en muestras de tejidos musculares del pez *N. gibberifrons* (0,18 y 0,36 mg/kg).

PALABRAS CLAVE: *Euphausia superba*, krill, Antártida, ecosistema marino

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú (IMARPE) Esq. Gamarra y Gral Valle s/n. Callao, Perú. mespino@imarpe.gob.pe

## ABSTRACT

ESPINO M, AYÓN P, CORNEJO R, ALARCÓN J, VÁSQUEZ L, QUIÑONEZ J, CHANG F, GOYA E, VILLEGAS P, VELAZCO F, QUIPUZCOA L, CASTILLO D, QUESQUÉN R, RIVADENEYRA S, CORREA J. 2016. Marine ecosystem of Bransfield strait, Admiralty bay and around of Joinville and Elephant islands. ANTAR XXII. Bol Inst Mar Perú. 31(2): 229-294.- In the austral summer 2014, the Instituto del Mar del Peru developed the scientific XXII Peru Campaign to Antarctica, XXIIANTAR, aboard the BIC Humboldt. The results of research on the Antarctic marine ecosystem disclose the interrelationships between Antarctic krill (*Euphausia superba*), wildlife and accompanying flora, predators and oceanographic conditions prevailing in the middle. The sea surface temperature varied between -1.5 and 1.6 °C, associated with cold waters of the Weddell Sea, oxygen ranged between 5.3 and 8.24 mL/L. The phytoplankton community was composed of diatoms (i) central: *Corethron criophilum*, *Proboscia alata* and *Rhizosolenia styliformis*; (ii) pennatales, with more frequent genres like *Fragilaria* sp., *Fragilariopsis* sp., *Navicula* sp. and *Pseudo-nitzschia*. The most important species of copepods zooplankton community were *Calanoides acutus*, *Metridia gerlachei* and *Rhincalanus gigas*, the quetognato *Sagitta* sp. and euphausiid *Thysanoessa macrura*. The pelagic community was dominated by krill *E. superba* (94.7%), followed by *Salpa thompsoni* (3.6%), and scyphozoas jellyfish *Desmonema* sp. and *Peryphylla peryphylla* (1.34%). Catching fish and ice lantern fish belonging to the families Channichthyidae, Paralepididae and Myctophidae was recorded. Antarctic marine biodiversity verified at depths between 90 and 161 m, was composed of 65 species belonging to 9 taxonomic groups. The dominant species in terms of relative abundance were: Asteroidea (*Labidiaster annulatus*, *Pomachocrinus kerguelensis*, Ophiuroidea 1), Teleostei (*Notothenia gibberifrons*, *Chionodraco rastrospinosus* and *Chaenocephalus aceratus*), Tunicata (*Styela rotunda*), Polychaeta (Phyllococidae) Porifera (Sponge) Nudibranchia (*Doris* sp.), Cephalopoda (*Paraledone* sp., *Eledone* sp.), Cnidara (gorgonians) and Isopoda (*Natatolona* sp.). 25 species of seabirds belonging to 3 orders and 8 families were recorded, the most abundant species petrel (*Daption capense*), followed by petrel silver (*Fulmarus glacialisoides*) and chinstrap (*Pygoscelis antarctica*) and 7 species marine mammals, belonging to 2 orders and 3 families, represented by observations of cetaceans (75.96%) and pinnipeds (24.04%). Among the cetaceans, they highlighted the humpback whale *Megaptera novaeangliae*, the fin whale *Balaenoptera physalus*, *B. borealis* and *B. bonaerensis*. Among the pinnipeds, *Arctocephalus gazella* was the most prevalent species. Wide distribution of krill in the study area were recorded, the largest acoustic densities (>1000 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) were observed around the Elephant and Joinville Islands; while lower acoustic densities (250-1000 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) was recorded in the Bransfield Strait. One hydroacoustic biomass krill 7'330,574 t and 2'926,906 t by methods reflectivity (White Strength, TS) Stochastic Approximation Distorted Wave (SDWBA) and Greene, respectively estimated. These results were obtained greater than 2013 (876.367 t SDWBA method), mainly due to higher assessed area (Antar XXII, 21,071 nm<sup>2</sup>, 2014) compared to the previous season (Antar XXI, 8,040 nm<sup>2</sup>, 2013). The estimated around Elephant Island (4'569,039 t) biomass accounted for 62.3% of all existing biomass in the study area. High values of concentrations of Aromatic Hydrocarbons Total (HAT) and mercury in seawater in different areas Bransfield Strait, around Deception Island, south of Elephant Island and Admiralty Bay were recorded. High concentrations of mercury in samples of muscle tissue of fish *N. gibberifrons* (0.18 and 0.36 mg/kg) were observed.

KEYWORDS: *Euphausia superba*, krill, Antarctic marine ecosystem

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde 1988 hasta el 2014, el IMARPE ha participado en aquellas campañas científicas antárticas en las cuales el BIC Humboldt ha servido de plataforma de investigación y transporte (Tabla 1). En las campañas científicas antárticas XVI y XVII, realizadas en el marco del Instituto Antártico Peruano, el IMARPE participó con los proyectos COPEPOD I y COPEPOD II, que iniciaron la metodología de investigación con enfoque ecosistémico de los espacios marítimos elegidos para las investigaciones. Estos proyectos desarrollaron "Biología y ecología de las principales comunidades pelágicas del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante" cuyo objetivo general consistió en describir, analizar 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, depredadores y las condiciones físicas y químicas en la columna de agua.

Tabla 1.- Cruceros de investigación en los cuales ha participado el IMARPE con el BIC Humboldt (1988 – 2014)

Nº	Crucero	Fecha	Días navegados	Millas navegadas
1	ANTAR I	1988	-	-
2	ANTAR II	1989	-	-
3	ANTAR III	1991	-	-
4	ANTAR IX	16 Dic 97 5 Mar 98	79	10.810,70
5	ANTAR X	30 Dic 98 9 Mar 99	68	8.909,00
6	ANTAR XI	2 Ene 00 6 Mar 00	64	9.653,20
7	ANTAR XII	5 Ene 01 25 Feb 01	50	8.319,80
8	ANTAR XIII	12 Ene 02 10 Mar 02	56	8.473,60
9	ANTAR XIV	30 Dic 02 24 Feb 03	56	8.827,00
10	ANTAR XVI	10 Dic 05 27 Feb 06	72	10.800,00
11	ANTAR XVII	27 Dic 06 25 Feb 07	58	8.700,00
12	ANTAR XXI	05 Ene 13 25 Mar 13	75	9.520,00
13	ANTAR XXII	27 Dic 13 14 Mar 14	76	10.197,00

A partir del 2013, luego de 6 años de interrupción, se reiniciaron los trabajos de investigación continuando con el enfoque ecosistémico, ampliando hacia las zonas más profundas con el objeto de describir la dinámica del ecosistema considerando todos sus componentes a través del proyecto “Estudio integrado del ecosistema en el estrecho de Bransfield, alrededores de la isla Elefante, bahía Almirantazgo y ensenada Mackellar”, el cual se enmarca en el programa de SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) relativo a la Evolución y Biodiversidad en la Antártida (Evolution and Biodiversity in the Antarctic - EBA) cuyo objetivo es determinar cómo los cambios ambientales influyen en las propiedades y dinámica de los ecosistemas de la Antártida y del océano austral, y predecir la respuesta de los organismos y comunidades a los cambios medio ambientales actuales y futuros. En este contexto, la base de datos que dispone el Perú de la zona en estudio (estrecho de Bransfield y bahía Almirantazgo) obtenida en los últimos 25 años resulta estratégica para contribuir con este importante programa de relevancia mundial.

En el verano 2014, se ejecutó un programa científico continuando con la visión integradora propuesta en el ANTAR XXI. Este programa desarrollado en la sub-región CCAMLR 48.1 (Península Antártica) consiste en el estudio del ecosistema antártico como una función de las interrelaciones entre el krill antártico (*Euphausia superba*), su fauna y flora acompañantes, sus depredadores y las condiciones oceanográficas imperantes en la mencionada área.

Dada la importancia del krill como eje del ecosistema marino, las investigaciones se centraron en su evaluación poblacional e investigación de su ecología a partir de una estrategia que abarca los siguientes campos de la ciencia marina:

- Oceanografía geológica (sedimentos superficiales), física (masas de agua y sistema de corrientes y circulación oceánica), química (oxígeno y nutrientes) y biológica (bentos, fitoplancton y zooplancton) con el objetivo de caracterizar el área de estudio para entender la dinámica del ecosistema y de las variables ecológicas en función a los patrones de variabilidad imperantes.
- Biología y ecología, enfocada al conocimiento de las características biológicas (tallas, sexo, proporción y madurez sexual, reproducción, alimentación, crecimiento) y dinámica del ecosistema del estrecho de Bransfield, bahía Almirantazgo y alrededores de Isla Elefante incluyendo parte de Drake.
- Depredadores superiores, orientada al conocimiento de aves y mamíferos (cetáceos y pinnípedos) que basan su supervivencia en el krill.
- Tecnología de detección, técnicas y estrategias de pesca, que mediante instrumentos de última generación tecnológica, dimensiona la biomasa del krill, sus patrones de distribución y abundancia en relación a las variables físicas, químicas y biológicas imperantes en la zona. Apoyándose con imágenes satelitales para determinar el comportamiento meteorológico y de las aguas superficiales.
- Calidad ambiental, que determina los probables impactos de las actividades humanas, especialmente el turismo y la navegación mediante el estudio de parámetros indicadores y sus posibles variaciones.

En términos generales, se cumplieron los objetivos planteados y se presentan los resultados de la investigación efectuada en el continente Antártico entre el 13 de enero y 18 de febrero del 2014 (Anexo I) con la participación de 25 científicos especializados en las diferentes ramas de la ciencia marina (Anexo II) además de invitados extranjeros.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO Y DISEÑO DE MUESTREO

Se definió en función a los objetivos científicos de la campaña (Fig. 1) y para mantener continuidad en la base de datos iniciada en 1988 (ANTAR I). Entre 1988 y el 2014, el IMARPE participó en 13 campañas científicas evaluando el krill en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante, sin embargo, la cobertura y extensión hacia el norte ha sido limitada a las inmediaciones de la isla Elefante, aunque en el verano del 2000 (ANTAR XI) se hizo una evaluación en el Paso Drake y alrededores de la isla Elefante, extendiéndose hasta los 60°S. Asimismo, el verano del 2001 la evaluación se hizo sólo en los alrededores de la isla Elefante entre los 60° y 62°S (Anexo III).

La bahía Almirantazgo es la bahía más grande de la isla Rey Jorge-islas Shetland del sur, cubriendo un área de 120 km<sup>2</sup>. La profundidad máxima de la bahía es aproximadamente 600 m (JAZDZEWSKI et al. 1986). Presenta tres entradas o ensenadas, dos situadas en la parte norte (Mackellar y Martel) y la ensenada Ezcurra en su parte occidental. Al sur, la bahía forma una abertura amplia en el estrecho de Bransfield (EB) (PRUSZAK 1980).

En ese contexto, el diseño de las estaciones de muestreo y líneas de evaluación acústica, se extendió hacia el noreste hasta alcanzar la latitud 60°15'S, con tres perfiles que se definen entre 53°30' y 57°00'W, abarcando la última línea parte del Paso Drake (Fig. 2).

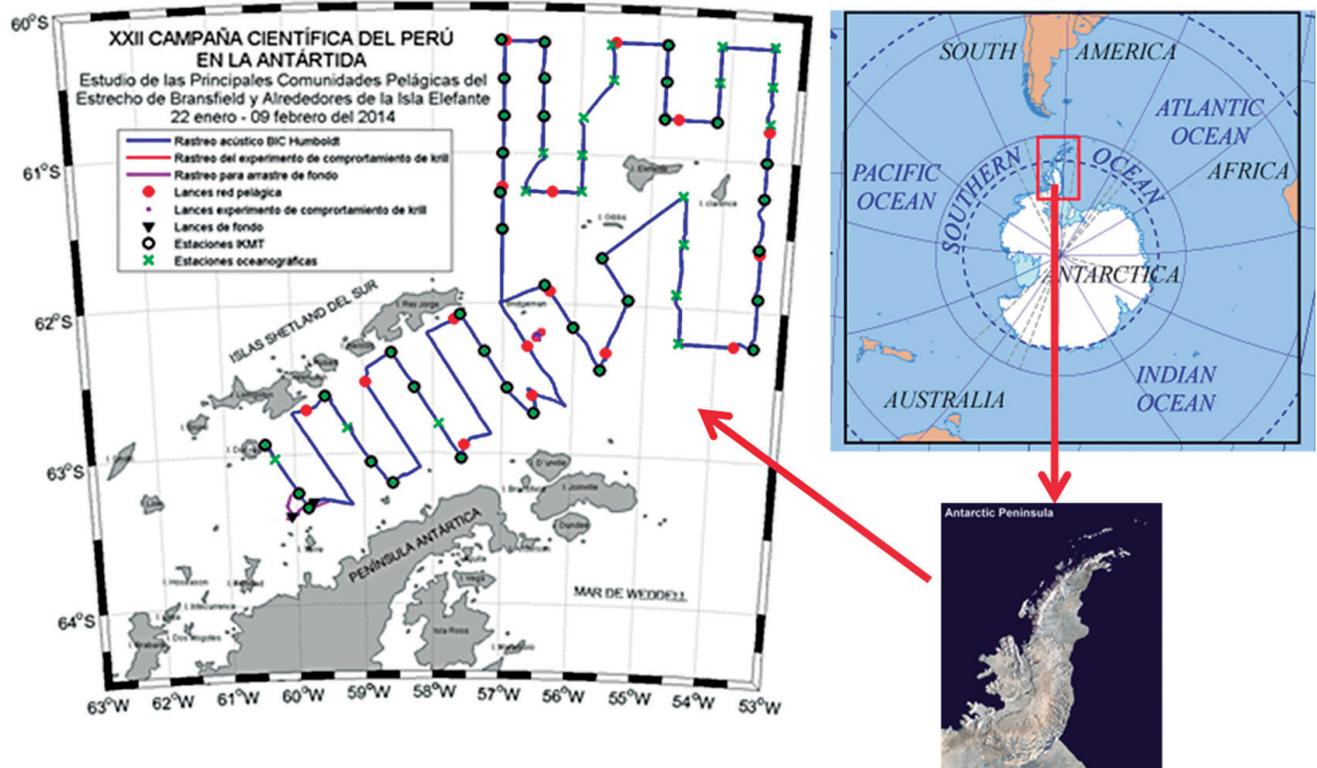


Figura 1.- Diseño del crucero de evaluación de las principales comunidades pelágicas del estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante. ANTAR XXII, 2014

Con estas consideraciones se establecieron tres sub áreas de evaluación:

- Estrecho de Bransfield, comprendido entre las islas Shetland del sur y la península Antártica (ISS);
- Joinville, al noreste del estrecho de Bransfield y sur de la isla Elefante (JV) y,
- Alrededores de la isla Elefante y Paso Drake (IE).

El diseño que se aplicó es compatible con el diseño de muestreo de la NOAA (Fig. 3).

La plataforma de investigación utilizada en los trabajos del Instituto del Mar del Perú en el marco de la XXII campaña científica del Perú en la Antártida fue el BIC Humboldt.

**DEL ESTUDIO INTEGRADO DEL ECOSISTEMA EN EL ESTRECHO DE BRANSFIELD, ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE Y BAHÍA ALMIRANTAZGO**

**ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS**

De 96 estaciones, en 7 se realizó lanzamiento de draga, en 2 arrastres de profundidad, en 11 el desarrollo del experimento y en 76 la evaluación acústica de krill.

Mediante el lanzamiento de roseta, se colectaron 272 muestras de agua a profundidades estándar (10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 y 500 m) para determinar oxígeno disuelto, pH, nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos) y 250 muestras para clorofila-a.

Se realizaron 6 perfiles hidrográficos para describir la estructura oceanográfica vertical en toda el área evaluada. Se realizaron registros continuos de temperatura superficial del mar (TSM) con el sensor FURUNO modelo T-2000. Se obtuvieron perfiles de temperatura y salinidad con el Conductivity-Temperature-Depth (CTD) de Sea Bird Electronics (SBE) modelo CTD-SBE19 Plus V2, hasta 500 m de profundidad (Fig. 4).

El oxígeno disuelto se determinó empleando el método de WINKLER modificado por CARRIT y CARPENTER (1966). Las muestras de nutrientes fueron congeladas (-20 °C), para ser analizadas con la técnica de STRICKLAND y PARSONS (1972) modificada por HUNTSMAN (1974). Para la determinación de clorofila-a, las muestras de agua fueron filtradas utilizando filtros Wathman GF/F y refrigeradas para su análisis en la sede central del IMARPE, utilizando el método fluorométrico de HOLM-HANSEN et al. (1965). La medición de pH se realizó con el método de DICKSON (1993) usando la técnica potenciométrica.

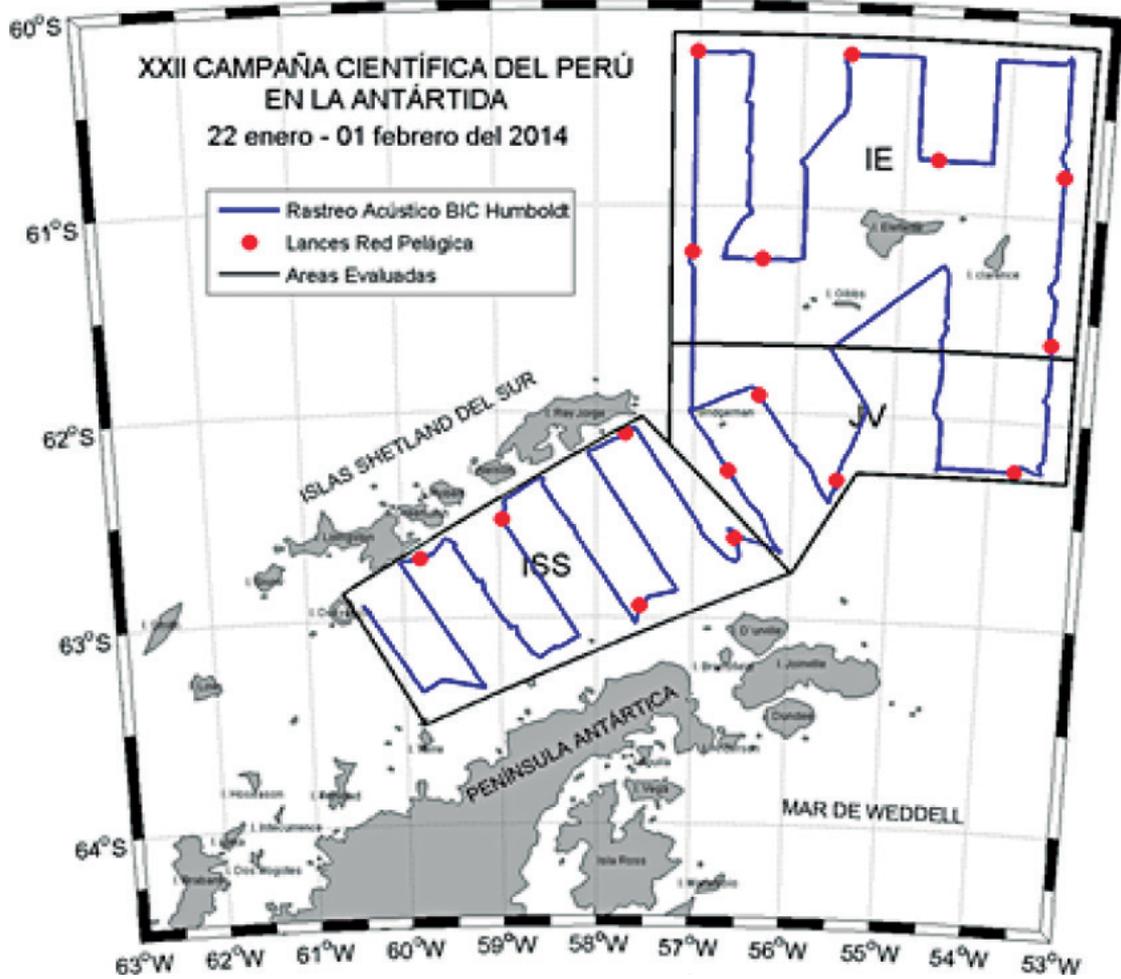


Figura 2.- Sub área de estudio: Estrecho de Bransfield (ISS), Joinville (IV) y alrededores de la isla Elefante y Paso Drake (IE)

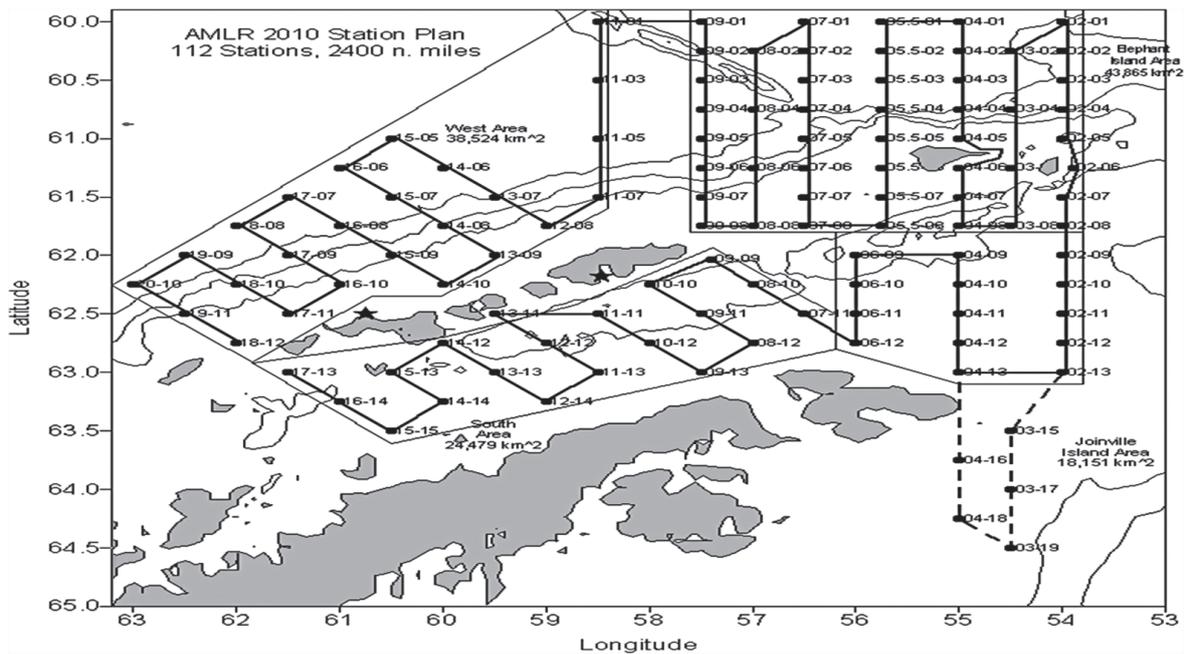


Figura 3.- Diseño de crucero AMLR 2009/10 (Antarctic Marine Living Resources) (Survey A & D), alrededores de las islas Shetland del sur, Elefante y península antártica

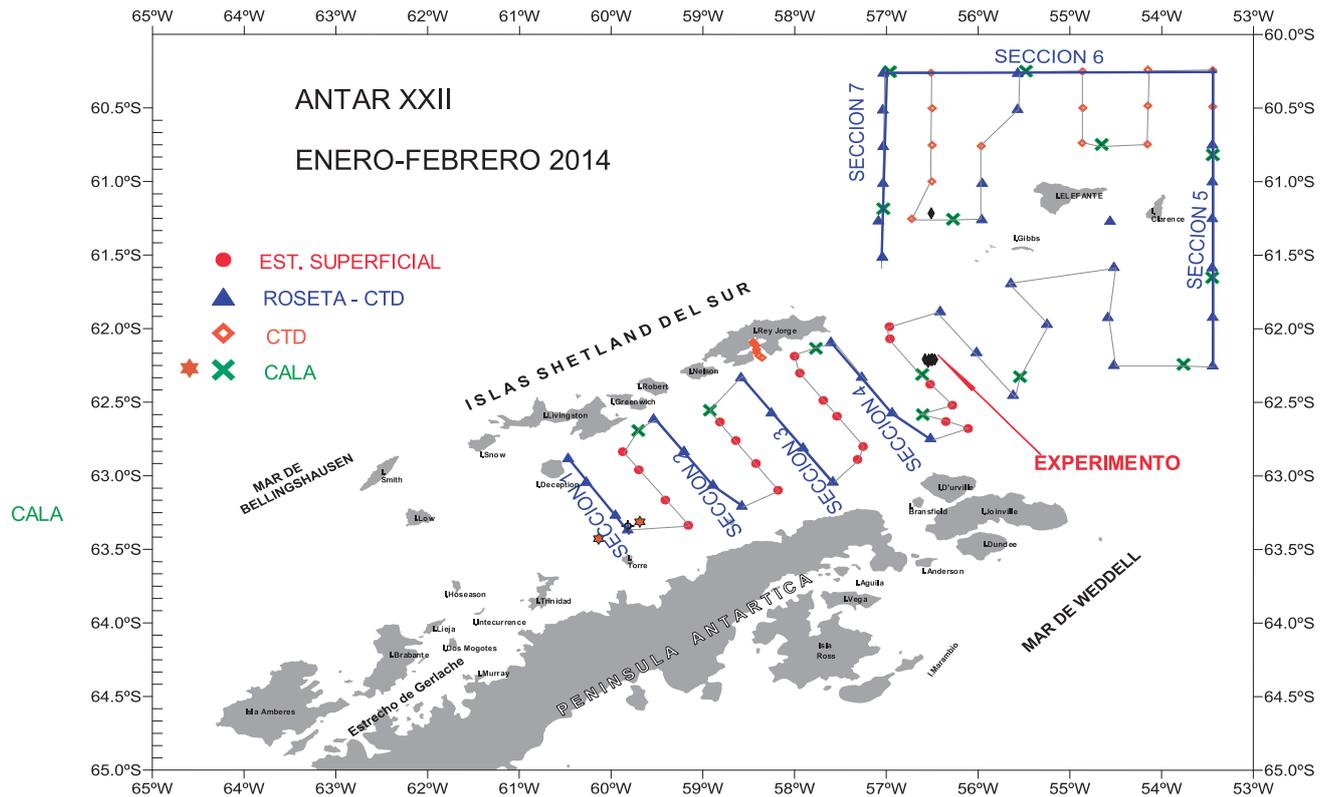


Figura 4.- Distribución de estaciones. ANTAR XXII, 2014



Figura 5.- Ecosonda Ek60

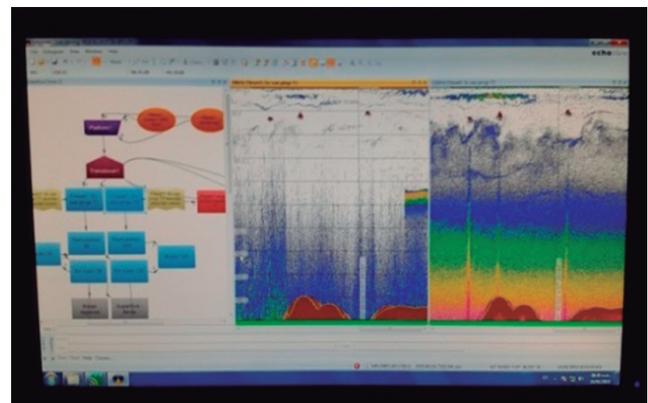


Figura 6.- Echoview 5.1

La salinidad se determinó por el método de inducción, mediante el Portasal Guildline modelo 8410A.

La variable vientos (dirección e intensidad) fue registrada por la estación meteorológica Weatherpak instalada a bordo del BIC Humboldt durante las estaciones oceanográficas. Se revisaron estudios oceanográficos en la zona antártica (LYNN et al. 1982, SIEVERS 1982, STEIN 1983, KELLY y BLANCO 1986, KELLY et al. 1985, SOLDI et al. 1988, LAOS y SALVÁ 1989, ROJAS et al. 1996, LOPEZ et al. 1999, WILSON et al. 1999, TENORIO 2012).

**EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES COMUNIDADES PELÁGICAS**

**Rastreo y evaluación hidroacústica.-** La identificación y localización de ecotrazos de recursos pelágicos y demersales, incluyendo detección de fondos, se efectuó con el ecosonda Simrad Ek 60 con frecuencias de 38 y 120 kHz, conectadas a transductores split beam, que fue calibrado antes de ejecutar las actividades de rastreo hidroacústico para evaluación de krill antártico FOOTE et al. 1987 (Fig. 5).



Figura 7.- Carta de navegación digital en tres dimensiones (3D) Max Sea

En el procesamiento de la información hidroacústica, se utilizó el software Echoview 5.1 (Fig. 6), a través del análisis de las dos frecuencias se realizó la discriminación, filtración de ruido y diferenciación de registros originados por especies con distintos niveles de reflectividad (DEMER y CONTI 2005, HIGGIMBOTTOM et al. 2000, MITSON et al. 1996, 2000; HEWITT et al. 2004).

Para la estimación de biomasa o abundancia relativa de krill, se utilizaron los principios empleados en las investigaciones en el mar peruano, como muestreos sistemáticos y estratificación por transectos (MAC LENNAN y SIMMONDS 1992, JOLLY y HAMPTON 1990, GUTIÉRREZ 1997, REISS et al. 2008), empleando la ecuación de reflectividad (TS) propuesta por GREENE et al. (1991). Asimismo, se dispuso de una carta electrónica de pesca y de navegación digital Maxsea versión 10.3.5 (Fig. 7) con interfase de GPS y ecosonda proveedor de imágenes en 3D para definir el relieve del fondo en el cual se va a arrastrar. También se contó con el controlador de cable principal de arrastre Scantrol (Fig. 8).



Figura 8.- Controlador de cable principal de arrastre Scantrol

Los lances de pesca fueron monitoreados con el Netsonda fijo ITI Simrad (Fig. 9) que proporciona abertura vertical y profundidad de la red, además de imágenes del comportamiento de enjambre en relación a la red.

Alternativamente se contó con un Netsonda portátil PI 32 (Fig. 10) que proporcionó información similar al ITI Simrad. También, se dispuso de un GPS Furuno para determinar latitud, longitud, rumbo, velocidad, entre otros.



Figura 9.- Netsonda sistema fijo ITI SIMRAD con sensores de profundidad y abertura vertical de la red



Figura 10.- Netsonda sistema portátil PI32 Simrad con sensor de profundidad

**Evaluación de las comunidades pelágicas en la zona de estudio.-** La evaluación hidroacústica de las comunidades pelágicas se realizó entre el 22 y el 31 de enero del 2014 y abarcó 21.070,62 mn<sup>2</sup> que comprendió tres zonas previamente definidas (Fig. 2): el estrecho de Bransfield (ISS), Joinville (JV) y los alrededores de la isla Elefante (IE). En dichas zonas se ejecutaron 17 transectos de 20 y 120 mn de extensión, con 15 a 20 mn de separación. La Unidad Básica de Muestreo (UBM) fue 1 mn, habiéndose rastreado un total de 1.169 UBM a una velocidad de 9 nudos. Los datos acústicos se grabaron hasta los 500 m.

Se efectuaron 16 lances de pesca científica con la red de arrastre pelágica tipo Engel 552/800 para comprobar los registros acústicos, con una duración de 20 a 51 minutos de tiempo efectivo. La velocidad de arrastre promedio fue 3,4 nudos; su operatividad en la columna de agua en la colección de muestras biológicas pelágicas tuvo cobertura vertical entre 4 y 132 m de profundidad. Los parámetros de control del desempeño de la red estuvieron manejados por la potencia de motor con carga al 45% para cada motor; y la relación longitud de cable vs profundidad de la red (monitoreado a través del controlador del cable principal de arrastre y las netsondas con información de la profundidad y abertura vertical de la red) fue de 2,7:1 (es decir 2,7 m de cable para bajar la red a 1 m de profundidad). El volumen filtrado fluctuó entre 643,64 y 925,10 m<sup>3</sup>/s, con promedio 787,44 m<sup>3</sup>/s.

**Experimento sobre determinación del comportamiento nocturno del krill.-** Para continuar con el seguimiento del comportamiento nocturno de los enjambres de krill, se desarrolló un experimento utilizando los mismos equipos acústicos para obtener registros continuos en un diseño en forma de "8", es decir dos cuadrados de 2 mn de lado, unidos por uno de sus vértices (Fig. 11) los que se seleccionaron en función a la existencia de registros ecoicos significativos de krill. Los espacios seleccionados, se recorrieron repetidamente durante 48 horas (día y noche) realizándose 9 lances de pesca con la red Engel así como lanzamiento de CTD.

**Red científica pelágica.-** Se empleó la red pelágica OTM-2 código ISSCFG 03.2.1 (OKONSKI y MARTINI 1987, PRADO y DREMIERE 1988, NEDELÉC y PRADO 1999, MELO et al. 2001), modelo modificado de Engel 552/800 de fibra de poliamida (PA) de cuatro tapas: superior, laterales e inferior, de 117,9 m de longitud total, con abertura entre punta de alas por diseño (APA) de 27,4 m; abertura vertical de 22 m y copo de 10 mm de tamaño de malla (Fig. 12).

**Red científica demersal.-** Para los muestreos de recursos bento-demersales se utilizó la red científica demersal, OTB-2 código ISSCFG 03.1.2 (OKONSKI y MARTINI 1987, PRADO y DREMIERE 1988, NEDELÉC y PRADO 1999, MELO et al. 2001), modelo Granton 342/140 de fibra de poliamida (PA) de dos tapas, superior e inferior; de 51,98 m de longitud total; abertura de punta de alas por diseño (APA) de 15,4 m con ángulo de ataque de 9°; abertura vertical de 3,5 m; y copo de 90 mm de tamaño de malla (Fig. 13).

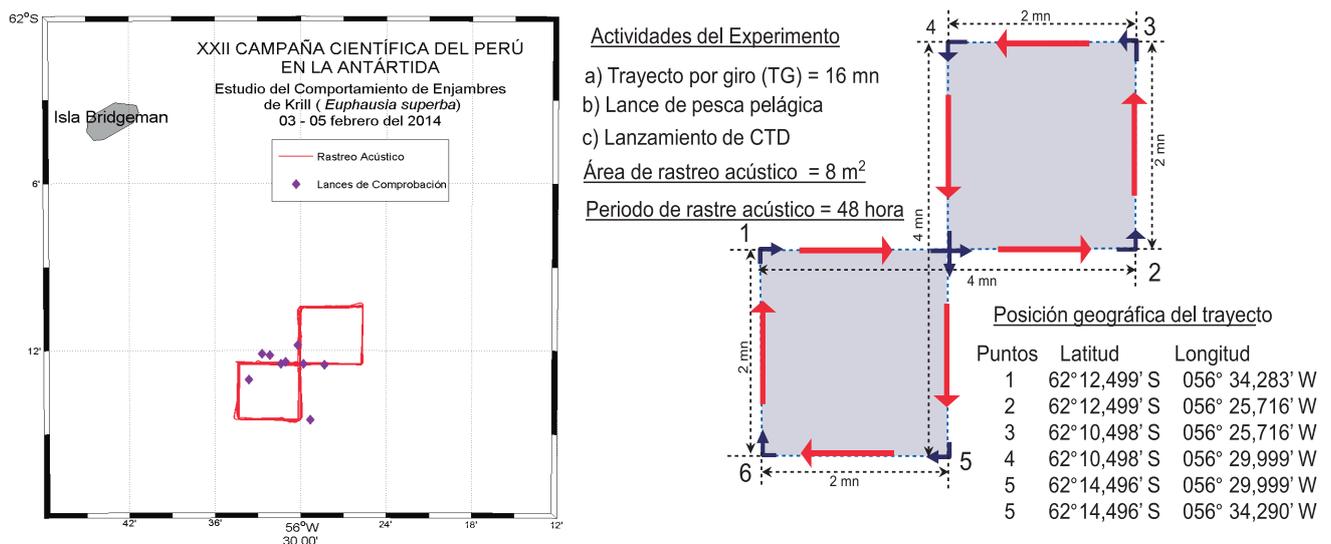


Figura 11.- Diseño del experimento de rastreo acústico continuo y lances de comprobación para el análisis del comportamiento nocturno de los enjambres de krill. ANTAR XXII, 2014

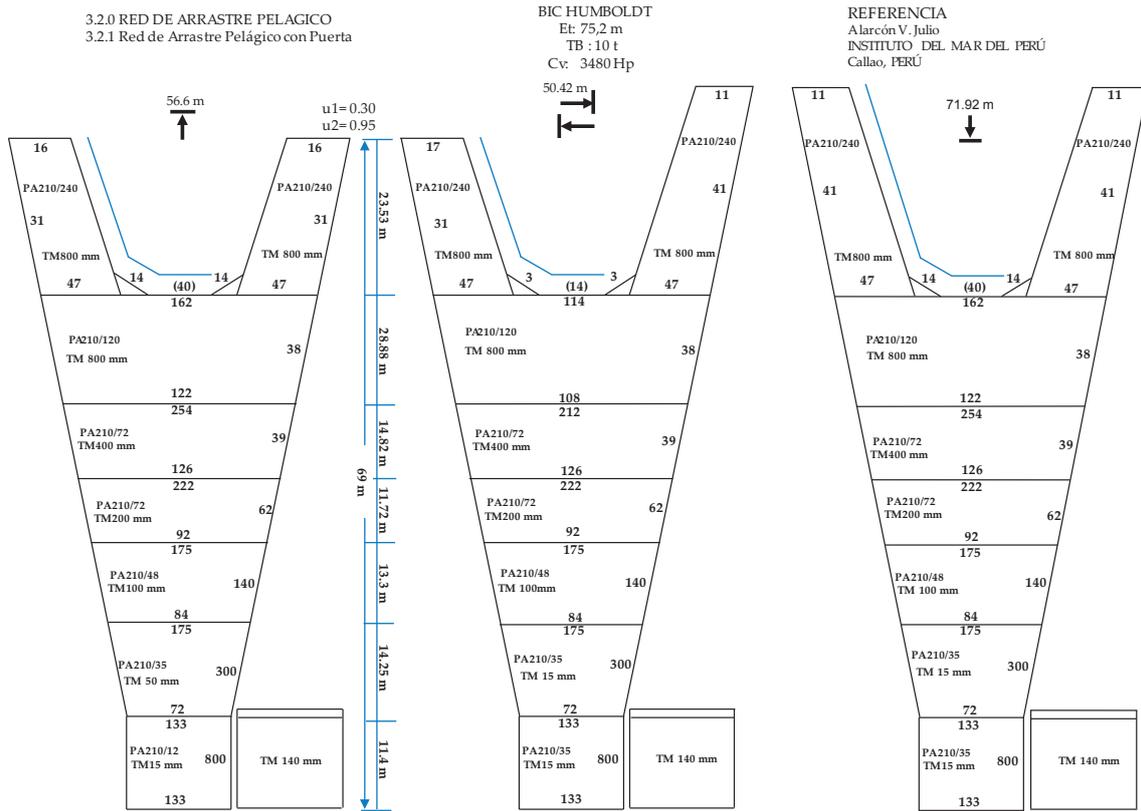


Figura 12.- Plano a escala de la red científica pelágica OTM-2 Código ISSCFG 03.2.1 (FAO, 1999). Modelo Engel 552/800

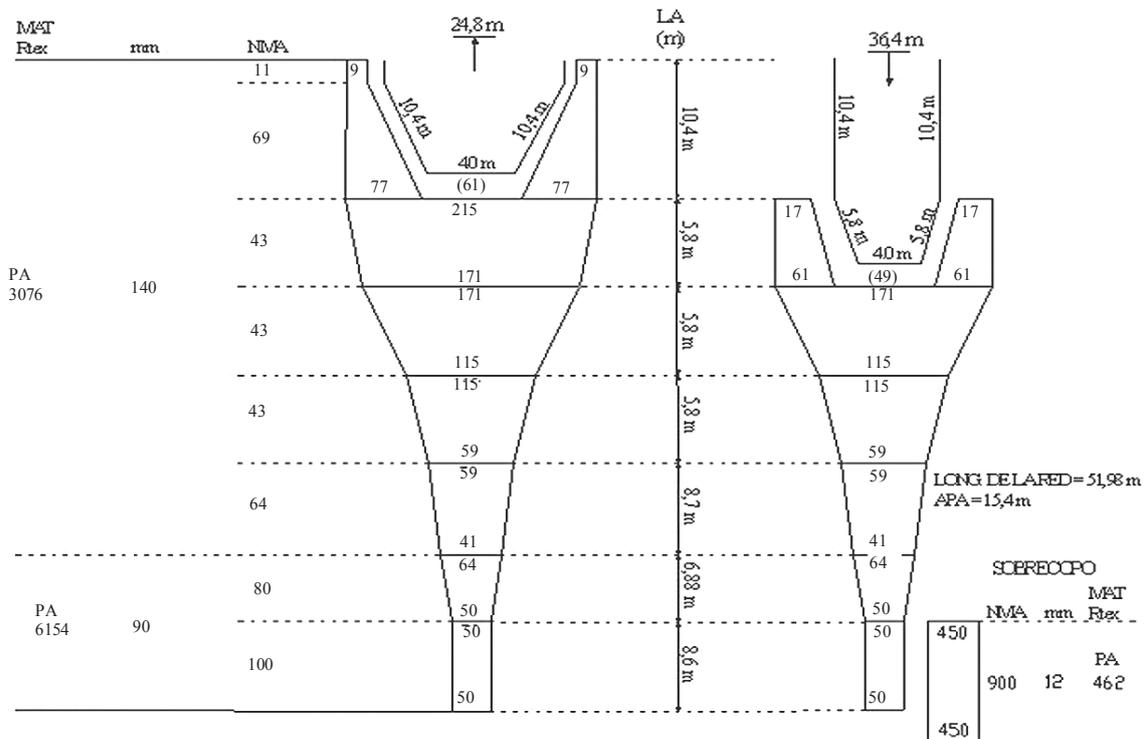


Figura 13.- Plano de red científica demersal OTB-2 código ISSCFG 03.1.2; modelo Granton 342/140. (FAO 1999)

**BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LA COMUNIDAD PELÁGICA**

En la obtención de muestras de la comunidad pelágica se utilizaron tres aparejos:

- Red Bongo de 0,60 m de diámetro con mallas de 300 y 505 micras, provista de dos flujómetros Hydrobios para conocer el volumen de agua filtrada (Fig. 14). Fue utilizada en 52 estaciones, en arrastres oblicuos hasta 300 m de profundidad.
- Red Isaacs-Kidd Midwater Trawls (IKMT) con un área de boca de red de 2,54 m<sup>2</sup>, malla de 505 micras y flujómetro General Oceanics (Fig. 15). Fue empleada en 36 estaciones, en arrastres oblicuos hasta una profundidad media de 160 m.
- Red pelágica de arrastre de media agua tipo Engel (Fig. 12). Se usó en 16 arrastres de comprobación a lo largo de toda la evaluación acústica y durante el experimento de comportamiento nictemeral del krill.

En las estaciones de red bongo, se colectaron 31 muestras de fitoplancton, a profundidades de 0, 10, 30, 50 y 75 m con botellas Niskin de una roseta, las sub-muestras de 100 mL, se colectaron en frascos de vidrio ámbar con formalina neutralizada al 1%.

Las muestras fueron analizadas cuantitativamente en el Laboratorio de Fitoplancton - IMARPE, según la técnica de UTERMÖHL (1958). Cincuenta mililitros de muestra, vertidos en una cámara de sedimentación por 24 horas, permitió contabilizar a los organismos sedimentados en la base de la cámara. Los nanoplanctónicos (<20 micras) se contaron en un área correspondiente a 2 mL, con un aumento de 400x y el resto se contó en toda la base de la cámara de sedimentación a menor aumento en un microscopio invertido, modelo LEICA, equipado con contraste de fase a una magnificación de 20X.

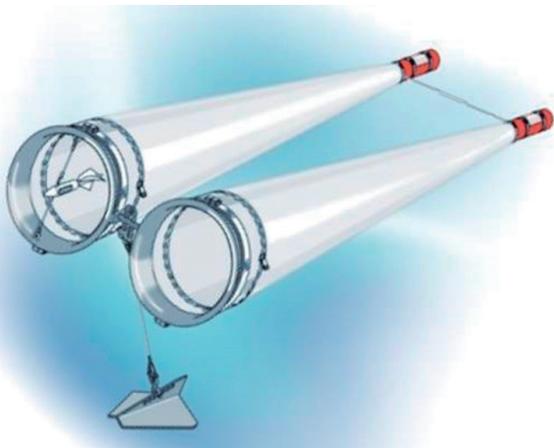


Figura 14.- Red Bongo empleada para obtener muestras de la comunidad pelágica

Las abundancias fueron integradas para obtener la abundancia en la columna de agua de 0 - 75 m. Los datos se expresaron en cel.mL<sup>-1</sup>.

En la determinación taxonómica y biogeográfica de las especies fitoplanctónicas se consultaron los trabajos de ANTONIETTI 1989, BALECH (1958, 1971 y 1973), FERREYRA y FERRARIO (1983), FRENGUELLI (1943, 1960), FRENGUELLI y ORLANDO (1958), HASLE (1964, 1965 a, b), HASLE y SYVERTSEN (1985), HENDEY (1937) MARTINEZ (1972), SYVERTSEN y HASLE (1983), SYVERTSEN (1977) PRIDDLE y FRIXELL (1985) DELGADO (1999).

Para jerarquizar la dominancia de las especies fitoplanctónicas, se construyó el diagrama de OLMSTEAD y TUKEY (SOKAL y ROHLF 1981). Las especies dominantes, constantes, ocasionales y raras se determinaron a partir de la relación entre las densidades de los organismos y sus frecuencias de aparición. El criterio de discriminación se basa en la media de la frecuencia de aparición relativa para el eje de las "X" y de la media respectiva del logaritmo natural de la sumatoria de la densidad absoluta para el eje de las "Y", de tal forma que al trazar ambas se perfilan cuatro cuadrantes.

El programa Primer 6 se utilizó para los análisis comunitarios. El índice de diversidad de Shannon y Wiener (H') expresa los resultados en bits cel<sup>-1</sup>. Siendo:  $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$ .

En los análisis de similaridad y de conglomerados (Cluster) fue utilizado el Índice de Bray-Curtis, donde los datos de abundancia fueron transformados a log (x+1). Se realizó el análisis ANOSIM, para ver si hubo diferencias significativas entre los grupos de estaciones de muestreo obtenidos (CLARKE y WARWICK 2001).

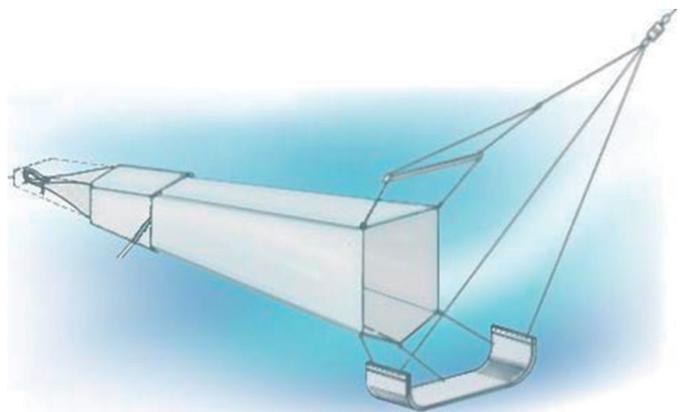


Figura 15.- Isaacs-Kidd Midwater Trawls (IKMT) para el muestreo de krill y su fauna acompañante

Para el integrado en la columna de agua, los datos fueron tratados estadísticamente a fin de analizar el error sistemático y su variabilidad, utilizando la desviación estándar; luego se calcularon los promedios de las distribuciones (diatomeas, dinoflagelados, fitoflagelados y total de fitoplancton) obtenidas en cada profundidad de la columna por estación y se multiplicó por la profundidad máxima de medición de cada estación.

Se prepararon mapas de distribución de dichos grupos y de abundancias de fitoplancton mediante el programa Surfer 11.0.

De las muestras con red Bongo, se analizó las obtenidas con la malla de 505 micras. El conteo en su mayoría correspondió al total de la muestra, excepto en aquellas estaciones cuando la abundancia de algunas especies fue alta, en tales casos las muestras fueron fraccionadas entre 2 y 128 veces en función al tamaño de la muestra obtenida. Todos los eufáusidos encontrados fueron medidos al 0,5 mm inferior y pesados con una balanza digital. En el caso de *E. superba*, por ser la especie dominante se determinó el sexo, madurez sexual y grado de intensidad alimentaria.

Las muestras colectadas con la IKMT, fueron separadas por tamaños de organismos (eufáusidos, salpas, poliquetos, anfípodos). Los eufáusidos, al igual que con la red bongo, fueron sexados, medidos y pesados. La muestra restante, se analizó en su totalidad cuando la abundancia fue baja, fraccionándola cuando fue abundante. Para *E. superba* se obtuvo frecuencias por tallas totales y separadas por sexos.

De las capturas obtenidas con la red Engel, se obtuvieron muestras al azar de eufáusidos y salpas. En el caso de otros organismos (peces) fueron colectados en su totalidad por ser poco numerosos. La muestra fue pesada con una balanza romana, y se revisó toda la muestra para separar las especies que presentaran una baja abundancia (larvas de peces, salpas entre otros). Se escogieron al azar 120 individuos de krill, para determinar talla, sexo, madurez sexual, índice alimentario. Fueron separados por sexos y tallas con la finalidad de tomar el peso final.

En el caso de los peces, se colectó el contenido estomacal y los otolitos para estudios de ecología trófica y edad y crecimiento, respectivamente.

#### BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE AVES Y MAMÍFEROS MARINOS

Se realizaron avistamientos de aves y mamíferos marinos en dos etapas; una correspondiente a la evaluación de la biomasa de krill entre el 22 y 31 de enero y otra correspondiente al experimento sobre comportamiento nictemeral de enjambres de krill entre el 3 y 5 de febrero, de acuerdo a los diseños de muestreo que aparecen en las figuras 2 y 11.

**Aves.-** Se colectó de forma continua información sobre abundancia y distribución de aves marinas durante las horas de luz (4 a 22) entre estaciones oceanográficas y calas de pesca de comprobación, a lo largo de transectos fijos de acuerdo al diseño de evaluación del krill, la velocidad promedio del barco fue 10 nudos (~18,6 km/h). Diariamente se consideró el estado del mar y la visibilidad. Se utilizaron binoculares de 10x50.

Las observaciones se realizaron simultáneamente desde las bandas derecha e izquierda del puente de mando del buque, cada una en un arco de 90° hasta 300 m. Las bandas de observación se localizaron a ~8 m de la superficie del mar. Se asignó códigos de comportamiento a las aves solitarias y en grupos. Los códigos fueron: en vuelo, posado sobre el agua, comiendo, porpoising (pingüinos) y seguidores del barco. Las aves seguidoras del barco fueron contadas la primera vez y luego ignoradas (AMLR 2011). En el caso de algunas aves se utilizó identificación fotográfica. Las imágenes fueron tomadas con una cámara Nikon 3100 y un lente de 70:300 mm. Para la determinación de las aves marinas antárticas se usaron las guías de HARRISON (1987), NAROSKY e YZURIETA (2004), TODD (2004), SHIRIHAI (2007), SYDEMAN et al. (2012).

**Mamíferos.-** La obtención de los datos fue por observación directa y continua (método del transecto), en la que dos observadores provistos de binoculares Fujinom® 7x42 y Bushnell® 10x50 se ubicaron en los bolsillos de la banda de estribor y babor a una altura de 9 m y registraron los avistamientos durante las horas de luz, en sesiones comprendidas entre las 4:00 y 22:00 horas, cubriendo un campo visual de 90° a cada lado de la proa y a una distancia máxima de 500 m. Las observaciones se interrumpieron durante las estaciones oceanográficas y los lances de pesca pelágica (SUTHERLAND 1996), debido a que el barco realiza cambios en el rumbo, lo que podría provocar un recuento de los individuos observados.

En cada avistamiento se registró fecha y hora de observación, especie, número de individuos y comportamiento. Así mismo, se consignaron posición (latitud y longitud) y los parámetros físicos como temperatura superficial del mar (TSM), viento, temperatura ambiental y profundidad, con el fin de determinar las diferentes variables que intervienen en la presencia de mamíferos marinos. Adicionalmente, se tomaron fotografías como herramienta de identificación de las especies observadas.

Finalmente, se compararon las horas de observación con los valores de eco-integración correspondientes a las millas observadas, con el fin de establecer la relación entre los registros acústicos y los avistamientos de mamíferos marinos.

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, SEDIMENTOLÓGICA Y BIODIVERSIDAD BENTÓNICA**

Fue utilizada una draga Van Veen de 0,075 m<sup>2</sup> de superficie de colecta (Fig. 16) con la cual se hicieron lanzamientos hasta 520 m de profundidad. El contenido de cada dragado, que en promedio superó el 80% de llenura, fue tamizado en una malla de 500 µ de abertura. Adicionalmente se colectaron muestras para determinación de granulometría (INGRAM 1971), de contenido de materia orgánica total y carbonatos totales según DEAN (1971) y de contenido de clorófila-a.



Figura 16.- Lanzamiento, recepción de draga, colecta de muestra y tamizado de sedimentos. ANTAR XXII, 2014

Con relación a la biota obtenida, se procedió in situ a limpieza y separación primaria por grandes taxa, en algunos casos se determinó a nivel de familia como en Polychaeta (HARTMAN 1964, 1966, 1976) y Amphipoda (DE BROYER et al. 2007, MOORE y MYERS 1983, REN y HUANG 1991). En cada estación, se obtuvo información oceanográfica de la columna de agua (temperatura, densidad y salinidad) para establecer las relaciones que correspondan (Tabla 2, Figs. 18, 19). Los análisis en general se efectuaron en hoja de cálculo y sólo el tratamiento para análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) para describir la contribución de los taxa de macrofauna a la similitud o disimilitud entre las localidades evaluadas, se realizó con el programa Primer 6 para Windows (v 6.1.6, Primer-E Ltda).

En la bahía Almirantazgo también se colectaron muestras con saca testigos de sedimentos tipo Phleger de 1,75 m de longitud que en su interior puede coleccionar un testigo cilíndrico de 6,4 cm de diámetro y como máximo de 70 cm de longitud, en función del tipo de sustrato existente en el fondo (Fig. 17). Previo a la obtención de testigos de sedimentos se verificó que el sustrato sea fango, que es conveniente para el empleo de este equipo.

Tabla 2.- Datos básicos de las estaciones con dragado. ANTAR XXII, 2014

Localidad	Fecha	Est.	Posición		Prof. (m)
			LONG (°W)	LAT (°S)	
Frente ECAMP	20/01/14	F1	-58.4502	-62.0835	26
	06/02/14	A1	-58.4334	-62.0835	92
Bahía Almirantazgo		B2	-58.4169	-62.1002	370
		C2-1	-58.3669	-62.1835	490
	22/01/14	4	-59.8167	-63.3503	168
		8	-58.5335	-63.1668	108
Estrecho de Bransfield		9	-58.5169	-62.2836	290
	24/01/14	12	-57.5834	-63.0169	110
		13	-57.6167	-62.0834	256
	25/01/14	16	-56.5167	-62.7334	208
Alrededor Is. Elefante	07/02/14	CD1	-60.1334	-63.4168	260
	30/01/14	29	-55.9503	-61.0003	260
		50	-55.9836	-61.2336	156



Figura 17.- Saca testigos de sedimentos de gravedad tipo Phleger de 1,75 m de longitud. ANTAR XXII, 2014

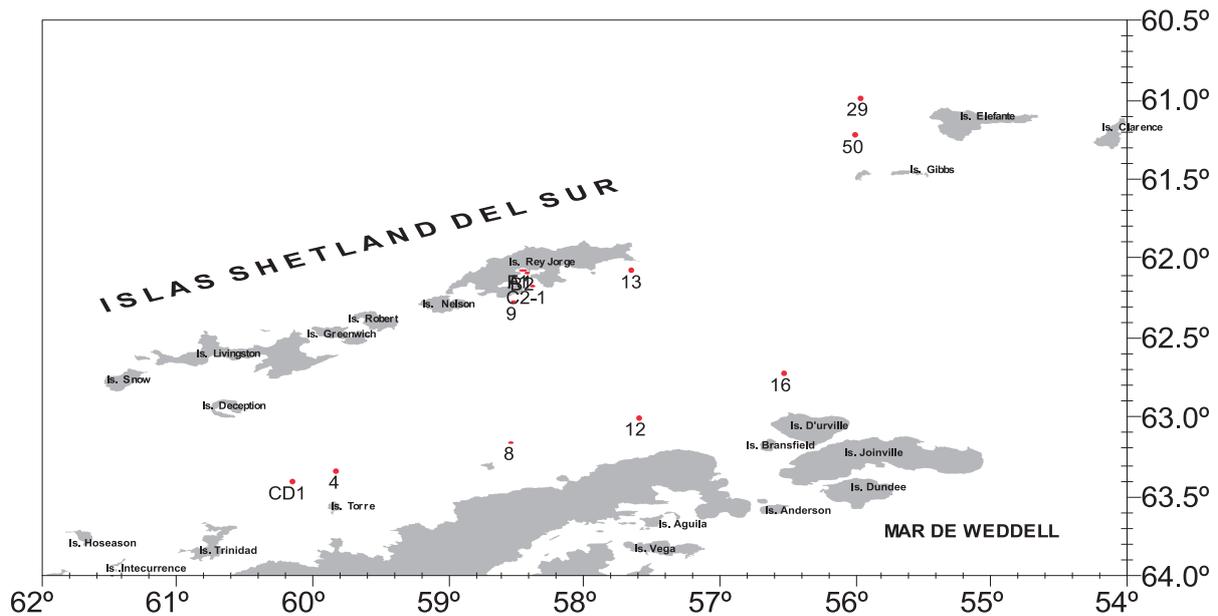


Figura 18.- Estaciones de muestreo de sedimentos y bentos en el estrecho de Bransfield y bahía Almirantazgo. ANTAR XXII, 2014



Figura 19.- Estaciones de muestreo de sedimento y bentos en la bahía Almirantazgo. ANTAR XXII, 2014

También se colectaron muestras de sedimentos para otros objetivos del crucero (determinación de contaminantes por metales, hidrocarburos y contaminantes orgánicos persistentes-COPS) y en dos estaciones de la bahía Almirantazgo para el Instituto Peruano de Energía Nuclear con fines de vigilancia radiológica. En los dominios de plataforma el muestreo con draga tuvo limitaciones a profundidades mayores a 400 m debido a la combinación de condiciones climáticas (intenso viento) y la longitud del cable (500 m) del winche biológico de la zona central del buque.

En la información acústica del fondo marino fue utilizado el ecosonda científica marca SIMRAD modelo EK 60 operando con frecuencias de 38 y 120 kHz, respectivamente y empleando para su procesamiento a bordo el programa Echoview.

#### ESTUDIOS MEDIO AMBIENTALES EN BAHÍA ALMIRANTAZGO Y ESTRECHO DE BRANSFIELD

##### CALIDAD AMBIENTAL EN AGUA, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS MARINOS

Para evaluar presencia de COPS, trazas de hidrocarburos y metales pesados en agua de mar, sedimentos y organismos vivos, se colectaron muestras e información en estaciones seleccionadas en el estrecho de Bransfield, alrededores de isla Elefante, la bahía Almirantazgo y la ensenada Mackellar (FAO 1981, SANTOS et al. 2005). Las estaciones se seleccionaron en consideración a la cercanía de destinos turísticos y rutas más transitadas de navegación.

**Agua de mar.-** Muestras de agua superficial para análisis de hidrocarburos, se colectaron en botellas de vidrio oscuro de 4 litros de capacidad, con tapa de plástico y papel platina entre ellos, y fijadas con 20 mL de diclorometano (Tabla 3, Fig. 20). Para el análisis de metales pesados las muestras se obtuvieron con balde plástico, se fijaron en botellas de plástico de medio litro con 20 mL de ácido nítrico y se congelaron a 0 °C hasta su análisis en los laboratorios de la sede central del IMARPE.

Tabla 3.- Estaciones de colecta de agua de mar superficial para determinación de calidad ambiental. ANTAR XXII, 2014

Estación	Fecha	Latitud	Longitud	HCP aguas	TM aguas
1	22/01/2014	62°53,241	60°28,851	x	x
2	22/01/2014	63°02,126	60°16,295	x	x
4	22/01/2014	63°21,884	59°49,07	x	x
5	23/01/2014	62°36,423	59°32,229	x	x
8	23/01/2014	63°10,9	58°33,4	x	x
9	23/01/2014	62°19,468	58°35,042	x	x
12	24/01/2014	63°02,019	57°34,997	x	x
13	24/01/2014	62°05,094	57°36,239	x	x
16	25/01/2014	62°44,253	56°31,171	x	x
28	30/01/2014	61°15,012	55°57,661	x	x
29	30/01/2014	61°00,246	55°57,400	x	x
34	29/01/2014	60°29,899	54°51,519	x	x
39	28/01/2014	60°14,543	53°26,647	x	x
42	28/01/2014	60°59,504	53°26,863	x	x
46	27/01/2014	62°14,632	53°26,628	x	x
50	27/01/2014	61°15,663	54°33,125	x	x
53	26/01/2014	62°26,625	55°37,144	x	x
F	20/01/2014	62°05,429	58°27,077	x	x
A1	06/02/2014	62°06,111	58°26,598	x	x
B2	06/02/2014	62°06,862	58°25,695	x	

Tabla 4.- Estaciones de colecta de sedimentos. ANTAR XXII, 2014

Estación	Latitud	Longitud	HCP	TM	COPS
			Sedimentos	Sedimentos	Sedimentos
F1	62°05,42'	58°27,08'	x	x	x
4	63°22,395'	60°49,012'	x	x	x
8	63°10,90	58°33,4'	x	x	x
13	62°05,46'	57°37,87'	x	x	x
16	62°44,11'	56°31,42'	x	x	x
63	61°00,1'	56°57,1'	x	x	x
64	61°14,829'	55°59,793'	x	x	x
A1	62°05,912'	58°26,585'	x	x	x
B2	62°06,796'	58°26,266'	x	x	x

Tabla 5.- Estaciones de colecta de organismos marinos, Cr. ANTAR XXII, 2014

Estación	Fecha	Latitud	Longitud	HCP	TM	COPS	Especie
LANCE 1MR	23/01/2014	62°42,51	59°48,72	x	x	x	<i>E. superba</i>
LANCE MR2	23/01/2014	62°31,31	58°57,44	x	x	x	<i>E. superba</i>
LANCE 04	24/01/2014	62°06,60	57°51,65	x	x	x	<i>E. superba</i>
LANCE 06	25/01/2014	62°17,22	56°38,97	x	x	x	<i>E. superba</i>
LANCE 08	26/01/2014	62°18,99	55°32,62	x	x	x	<i>Nototenía gibberifron</i>
LANCE 12	29/01/2014	60°44,75	54°40,36	x	x	x	<i>E. superba</i>
LANCE 14	30/01/2014	61°15,19	56°21,17	x	x	x	<i>E. superba</i>
LANCE 15	31/01/2014	60°15,14	57°01,30	x	x	x	<i>E. superba</i>
LANCE E7	05/02/2014	62°12,12	56°32,70	x	x	x	<i>Payetopsis macroperus</i>
LD2	06/02/2014	63°19,17	59°43,88		x		<i>P. macroperus</i>
LD2	06/02/2014	63°19,17	59°43,88	x	x	x	<i>N. gibberifron</i>

**Sedimentos marinos.-** Las muestras de sedimentos fueron colectadas con la draga Van Veen de acero de 0,25 m<sup>3</sup> de capacidad y envueltas en papel aluminio para el análisis de hidrocarburos y de COPs y en bolsas de plástico para análisis de metales pesados. Cada muestra fue debidamente etiquetada y congelada a menos de 0 °C para su posterior análisis en laboratorio (Tabla 4, Fig. 21).

**Organismos marinos.-** Fueron colectados en las estaciones de pesca, tanto pelágicas como de arrastre de fondo. Estas muestras fueron envueltas en papel aluminio para el análisis de hidrocarburos y de COPs, y en bolsas de plástico para metales pesados. Cada muestra fue etiquetada y congelada a menos de 0° C para su posterior análisis en laboratorio (Tabla 5, Fig. 22).

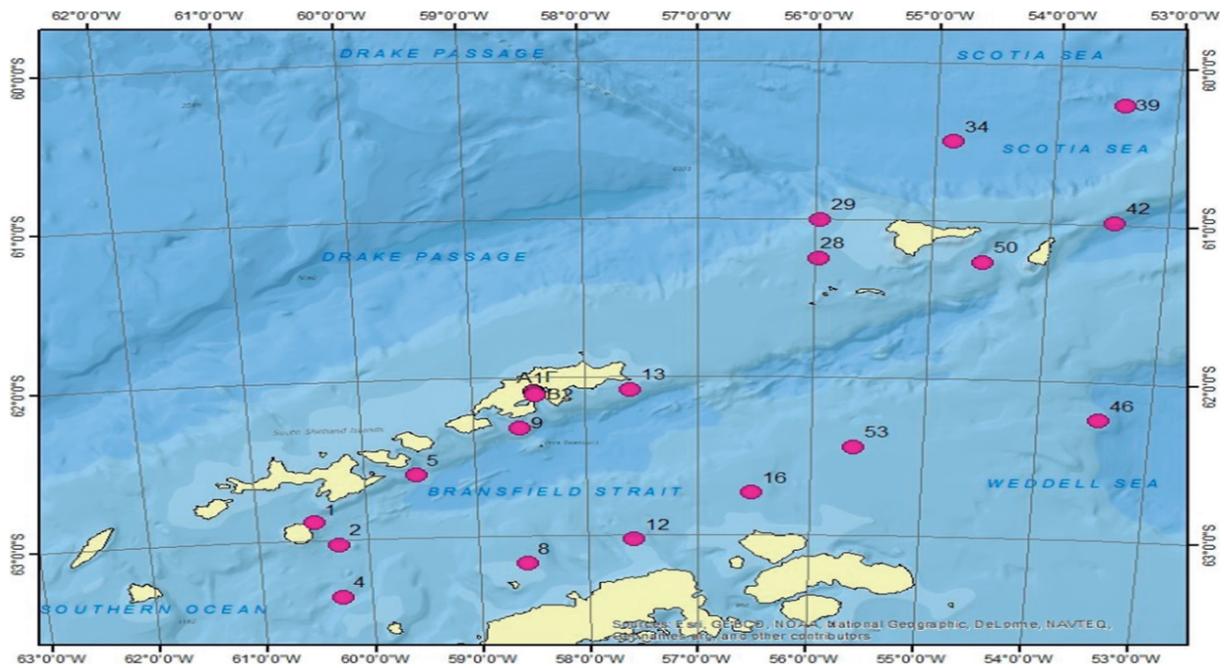


Figura 20.- Estaciones de muestreo de agua superficial para determinación de calidad ambiental. ANTAR XXII, 2014

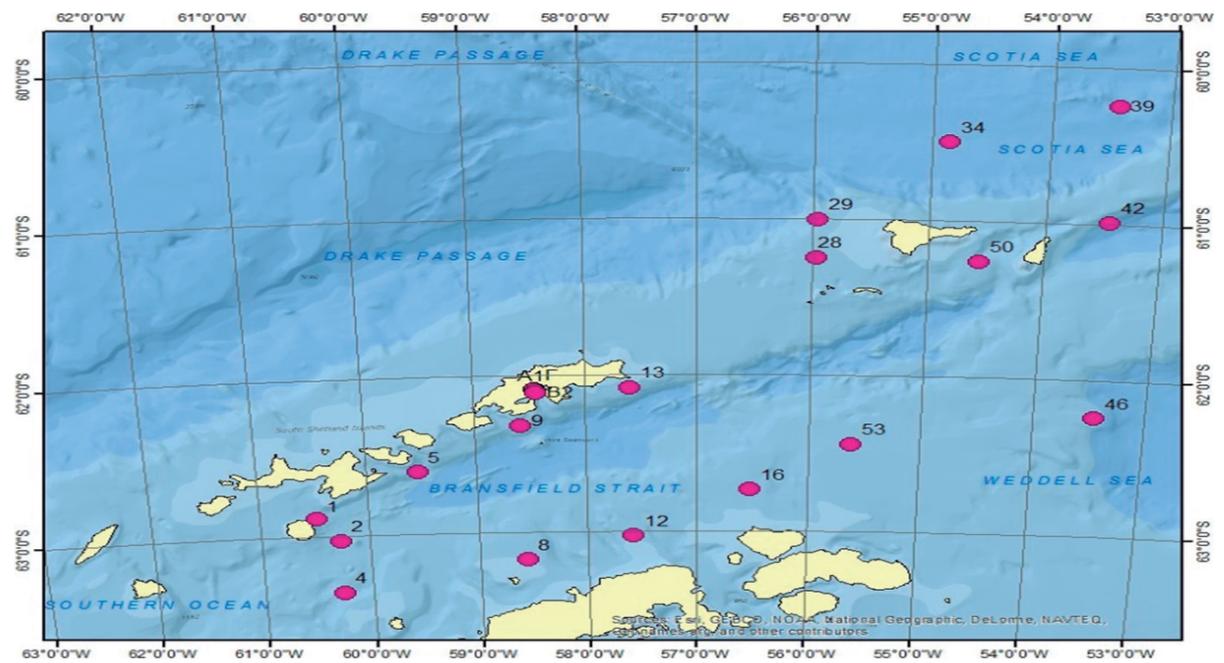


Figura 21.- Estaciones de muestreo de sedimento marino. ANTAR XXII, 2014

El área de estudio se circunscribió a las zonas donde la profundidad de la plataforma permitió el uso de la draga debido a la longitud del cable (<500 m). Además, el tipo de fondo solo permitió la eficacia de la draga en fondo blando, que no existió en todas las estaciones debido a que en algunos lugares se encontró fondo pedregoso o con grava gruesa que impidió el hundimiento de la draga para coleccionar la muestra.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS

##### INDICADORES METEOROLÓGICOS

**Temperatura del aire.-** Varió de -2,0 a +3 °C con promedio de 0 °C. Las mayores temperaturas se ubicaron al norte de la isla Elefante, en cambio las menores se localizaron en una franja en el extremo norte del estrecho de D'Urville y Bransfield. En general, en el área evaluada predominaron valores entre -0,5 y +0,5 °C, sin embargo, la presencia de núcleos cálidos y fríos fue frecuente en toda el área de estudio (Fig. 23a).

**Humedad relativa.-** Varió de 64 a 95%. La distribución de humedad en el aire fue alrededor del 80%, presentándose núcleos de baja humedad (<70%) al norte de la Isla Elefante; así como núcleos de alta humedad (>90%) frente a la isla Livingston y norte de la isla Rey Jorge (Fig. 23b).

**Presión atmosférica.-** Varió entre 973 y 998 hPa, con promedio en 981 hPa. En la zona suroeste del estrecho de Bransfield se ubicaron las más altas presiones, así como en núcleos en áreas adyacentes a la península antártica, en cambio bajas presiones se localizaron en el extremo noreste del estrecho y al noreste de la isla Elefante (Fig. 23c).

**Vientos.-** La intensidad de los vientos fluctuó entre 0,4 y 17,2 m/s, predominando los vientos moderados (con intensidades menores a 8,0 m/s), vientos intensos (mayores a 8m/s) se localizaron formando amplios núcleos, destacando el ubicado frente a las islas de Robert y Greenwich (Fig. 23d). No se observó una dirección predominante de patrón de vientos.

##### INDICADORES OCEANOGRÁFICOS SUPERFICIALES

**Temperatura superficial del mar.-** Fluctuó entre -1,5° y 1,6°C, con promedio 0,6 °C para toda la zona evaluada. La distribución térmica mostró un comportamiento similar al patrón general, es decir, con temperaturas más altas en la zona adyacente a las islas Shetland del sur alcanzando temperaturas mayores a 1,5 °C (Fig. 24a) y las más bajas (-1,0 °C) en zonas cercanas a la península antártica (islas D'Urville) asociadas a aguas frías procedentes del mar de Weddell.

Por otro lado, a lo largo del eje central del estrecho de Bransfield (ligeramente al sur) se observó la presencia de un frente térmico y halino, denominado Frente de Bransfield (FB) que separa aguas ligeramente cálidas y poco salinas, de aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional (península Antártica).

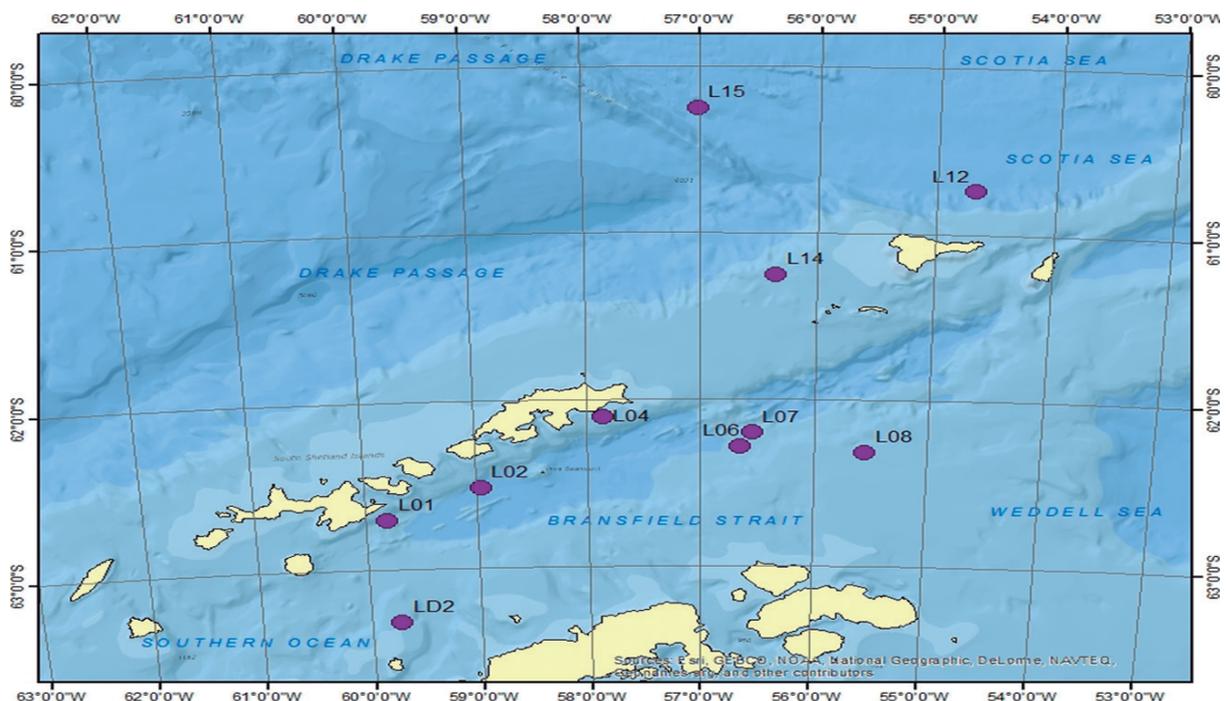


Figura 22.- Estaciones de colecta de organismos marinos. AN-TAR XXII, 2014

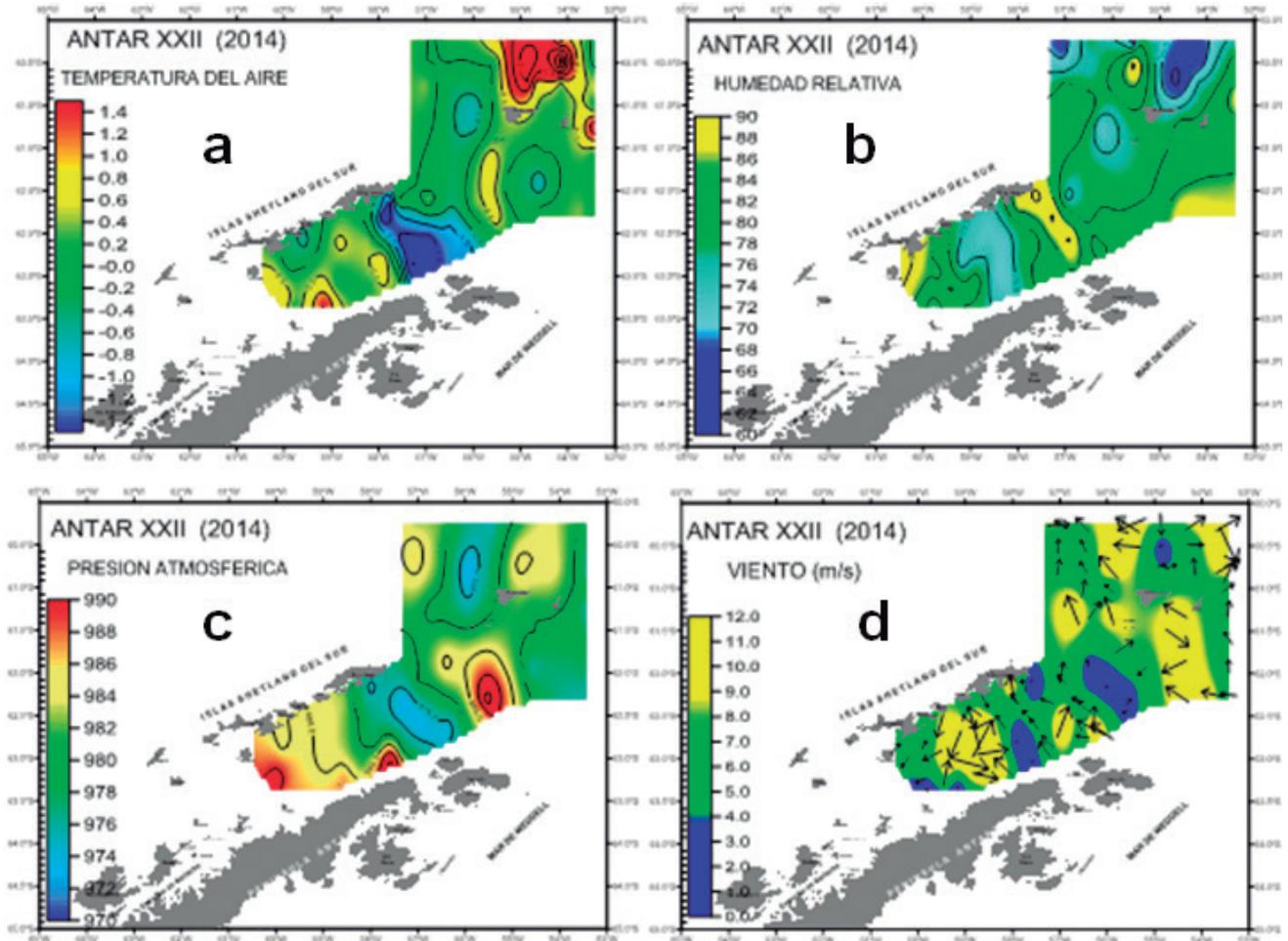


Figura 23.- a) Temperatura del aire, b) Humedad relativa, c) Presión atmosférica y d) Vientos (m/s). ANTAR XXII, 2014

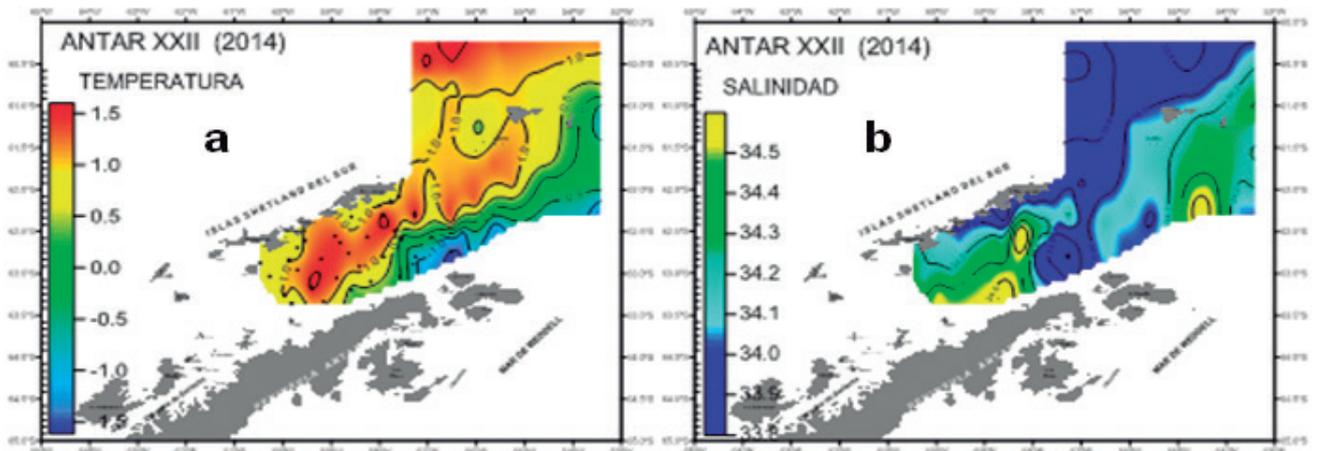


Figura 24.- Distribución de a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Salinidad superficial del mar (ups). ANTAR XXII, 2014

**Salinidad.-** Con valores entre 33,38 y 34,77 ups. Las mayores concentraciones halinas (>34,5 ups) se localizaron frente a las islas Astrolabio proyectándose hacia el interior del estrecho de Bransfield y en un núcleo en el extremo sureste del área evaluada; sin embargo, ambas zonas presentan condiciones térmicas diferentes: temperaturas >0,5 °C en la primera y <-0,5 °C en

la segunda; por su parte, las menores concentraciones de sales se localizaron en zonas adyacentes a las islas Shetland del sur y al noreste de la isla Elefante, con valores <34,0 ups asociados a temperaturas >+1 °C, así mismo se observó un área con bajas concentraciones de sales entre la península y la isla Bransfield asociadas a temperaturas menores a 0 °C (Fig. 24b).

**Oxígeno y Potencial de Hidronio.-** En superficie el oxígeno registró valores que fluctuaron entre 5,30 y 9,24 mL/L y promedio en 7,94 mL/L, mostrando una distribución relativamente homogénea con núcleos de concentraciones altas (>8,5 mL/L), resaltando el ubicado frente a la isla Rey Jorge. En forma similar, las bajas concentraciones de oxígeno se distribuyeron en núcleos como el ubicado al norte de la isla Elefante (Fig. 25a). El potencial de hidronio (pH) al igual que el oxígeno mostró valores homogéneos con promedio de 7,97 y rango de 7,97 a 8,11 (Fig. 25b).

#### INDICADORES OCEANOGRÁFICOS SUB SUPERFICIALES

**Masas de agua.-** La figura 26 muestra los diagramas T-S en las diferentes secciones a lo largo del estrecho observándose alta variabilidad en el comportamiento de las masas de agua dentro del EB debido a la dinámica muy particular que determina la geomorfología de la zona, la Corriente Circumpolar Antártica, así como la fuerte influencia que tienen las aguas procedentes del mar de Weddell del extremo noreste; en cambio en el extremo suroeste son las aguas del estrecho de Gerlache las que juegan un papel importante en la dinámica marina del área de estudio. En resumen, las aguas que ocupan el estrecho Bransfield son principalmente aguas de mezcla producto de la interacción de aguas procedentes del mar de Weddell (temperaturas <1 °C y salinidades entre 33,8 y 34,7 ups), del mar de Bellingshausen (temperaturas de 2 °C y salinidades de 34,6 ups), aguas formadas en el estrecho de Gerlache (temperaturas >2 °C y bajas salinidades <33,6 ups) y del agua formada *in situ* debido a los deshielos.

**Capas.-** Con la finalidad de entender los procesos termohalinos en los primeros 100 m de profundidad,

se analizaron cartas de distribución térmica y halina cada 25 m, encontrándose en todas las capas la presencia de un frente térmico que estaría asociado al Frente de Bransfield (FB), siendo más intenso en la capa superficial el cual es descrito por SANGRA y MARTÍNEZ (1999) entre otros (Fig. 27). Su cambiante ubicación temporal permite inferir el predominio de una condición cálida o fría, según el área que corresponda a la zona adyacente, sea la península que infiere una condición fría o la zona adyacente a las islas Shetland del sur en donde prevalecen condiciones cálidas. Por otro lado, la distribución halina sobre los 25 m fue homogénea con un predominio de bajas concentraciones de sales (<34,0 ups) en toda la zona de estudio, observándose un ligero incremento de las concentraciones frente a las islas Astrolabio y Torre relacionado a la influencia de las aguas procedentes del estrecho de Gerlache. Por debajo de los 50 m, las aguas con temperaturas <0 °C y concentraciones de sales >34,0 ups amplían su cobertura hacia el norte, respecto a la superficie; sin embargo, el contraste térmico no es tan marcado como en las primeras capas, en cambio el halino mostró mayor amplitud en su rango de distribución. En promedio, las concentraciones van incrementándose hacia las capas más profundas al igual que la temperatura desciende, debido a los cambios en densidad, lo que provoca que las aguas más frías y salinas se hundan dando origen a las aguas de fondo e intermedias, aguas que luego son desplazadas por la Corriente Circumpolar Antártica (Fig. 27a).

**Secciones verticales.-** La estructura térmica en el estrecho de Bransfield (Fig. 28, secciones 1, 2, 3 y 4), presentó en los primeros 50 m una estratificación asociada a una termoclina moderada, debilitándose y desapareciendo en las proximidades de las 20 y 30 mn de la península Antártica.

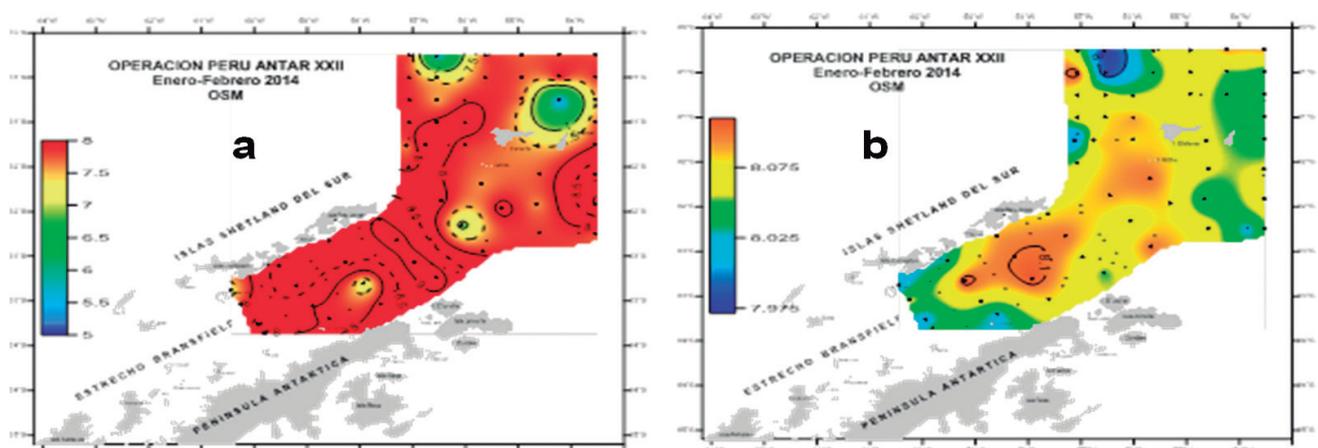


Figura 25.- (a) Oxígeno disuelto y (b) Potencial Hidronio. ANTAR XXII, 2014

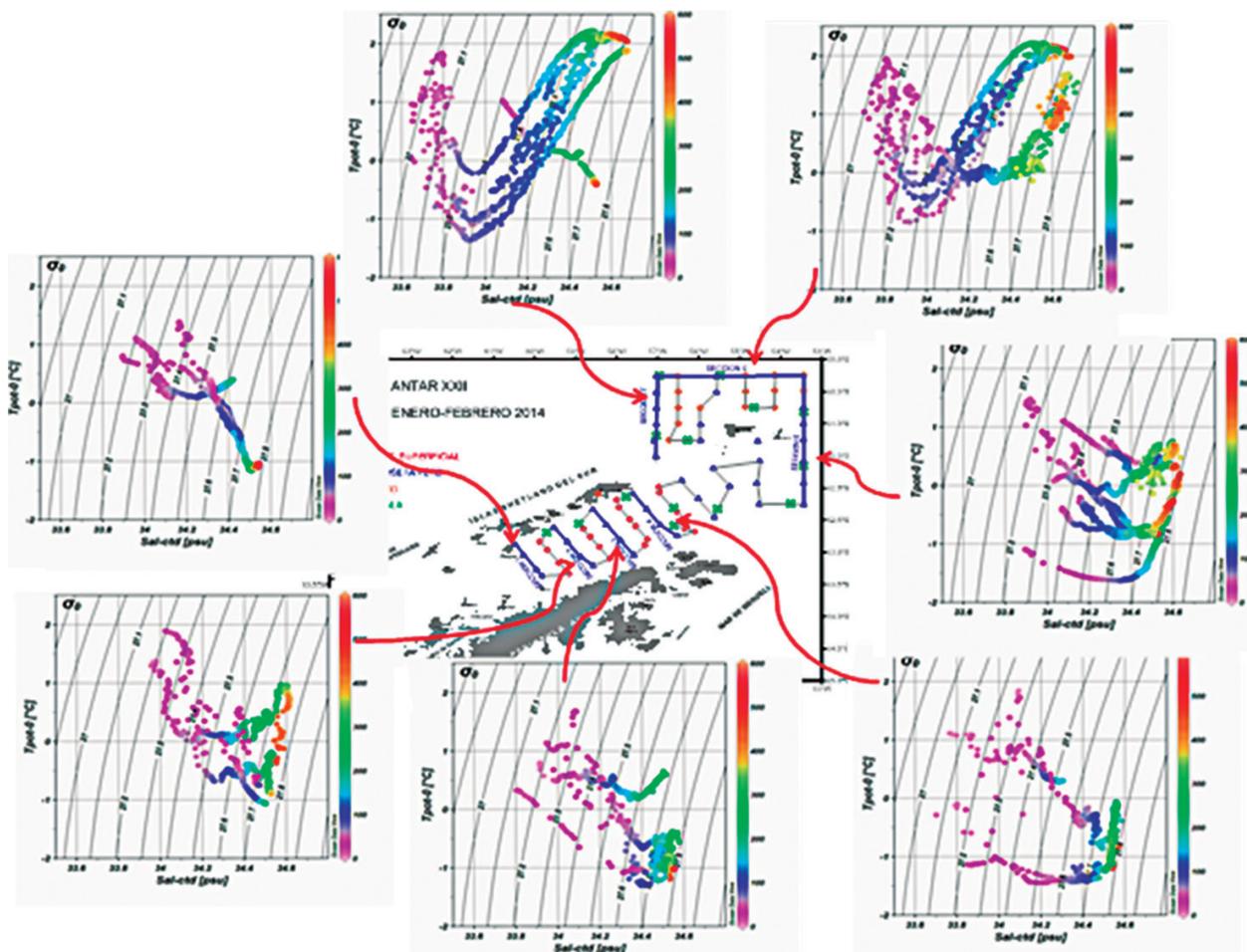


Figura 26.- Distribución de masas de agua. ANTAR XXII, 2014

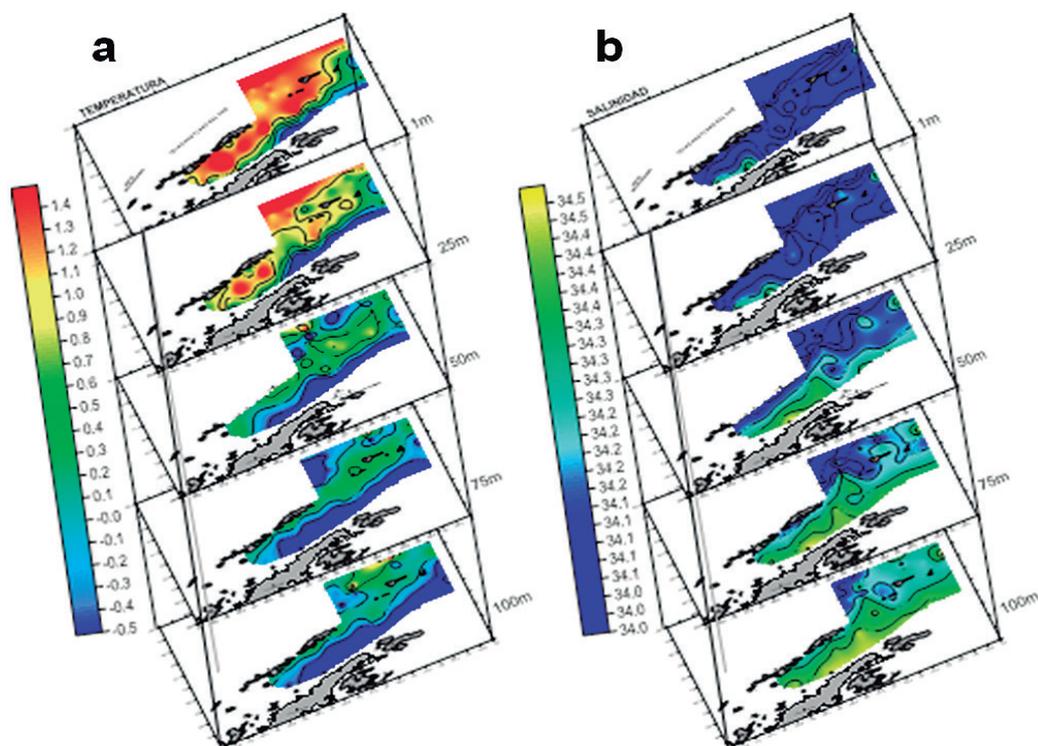


Figura 27.- Distribución vertical (capas) de (a) Temperatura y (b) Salinidad. ANTAR XXII, 2014

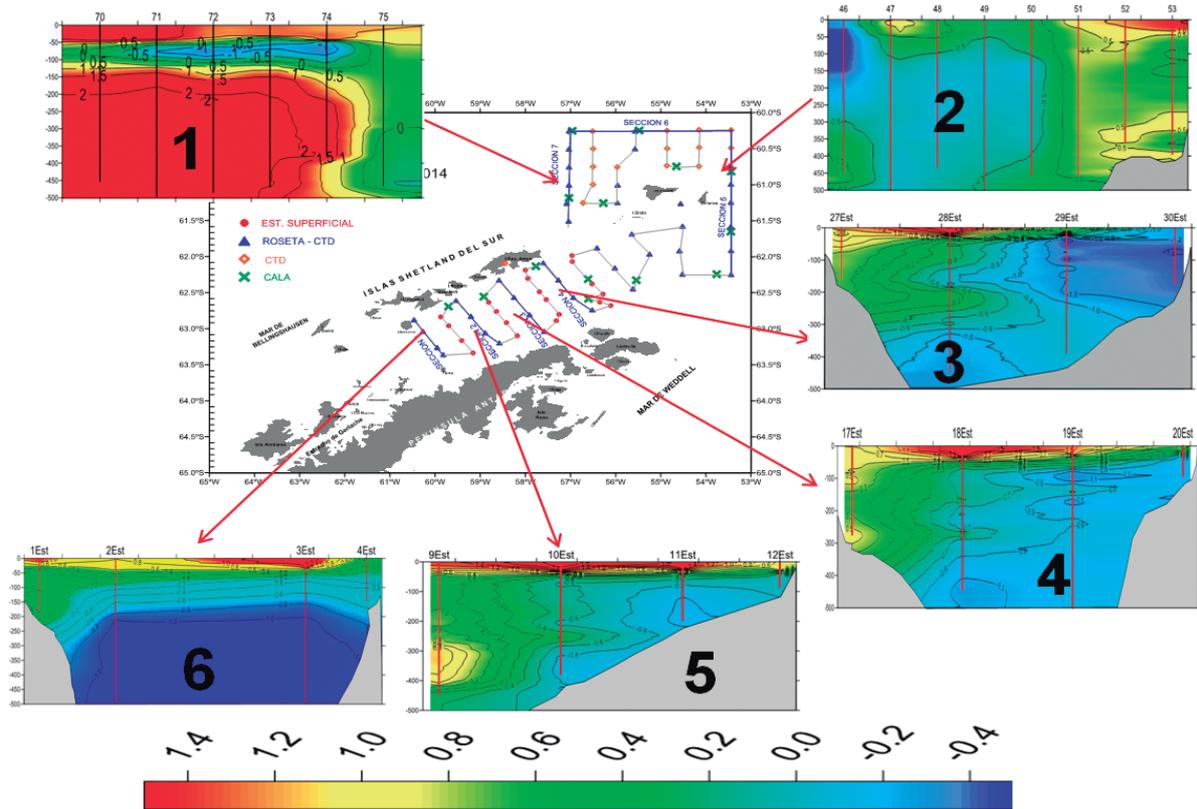


Figura 28.- Distribución de la Temperatura en secciones verticales. ANTAR XXII, 2014

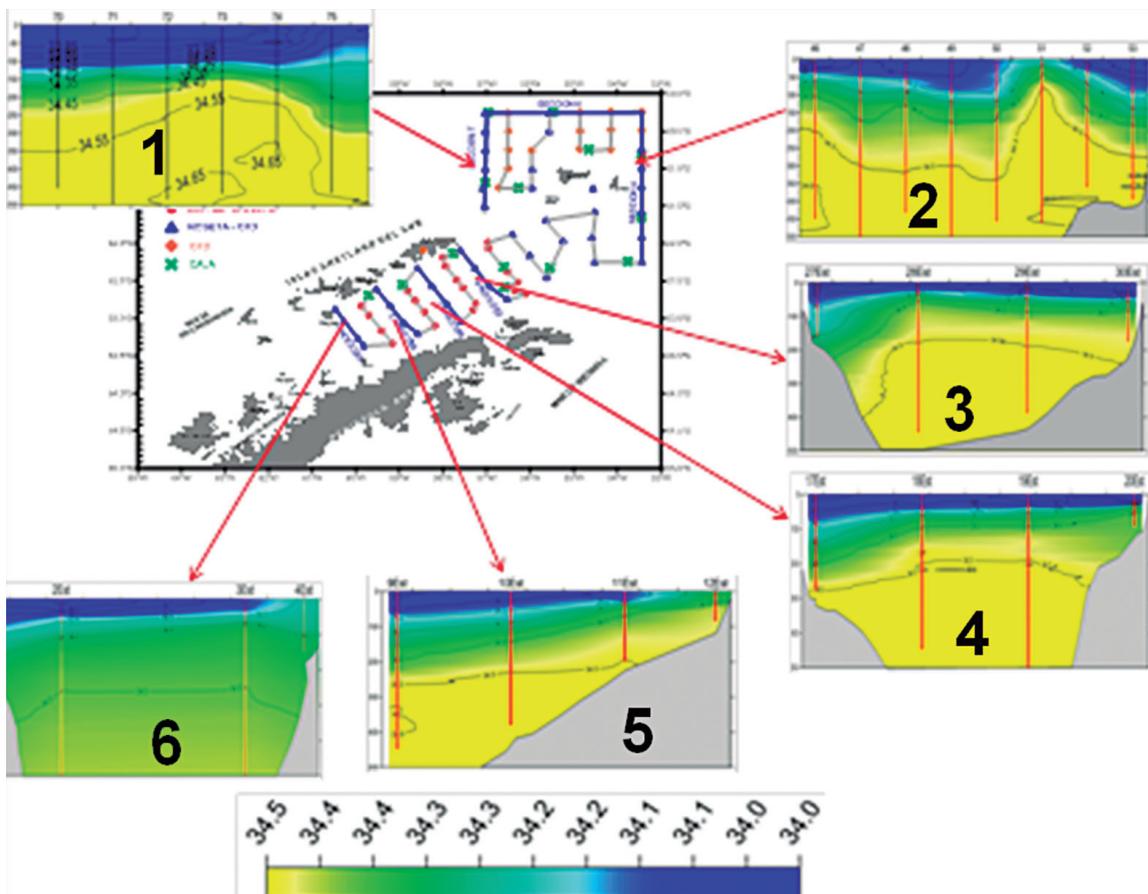


Figura 29.- Distribución de la salinidad en secciones verticales. ANTAR XXII, 2014

En las capas subsuperficiales (por debajo de la termoclina) se presentan cambios térmicos asociados a la interacción de aguas frías provenientes del mar de Weddell, aguas de deshielo a lo largo de la Península con las aguas cálidas del mar de Bellingshausen que son transportadas por la CCA. Esta interacción da lugar a la formación de un frente térmico entre los 50 y 400 m, confinando las aguas cálidas al norte y las frías al sur. Por debajo de los 400 m fueron aguas con temperaturas menores a 0 °C las que se encontraron en todas las secciones y a lo largo del EB.

La sección 5 presentó un comportamiento diferente a las secciones antes descritas debido a que en esta zona los procesos de mezcla son más intensos al estar en una zona más abierta y la interacción del agua de la CCA y la de Weddell es más frontal además de los efectos que causan las islas; en cambio, la sección 6 muestra una fuerte influencia de las aguas cálidas de la CCA siendo atenuada la influencia de Weddell por las islas.

La salinidad dentro del EB mostró una distribución característica de la zona, aguas menos saladas en la superficie y más saladas en las capas profundas, también resalta la zona norte donde se encontraron los mayores volúmenes de agua con poca salinidad. En promedio, la sección 1 fue la que presentó menores concentraciones de sales en la columna de agua (Fig. 29).

Por otro lado, las secciones ubicadas al este del EB presentaron mayores volúmenes de agua con baja salinidad, lo que indica que las aguas del mar de Weddell tienen gran influencia en la zona noreste del área de estudio principalmente en las capas subsuperficiales, en cambio al suroeste son las aguas del mar de Bellingshausen y del estrecho de Gerlache las que predominan.

#### CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL EXPERIMENTO ENTRE LAS ISLAS GIBBS Y REY JORGE

Durante el experimento en el extremo norte del estrecho de Bransfield, se registraron datos oceanográficos continuos desde las 23 horas del 2 de febrero hasta las 19 horas del 5 de febrero, a través de 11 lanzamientos de CTD, con los que se prepararon series temporales (Fig. 30) del comportamiento de la temperatura, salinidad y oxígeno para el periodo mencionado.

Las series temporales mostraron ligeros cambios en la distribución térmica, principalmente sobre 25 m de profundidad, observándose dos cortos periodos con temperaturas >1 °C; sobre 50 m de profundidad predominó temperaturas >0,5 °C. Las isothermas de 0 y 0,5 °C se mantuvieron entre 100 y 200 m, respectivamente, con ligeras fluctuaciones entre las 16:00 hs del 4 de febrero y las 06:00 hs del 5 de febrero.

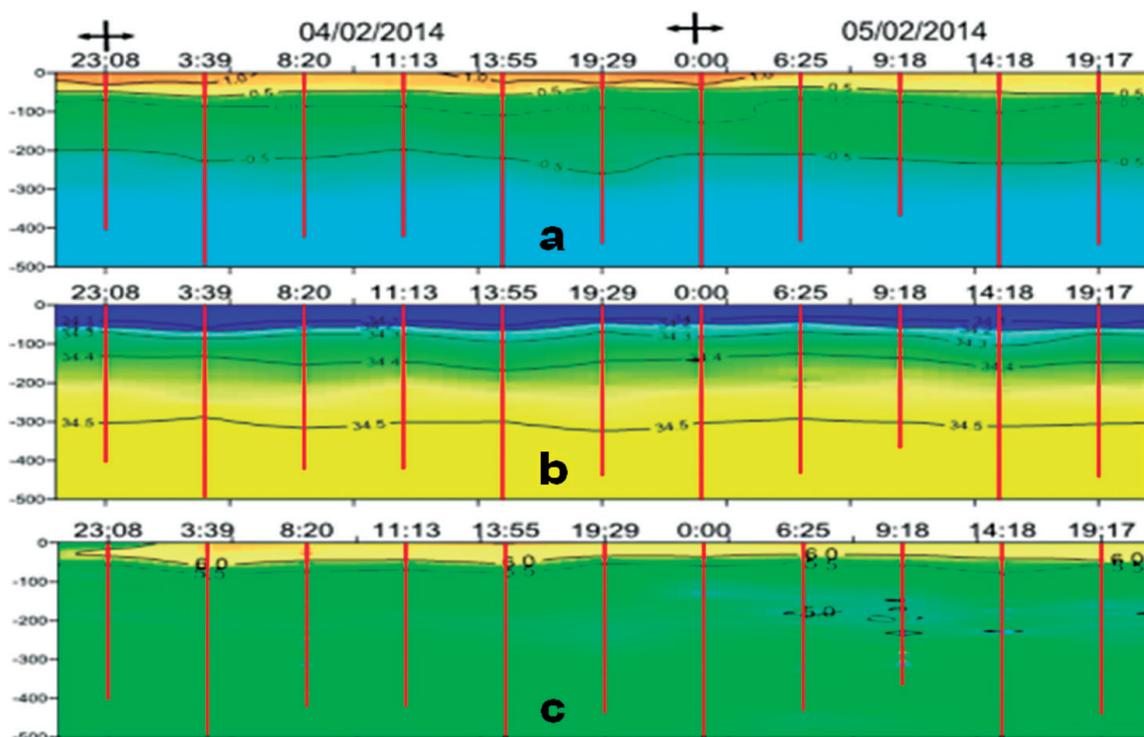


Figura 30.- Distribución de a) temperatura, b) salinidad y c) oxígeno. Experimento. ANTAR XXII, 2014

La salinidad en los primeros 50 m presentó una capa homo-halina con concentraciones de sales de 34,1 ups que se mantuvo todo el periodo de observación; por debajo de esta capa se observó mayor estratificación hasta 100 m de profundidad donde la salinidad varió de 34,1 a 34,3 ups. Entre los 100 y 500 m esta distribución fue homogénea.

La distribución de oxígeno fue homogénea en toda la columna de agua, con valores próximos a 5,5 mL/L, excepto sobre los 50 m donde se encontraron concentraciones mayores a 6 mL/L.

Debido al corto periodo de observación y a los diferentes lugares de observación, no se establecieron índices de variación; sin embargo, comparando con los resultados del ANTAR XXI (2013), se puede afirmar que en el verano austral 2014 las condiciones térmicas fueron más frías y con menores variaciones. Asimismo, los cambios halinos fueron menores que en el experimento del 2013; la capa sobre los 100 m presentó menor volumen de agua con bajas concentraciones de sales (salinidades <34,1 ups).

**EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES COMUNIDADES PELÁGICAS**

**Calibración del ecosonda científico EK60 SIMRAD.-** Los trabajos de calibración acústica para los transductores de las frecuencias de 38 y 120 kHz se realizaron en la bahía Almirantazgo (BA) – ensenada Mackellar (62°05,39”S y 58°27,21”W) a una profundidad de 23,65 m, obteniéndose los resultados que aparecen en la Tabla 6, Fig. 31.

**ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES**

**Distribución y concentración de krill.-** El krill presentó amplia distribución en el área de estudio. Las mayores densidades (>1.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) se registraron en los alrededores de isla Elefante (norte, este y oeste de las islas Gibbs) y en el área de Joinville; en el estrecho de Bransfield los mismos niveles o núcleos de concentración ocuparon menor espacio. La mayor abundancia (250-1.000 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) destacó al sur de isla Decepción, al norte de isla Torre, al sur de isla Robert, al norte de isla Astrolabe, al sur de isla Rey Jorge y al norte de isla D’Urville. Menor abundancia (<250 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) se observó en el resto del área prospectada (Fig. 32).

**Estimación de biomasa de krill.-** Durante el verano austral del 2014, la biomasa fue mayor que la obtenida en el 2013 (mismo periodo), al parecer, debido a la disponibilidad del recurso y la amplitud de distribución espacial del krill en toda el área prospectada. Se debe tomar en cuenta que en el 2014 se evaluó un área 2,6 veces más grande; sin embargo, en lo que se refiere al estrecho de Bransfield el espacio evaluado fue similar,

Tabla 6.- Resultados de la calibración Ecosonda EK 60 SIMRAD. Crucero ANTAR XXII

Frecuencia (kHz)	38	120
Ambiente		
Profundidad (m)	18,5	15
Temperatura (°C)	0,8441	0,8441
Salinidad (ups)	34,09	34,09
Coefficiente de absorción (dB/km)	10,1	26,1
Velocidad de sonido (m/s)	1455,7	1455,7
Resultados del modelado del haz		
Ganancia del transductor (dB)	25,6	27,58
Corrección Sa (dB)	-0,79	-0,62
Desviación del modelado del haz		
RMS (dB)	0,13	0,47
Desviación del modelado polinomial del haz		
RMS (dB)	0,08	0,45

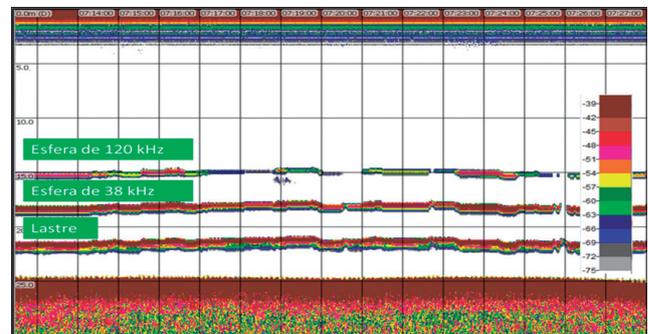


Figura 31.- Ecogramas de las esferas de calibración de 38 y 120 khz. ANTAR XXII, 2014

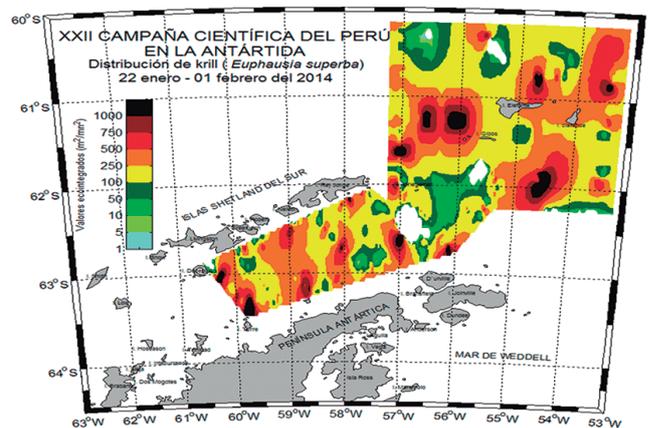


Figura 32.- Distribución y abundancia acústica de krill frecuencia 120 kHz (EK60). ANTAR XXII, 2014

5550 (2013) y 5551 (2014); en Joinville, el área evaluada fue casi 2 veces mayor y en el 2013 no se evaluó en los alrededores de la isla Elefante, mientras que en el 2014 se evaluaron 10.685 mn<sup>2</sup>. Con estas consideraciones, la biomasa de krill obtenida fue de 7'330,574 y 2'926,906 t por los métodos de SDWBA y Greene, respectivamente; es decir, significativamente mayor a lo obtenido el 2013. Sin embargo, es notable la diferencia de biomasa

sas obtenidas en el estrecho de Bransfield, en donde destacó mayor biomasa (1'700,313 t) con respecto a los resultados obtenidos el verano 2013 (582,052 t). En los alrededores de la isla Elefante la biomasa de 4'569,039 t obtenida en el crucero ANTAR XXII que representa el 62,3% de toda la biomasa existente en el área de estudio, lo que ratifica la importancia de continuar con los trabajos del IMARPE en dicho espacio físico (Tabla 7).

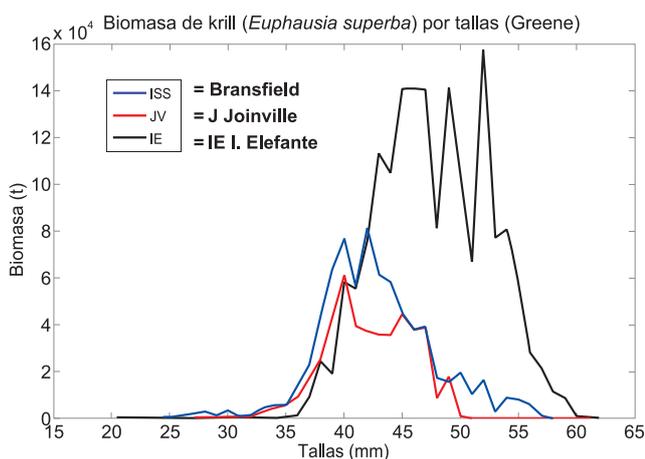


Figura 33.- Biomasa por tallas de krill por el método de Greene, estrecho de Bransfield, Joinville y alrededores de isla Elefante. ANTAR XXII, 2014

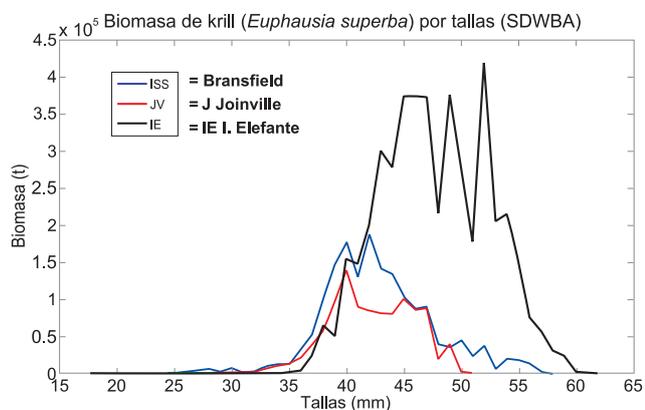


Figura 34.- Biomasa por tallas de krill por el método de SDWBA, estrecho de Bransfield, Joinville y alrededores de isla Elefante. ANTAR XXII, 2014

**Biomasa por tallas.-** Con los métodos Greene y SDWBA, la mayor biomasa en los alrededores de isla Elefante estuvo representada por ejemplares mayores a 40 mm sobrepasando los 60 mm, con moda >53 mm. En el estrecho de Bransfield la moda estuvo en 42 mm y el rango abarcó de 25 a 58 mm. En Joinville, la moda fue 40 mm, con rango entre 30 y 50 mm (Figs. 33, 34). Llama la atención la diferencia entre la biomasa por tallas entre Joinville y Bransfield, siendo menor la primera lo que sugiere que se trataría de una zona de reclutamiento que alimentaría tanto al estrecho de Bransfield, como a los alrededores de isla Elefante.

#### Experimento comportamiento de enjambres de krill.-

Este experimento se realizó entre el 3 y 5 de febrero 2014, en mar abierto, a 10 mn al sur de la isla Bridgeman (35 mn al sur oeste de isla Rey Jorge en el área de Joinville) (62°12,399'S y 56°29,989'W) con profundidades entre 800 y más de 1000 m. Durante el experimento, se efectuaron 11 giros en forma de ocho cubriendo dos cuadrantes: en el cuadrante del norte se navegó en sentido antihorario y en el cuadrante del sur en sentido horario (Fig. 35). Cada cuadrante fue de 2 x 2 mn de lado, y se cubrió un área de 8 mn<sup>2</sup>. Al finalizar cada giro se efectuó una estación oceanográfica y un lance de pesca de comprobación con la red pelágica Engel. En 48 horas de trabajo continuo, se hicieron 11 estaciones, 9 lances de comprobación y 176 mn recorridas.

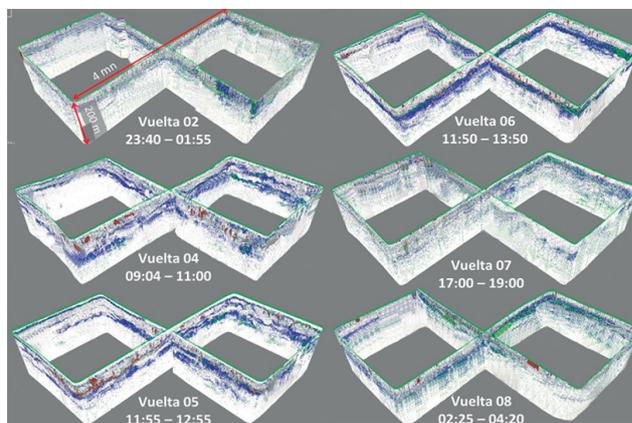


Figura 35.- Arreglo tridimensional de los ecogramas durante el experimento. ANTAR XXII, 2014

Tabla 7.- Biomasa (t) acústica estimada para los veranos australes 2013 y 2014 en el área comprendida entre el estrecho de Bransfield, Joinville e Isla Elefante

Años	2013			2014			Biomasa (t)
	Área (mn <sup>2</sup> )	Densidad acústica m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup>	Biomasa (t) SDWBA	Área (mn <sup>2</sup> )	Densidad acústica m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup>	Biomasa (t) SDWBA	
EB	5.550	166	582,052	5.551	268	1.700.313	738.472
JV	2.490	263	294,315	4.835	195	1.061.222	468.122
IE	-	-	-	10.685	341	4.569.039	1.720.312
Total	8.040		876,367	21.071		7.330.574	2.926.906

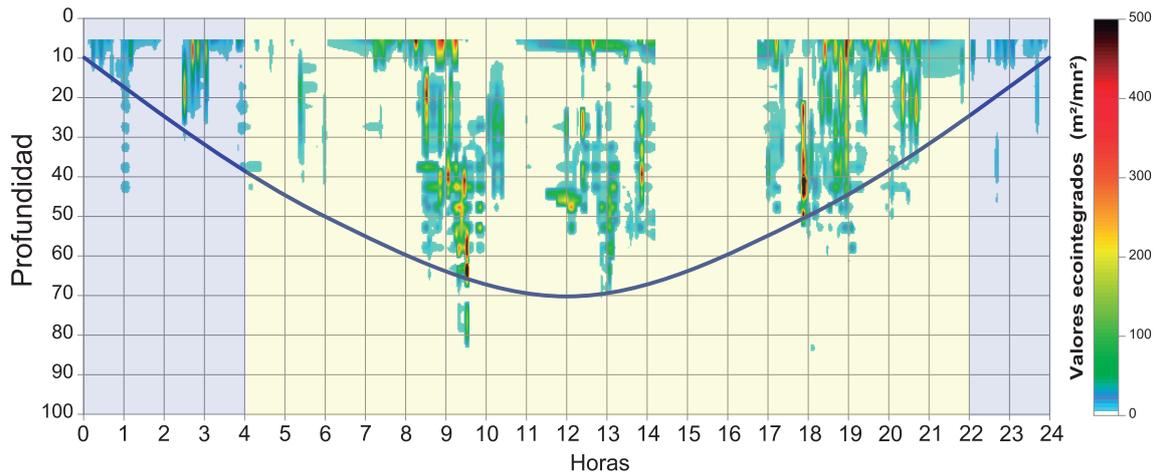


Figura 36.- Abundancia relativa y profundidad de los enjambres de krill por horas. ANTAR XXII, 2014

Durante la noche, el krill tiende a concentrarse en la capa superficial entre los 4 y 25 m de profundidad, y durante el día se profundiza entre los 15 y 90 m. La profundización del krill durante el día conlleva a una agregación más compacta y concentrada, debido probablemente a procesos naturales de alimentación y a condiciones oceanográficas favorables (Fig. 36). Durante las pocas horas nocturnas, los enjambres de krill se ubican superficialmente sin componer grandes concentraciones.

**ESTUDIO DE BIODIVERSIDAD MARINA DEMERSAL**

Los lances de pesca exploratoria para el desarrollo de las investigaciones orientadas al conocimiento de la biodiversidad antártica, se hicieron en el extremo sur del estrecho de Bransfield debido a las condiciones del tiempo.

Para tal efecto, se seleccionó zonas precalificadas, se ejecutó un rastreo acústico y la inspección de los fondos marinos con la ayuda del ecosonda y la carta de navegación digital en módulo 3D para ubicar

zonas seguras de muestreo (Fig. 37). La zona elegida estuvo ubicada a 26 mn de la península Antártica y a 8 mn al norte de isla Torre. En esta zona se efectuaron dos lances de pesca con la red científica demersal (Tabla 8).

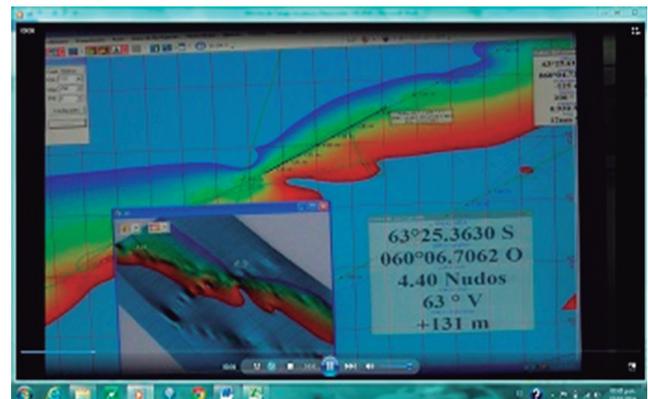


Figura 37.- Inspección de los fondos en 3D para estudios de biodiversidad demersal. ANTAR XXII, 2014

Tabla 8.- Lances de pesca con red científica demersal. ANTAR XXII, 2014

Actividades	Lance 1	Lance 2
Posición Inicial	63°24,60'S-60°03,82'W	63°19,17'S-59°43,89'W
Posición Final	63°24,23'S-60°2,47'W	63°19,60'S-59°44,98'W
Hora Inicio	14:45	19:43
Hora fin	15:00	19:58
Profundidad Inicial, m	135	155
Profundidad Final, m	137	161
Velocidad arrastre	2,6 nudos	2,6 nudos
Referencia geográfica	7 mn al norte de Isla Ohlim, 9,8 mn al norte de Isla Torre	11 mn al norte de Isla Torre
Captura	30 kg, compuesto por peces (nototenidos y peces hielo), celentéreos, ascidias, esponjas, equinodermos (erizos, estrellas de mar, ofiuroides, holoturias), moluscos (pelecípodos, anfineuros), crustáceos (anfípodos, isópodos)	600 kg, compuesto por peces (nototenidos, peces hielo y otros), celentéreos, ascidias, esponjas, equinodermos (erizos, estrellas de mar, ofiuroides, holoturias), moluscos (cefalópodos, pelecípodos, anfineuros), crustáceos (anfípodos, isópodos), poliquetos

Las especies capturadas fueron 65 que corresponden a 9 grupos taxonómicos (Phyla). Entre los vertebrados destacan los peces (11 especies) y tunicados (3 especies), entre los invertebrados los equinodermos fueron los más representativos (21 especies) seguido de moluscos, crustáceos, poliquetos, cnidarios, nemertinos y briozoos (Tabla 9, Anexo IV).

**BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON**

La comunidad fitoplanctónica estuvo constituida por 139 especies, 108 fueron diatomeas (67 diatomeas centrales y 41 diatomeas pennatas), 23 dinoflagelados, 3 silicoflagelados, 2 flagelados y 3 cocolitofóridos. El área de la isla Elefante contribuyó con mayor riqueza de especies (129) (Fig. 38b) a diferencia de las estaciones localizadas en el estrecho de Bransfield con solo 97 especies (Fig. 38a).

Las diatomeas fueron el grupo que mostró mayor número de especies, y los géneros mejor representados fueron *Chaetoceros* (15 especies), *Rhizosolenia* (9 especies), *Thalassiosira* (6 especies). Los géneros de dinoflagelados fueron *Protoperidinium* (7 especies), *Gymnodinium* (3 especies) y *Prorocentrum* (3 especies). También estuvieron presentes silicoflagelados y fitoflagelados, cada uno con dos especies. Los fitoflagelados fueron el grupo más importante, destacando *Leucocryptos marina* y Flagelados ND por su frecuencia y abundancia en el área evaluada.

En el diagrama de Olmstead y Tukey (Fig. 39) se determinó 17 especies dominantes, 2 fueron fitoflagelados (*Leucocryptos marina* y Fitoflagelados ND.), 3 dinoflagelados (*Gyrodinium lacryma*, *Gymnodinium frigidum* y *Gymnodinium* sp.) y el resto diatomeas, de las cuales *Corethron criophyllum* fue la más frecuente (80%), seguida por *Raphoneis surirella*, *Navicula* sp. y *Th. antartica* (70%). Se registraron cinco

Tabla 9.- Grupos taxonómicos de la prospección de biodiversidad demersal, estrecho de Bransfield. ANTAR XXII, 2014

Nº	Phylum	Nº Especies
1	Echinodermata	21
2	Chordata	14
3	Annelida	8
4	Porifera	7
5	Mollusca	6
6	Cnidaria	4
7	Crustacea	3
8	Bryozoa	1
9	Nemertea	1

especies constantes, no obstante *E. antartica* y *Ch. affinis* destacaron con mayor frecuencia (46%). También se registraron 16 especies ocasionales, conformados por 11 diatomeas, 4 dinoflagelados y un silicoflagelado. Las especies raras fueron 37, en su mayoría diatomeas (Fig. 40, Anexo V: Tabla 2).

A 0 m las concentraciones totales fueron variables (Anexo V: Tabla 1) con un valor máximo de 2,178 cel.mL<sup>-1</sup> (Est. 11) al centro del estrecho de Bransfield y un mínimo de 16 cel.mL<sup>-1</sup> (Est. 61) al noreste de la isla Elefante (Fig. 40c). Las máximas abundancias celulares fitoplanctónicas (>2.000 cel.mL<sup>-1</sup>) se localizaron al noreste de la península Antártica (Est. 11) área caracterizada por el fitoflagelado *L. marina* con 839 cel.mL<sup>-1</sup> y por Fitoflagelados ND que registraron 1.339 cel.mL<sup>-1</sup> (Fig. 40b), además de las diatomeas pennatas *Nitzschia angularis* y *Nitzschia* sp. con 127 y 41 cel.mL<sup>-1</sup>, respectivamente (Fig. 40a). En isla Elefante los mayores valores fueron 200 cel.mL<sup>-1</sup> y la flora planctónica mostró un predominio del grupo Fitoflagelado. La TSM registró un rango entre -0.1091 (Est. 29) y 1.6791 °C (Est.18) y la salinidad fluctuó de 33,379 (Est. 71) a 34,994 (Est.18).

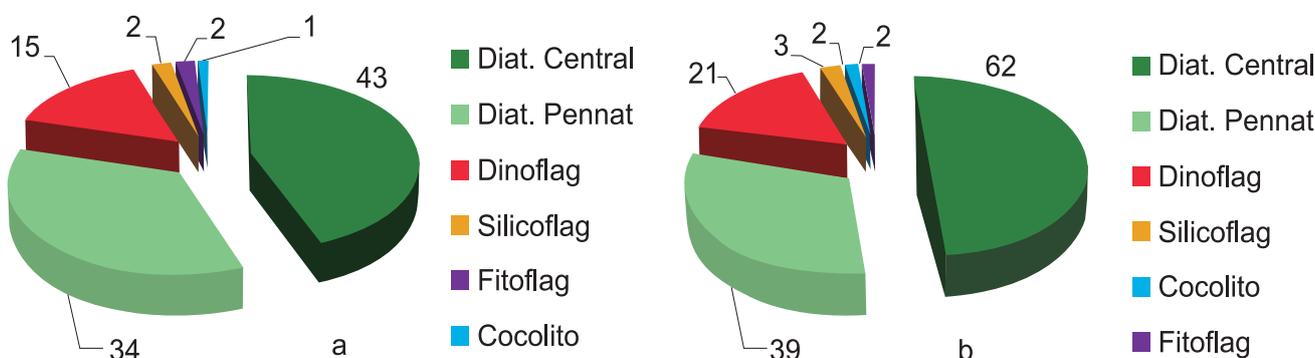


Figura 38.- Distribución del número de especies: a) estrecho de Bransfield, b) alrededor de la isla Elefante. ANTAR XXII, 2014

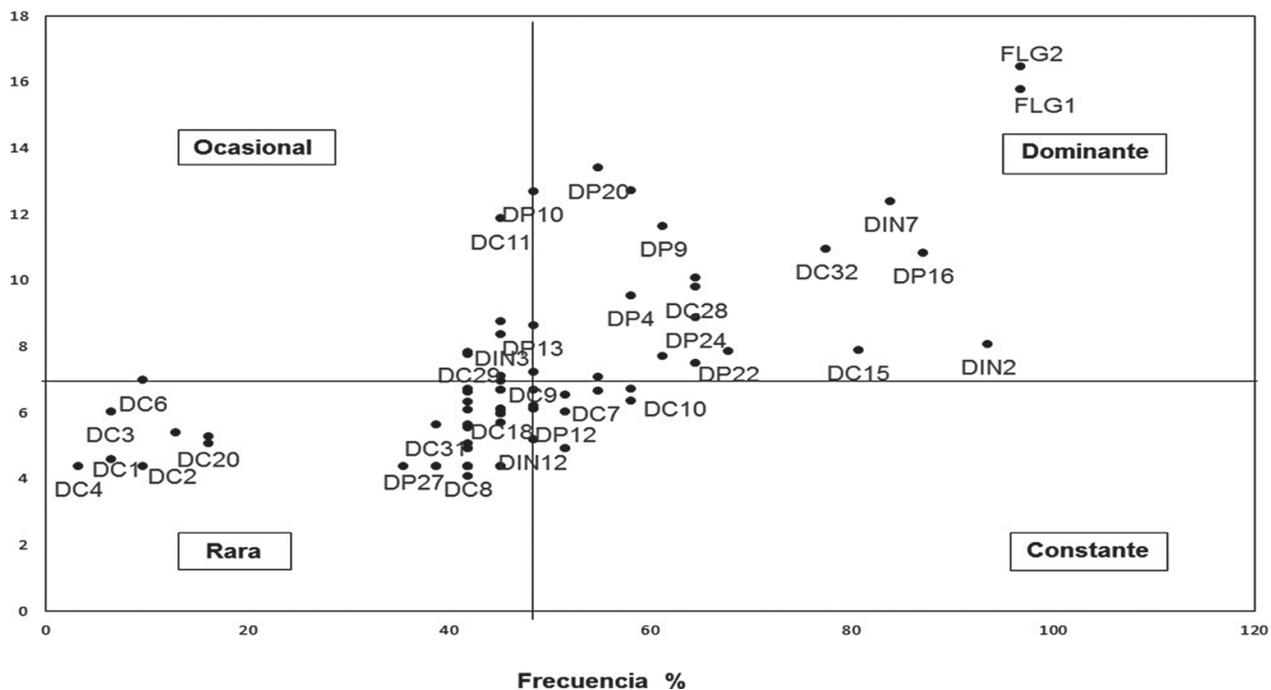
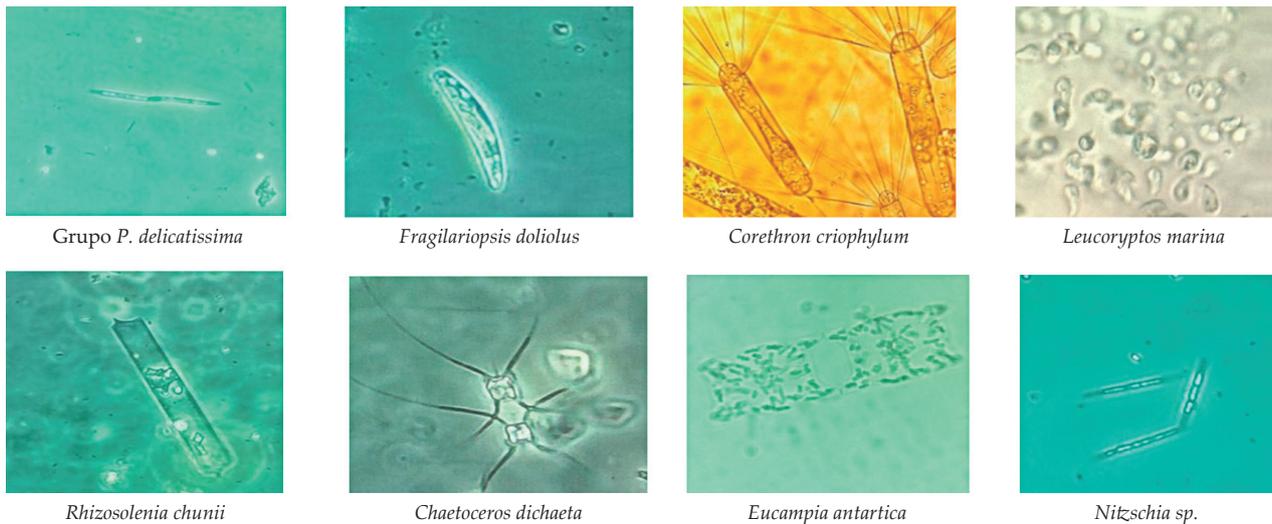


Figura 39.- Diagrama de Olmstead y Tukey de las especies fitoplanctónicas. ANTAR XXII, 2014

**Distribución a 10 m de profundidad**

A 10 m de profundidad las concentraciones de fitoplancton se incrementaron, los valores estuvieron entre 17,2 (Est. 71) y 3.574 cel.mL<sup>-1</sup> (Est. 27). Se observó núcleos de gran importancia (>3.000 cel.mL<sup>-1</sup>), localizados al sureste de las islas Shetland del sur (Fig. 41 a, b), con una composición similar a la de 0 m. Asimismo, en isla Elefante, las abundancias celulares mostraron un incremento, registrándose núcleos de 300 cel.mL<sup>-1</sup> en las Ests. 49 y 50, donde predominaron las diatomeas *Chuniella naviculoides* y *Nitzschia angularis* con 340 y 324 cel.mL<sup>-1</sup>, respectivamente (Fig. 41a). La temperatura varió entre -0,01 °C (Est. 29) y 1,72 °C (Est. 28) y la salinidad entre 33,731 (Est. 71) y 34,648 (Est.12).

**Distribución a 30 m de profundidad**

A esta profundidad, se observó decremento de las concentraciones, encontrándose el rango entre 12 (Est.12) y 1.318 cel.mL<sup>-1</sup> (Est. 73), localizado hacia el noreste de la península Antártica (Fig. 42c), donde continuaron prevaleciendo las especies correspondientes a la primera fase de la sucesión fitoplanctónica: *L.marina* y Fitoflagelados ND, con densidades mayores de 1.136 a 178 cel.mL<sup>-1</sup>, respectivamente (Fig. 42b). La temperatura varió entre -1,4 °C (Est. 29) y 1,5 °C (Est. 60), y la salinidad entre 33,648 (Est, 72) y 34,691 ups (Est.12).

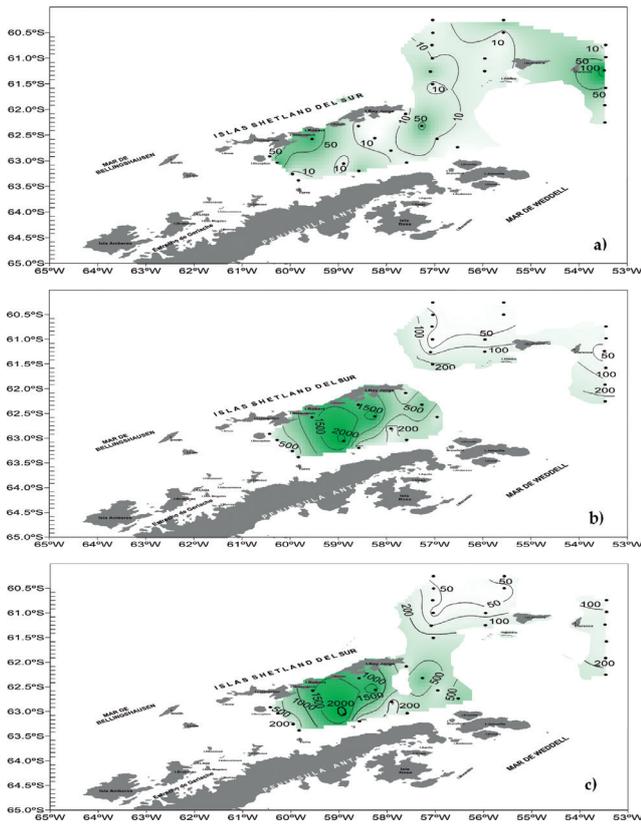


Figura 40.- Distribución superficial de (a) Diatomeas (b) Fitoflagelados y (c) Total de fitoplancton (cel.mL-1). ANTAR XXII, 2014

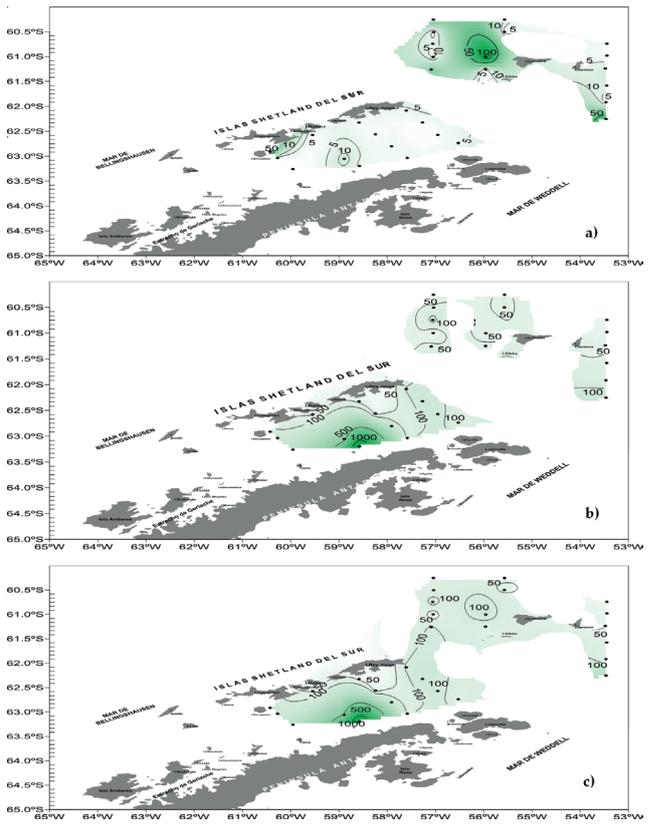


Figura 41.- a) Distribución de Diatomeas, b) Fitoflagelados, c) Total de fitoplancton (cel.mL-1) a 10 m de profundidad. ANTAR XXII, 2014

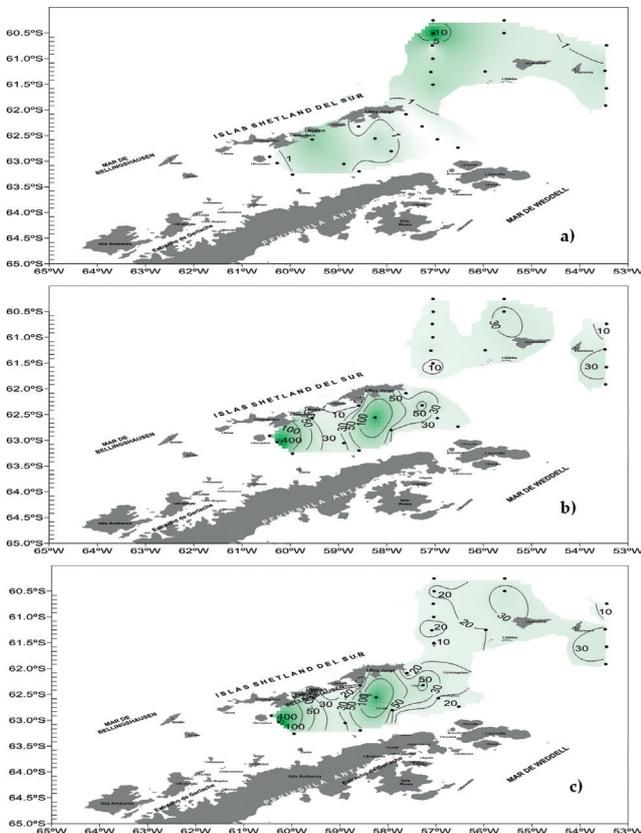


Figura 42.- a) Distribución de Diatomeas, b) Fitoflagelados, c) Total de fitoplancton (cel.mL-1) a 30 m de profundidad. ANTAR XXII, 2014

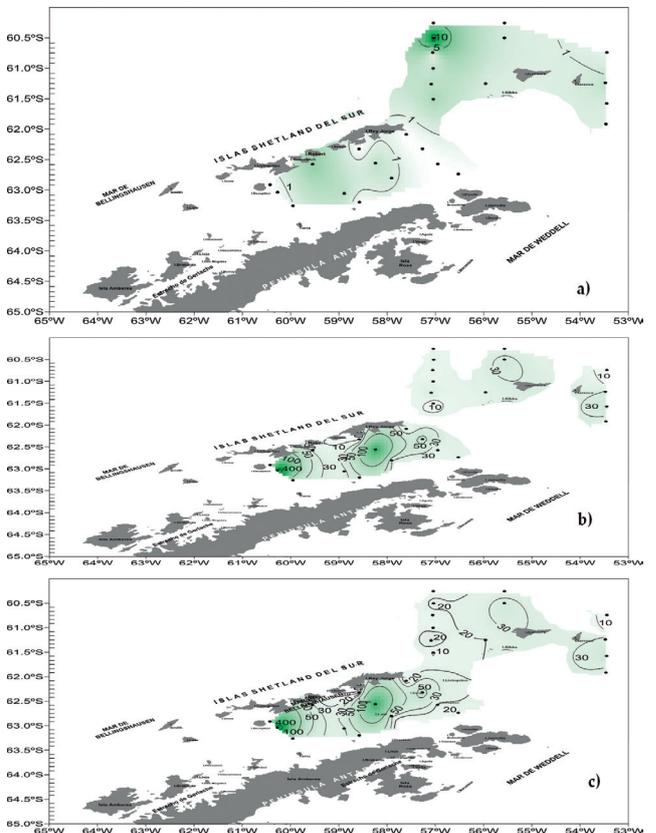


Figura 43.- a) Distribución de Diatomeas, b) Fitoflagelados, c) Total de fitoplancton (cel.mL-1) a 50 m de profundidad. ANTAR XXII, 2014

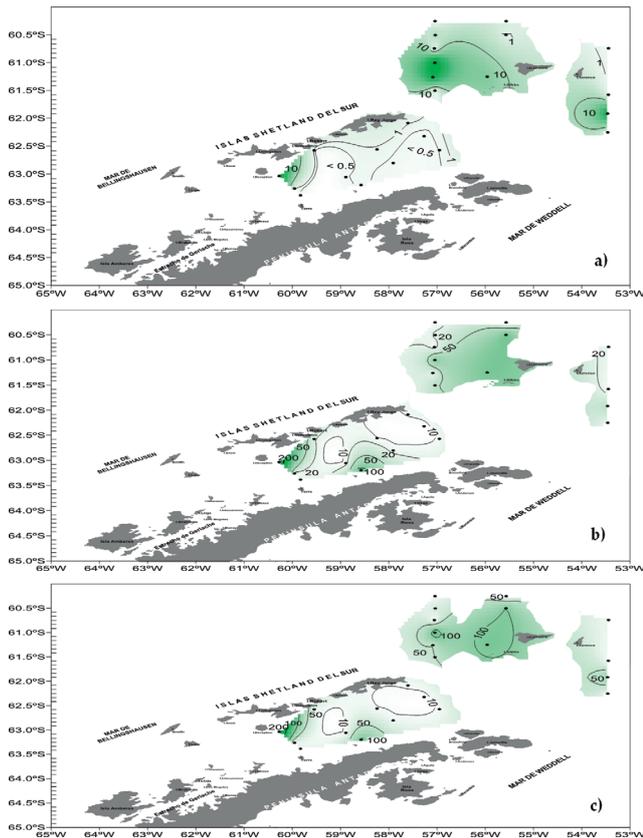


Figura 44.- a) Distribución de Diatomeas, b) Fitoflagelados, c) Total de fitoplancton (cel.mL<sup>-1</sup>) a 75 m de profundidad. ANTAR XXII, 2014

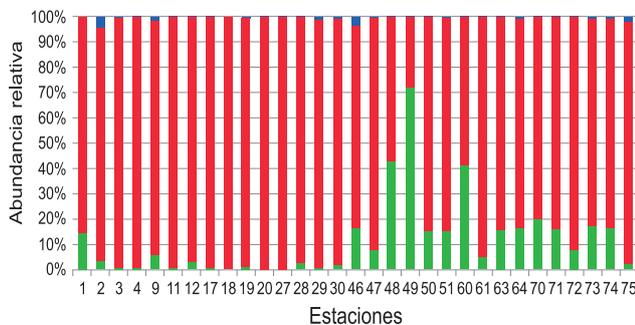


Figura 45.- Abundancia relativa de Diatomeas (verde), Dinoflagelados (azul) microflagelados (rojo) en las estaciones de muestreo

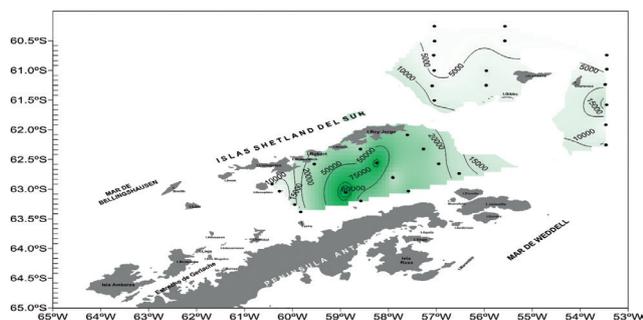


Figura 46.- Distribución de abundancia total de fitoplancton cel/L (columna de agua: 0 a 75 m). ANTAR XXII, 2014

**Distribución a 50 y 75 m de profundidad**

A 50 y 75 m de profundidad, la disminución de abundancia celular fue más drástica, habiéndose registrado valores entre 449 y 297 cel.mL<sup>-1</sup> correspondientes al total de fitoplancton (Anexo V: Tabla 3), ambos localizados en la Est 2 (Figs. 43c, 44c).

**Distribución y abundancia integrada en la columna (0 -75 m)**

La comunidad fitoplanctónica en la columna de 0 a 75 m estuvo constituida por fitoflagelados, que conformaron el 82% de todo el fitoplancton, seguido de diatomeas (14%) y dinoflagelados (3,5%). También, se encontraron silicoflagelados con bajas abundancias (abundancia promedio= 98 cel.L<sup>-1</sup>). Los fitoflagelados constituyeron más del 70% del total de fitoplancton en la mayoría de las estaciones (Fig. 45).

La composición específica fue similar en casi toda el área de estudio, destacando el grupo de fitoflagelados con abundancias celulares comprendidas entre 10.106.629 y 386.772.627 cel.L<sup>-1</sup>. Núcleos importantes de 75.000 y 50.000 cel.L<sup>-1</sup>, se observaron al norte de la península Antártica (Fig. 46), donde destacaron el fitoflagelado *L marina* y Fitoflagelados ND (92% de frecuencia) además de las diatomeas centrales *Corethron criophilum* (80%) y *Thalassiosira antarctica* (47%). Dentro de las Pennatas el grupo *Pseudo-nitzschia delicatissima* alcanzó 82% de frecuencia.

**ANÁLISIS COMUNITARIO DE SIMILARIDAD (BRAY-CURTIS), ÍNDICE DE DIVERSIDAD (H') Y DOMINANCIA DE ESPECIES (D)**

El Índice de diversidad y dominancia de especies, en las estaciones en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante fue <2,2 bits cel<sup>-1</sup>, indicando una comunidad en activo crecimiento, los valores promedio variaron entre <0,9 bits cel<sup>-1</sup> y 1,2 bits cel<sup>-1</sup>.

Al efectuar el análisis de similaridad entre estaciones a 10 m de profundidad, 78% registró la formación de dos grupos, el primero conformado por las Ests. 47, 51, 60, 61 y 72 ubicado alrededor de isla Elefante cuyas concentraciones celulares variaron entre 48,2 y 34,98 cel.mL<sup>-1</sup>. El segundo grupo reunió a 25 estaciones, de las cuales 14 correspondieron al estrecho de Bransfield y 9 a la isla Elefante caracterizada por presentar las mayores densidades celulares con máximo de 3.405,2 cel.mL<sup>-1</sup>. En ambos grupos se presentaron especies comunes como *Corethron criophilum*, *Thalassiosira* sp., *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Gyrodinium lachryma*, *Gyrodinium* sp., Fitoflagelados spp. y *L. marina* (Fig. 47).

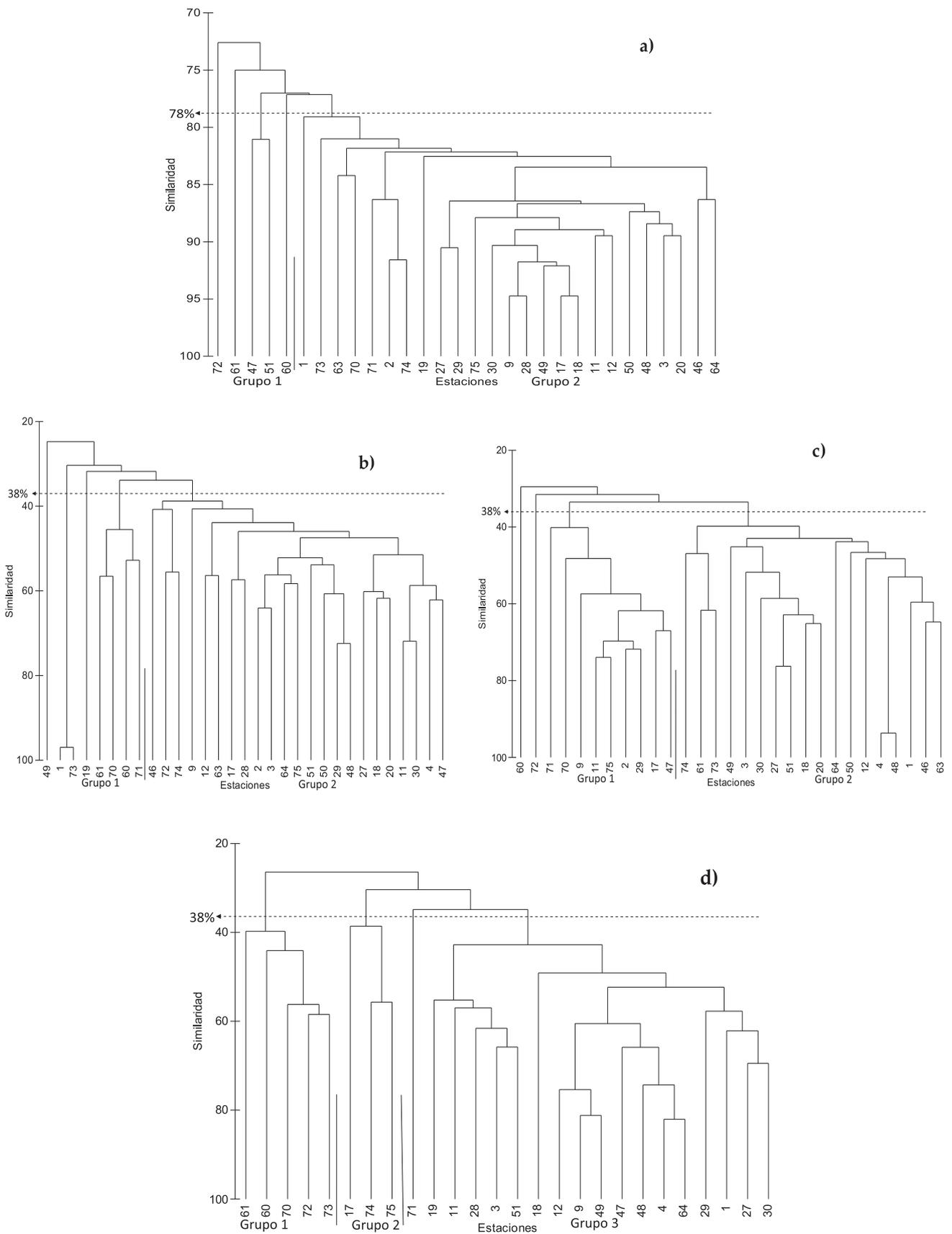


Figura 47.- Dendrograma de similaridad (Índice Bray Curtis).  
a) 10 m, b) 0 m, c) 30 m, d) 50 m

Las especies que caracterizaron el grupo 1 fueron *Cylindrotheca closterium*, Grupo *Pseudo-nitzschia seriata*, *Dyctiocha speculum*, *Nitzschia prolongatoides*, *N. angularis*, *Fragilaria antarctica* y un cocolitofórido no determinado.

Las especies que caracterizaron el grupo 2 fueron *Thalassiosira subtilis*, *Detonula confervacea*, *Synedra reimboldi*, *P. pungens*, *Stauropsis membranacea*, *Fragillaria striatula*, *Rhizosolenia simplex*, *Leptocylindrus mediterraneus*, *Chaetoceros aequatorale*, *Ceratium furca*, *Gyrodinium antarcticum*, *Gyrodinium frigidum*, *Prorocentrum antarcticum*, *Protoperidinium aplanatum* y *P. radius*.

A 0, 30 y 50 m de profundidad la similaridad fue semejante (38%), en todos los grupos las especies comunes correspondieron al nanofitoplancton (Fitoflagelados spp. y *Leucocryptos marina*), aunque con diferente valor de abundancia y frecuencia, así como especies que se distribuyeron ampliamente, no definiendo una caracterización para estos niveles (Fig. 47 b, c).

A los 75 m de profundidad la similaridad alcanzó el 30% y juntó dos grupos, el primero con 17 estaciones del estrecho de Bransfield y el segundo con 8 estaciones de isla Elefante, cuyas densidades máximas fueron de 298.88 y 126.32 cel.mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON (BONGO-IKMT)

El zooplancton estuvo conformado por 16 grupos taxonómicos como copépodos, quetognatos, eufáusidos, hidromedusas, anfípodos, poliquetos, gasterópodos, cirrípedos, entre otros (Tabla 9, Anexo VI).

El grupo más representativo por número de especies fue copépodo, seguidos de anfípodos y eufáusidos. Las especies más importantes según su frecuencia fueron copépodos *Calanoides acutus* (96,2%), *Metridia gerlachei* (86,5%) y *Rhincalanus gigas* (82,7%), el quetognato *Sagitta* sp. (92,3%) y el eufáusido *Thysanoessa macrura* (78%). Entre las especies más abundantes se registraron a *Metridia gerlachei*, *Sagitta* sp. y *Calanoides acutus* con abundancias máximas de 6.130, 2.615 y 870 individuos/1000m<sup>3</sup>, respectivamente. Se destacó el copépodo *Oithona* sp. en alta abundancia (5.666 ind/1000m<sup>3</sup>) pero con muy baja frecuencia (9,6%).

**Eufáusidos.-** Dentro de este grupo se determinó la presencia de 5 especies: *Euphausia superba*, *E. crystallorophias*, *E. triacantha*, *E. frigida* y *Thysanoessa macrura*, siendo *E. superba* y *T. macrura* las especies con mayor cobertura espacial y mayor densidad. *E. superba* se distribuyó en casi toda el área explorada, con mayor densidad en el estrecho de Bransfield y alrededores de la isla Elefante (Fig. 48).

La abundancia media total de *E. superba* fue 13,7±15,4 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,3-50,3). En el estrecho de Bransfield la abundancia media fue 5,6±6,7 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,28-22,3 N=585); en Joinville fue 1,6±1,4 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,3-5,9) y en el área de la isla Elefante la abundancia media fue 8,9±10,5 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,3-34,2).

*T. macrura* a diferencia de *E. superba*, mostró mayor abundancia y mayor distribución espacial, con algunos puntos de baja abundancia en Joinville y norte de las islas Elefante (Fig. 49). La abundancia media total de esta especie fue 192±119 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,3-665). En el estrecho de Bransfield la abundancia media fue 86,9±122 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,28-451); en Joinville 55,6±66,9 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,27-220) y, en los alrededores de la isla Elefante 97,3±93 individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,3-293).

*Euphausia frigida*, se distribuyó principalmente al norte de la isla Elefante, aunque se observó pequeños parches en el estrecho de Bransfield y en la zona de Joinville, en este lugar se encontró un núcleo importante con densidades mayores a los 100 individuos/1000 m<sup>3</sup> (Fig. 50).

*Euphausia crystallorophias* presentó una distribución muy dispersa, encontrada en las tres zonas, con densidades bajas que no sobrepasaron los 25 individuos/1000 m<sup>3</sup> (Fig. 51). *Euphausia triacantha* mantuvo una distribución circunscrita a los alrededores de la isla Elefante, con niveles de abundancia menores a 25 individuos/1000 m<sup>3</sup> (Fig. 52).

También, se encontraron estadios tempranos de eufáusidos como caliptopis y furciliias, los primeros distribuidos principalmente al norte de la isla Elefante y al Este del estrecho de Bransfield y Joinville, la zona norte se caracterizó por presentar densidades >100 individuos/1000 m<sup>3</sup>, las furciliias presentaron densidades muy bajas <25 individuos/1000 m<sup>3</sup>.

Tabla 9.- Grupos taxonómicos presentes en el zooplancton obtenidos con las redes Bongo e Isaacs-Kidd Midwater trawl (IKMT). ANTAR XXII, 2014

Nº	Grupo Taxonómico	Especies		
		Red Bongo	IKMT	Total
1	Copepoda	18	19	27
2	Amphipoda	10	11	15
3	Euphausiacea	10	7	12
4	Hydrozoa	7	7	11
5	Gastrópoda	6	6	8
6	Polychaeta	6	3	6
7	Otros grupos	12	11	14
	Total	69	64	93

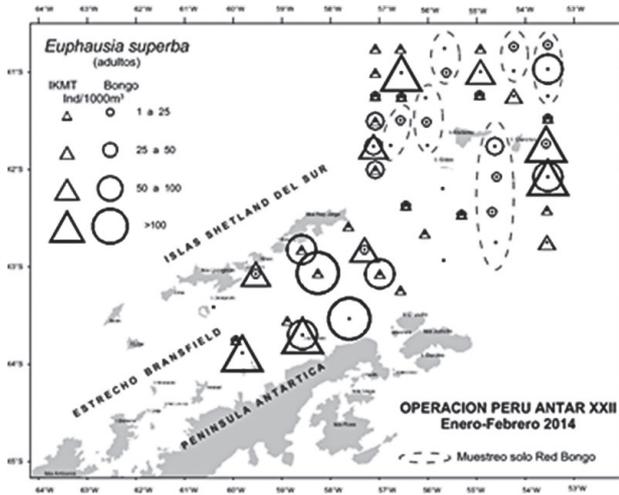


Figura 48.- Distribución y abundancia de *Euphausia superba*. ANTAR XXII, 2014

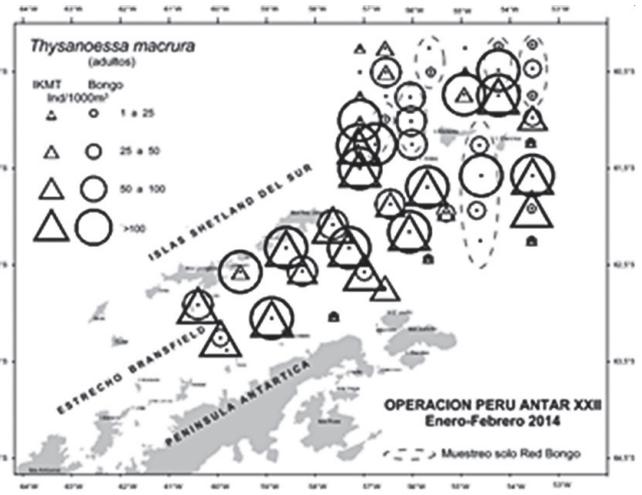


Figura 49.- Distribución y abundancia de *Thysanoessa macrura*. ANTAR XXII, 2014

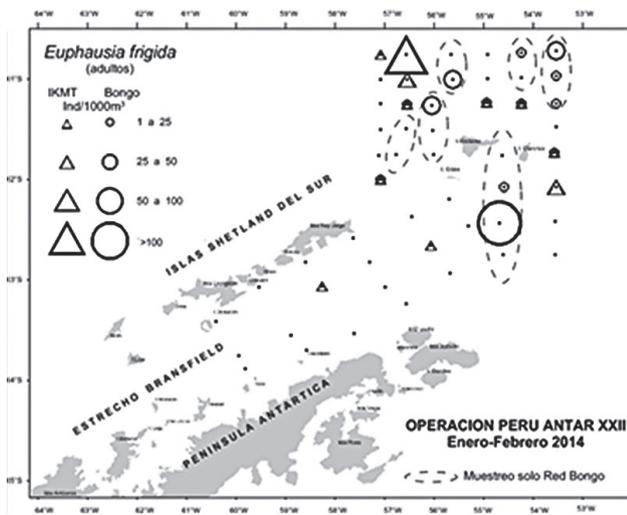


Figura 50.- Distribución y abundancia de *Euphausia frigida*. ANTAR XXII, 2014

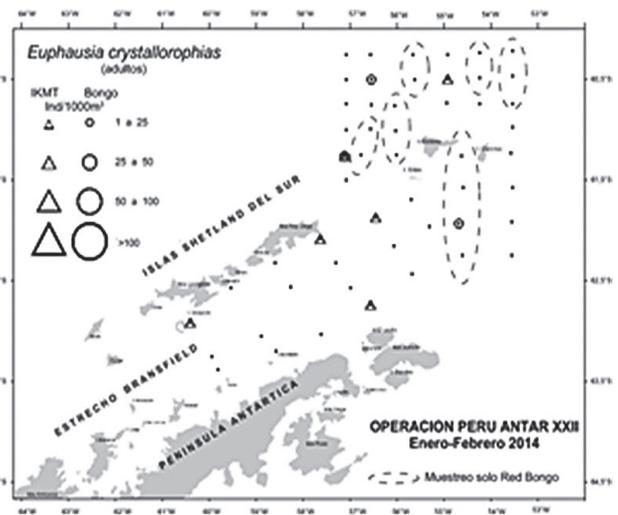


Figura 51.- Distribución y abundancia de *Euphausia crystallophias*. ANTAR XXII, 2014

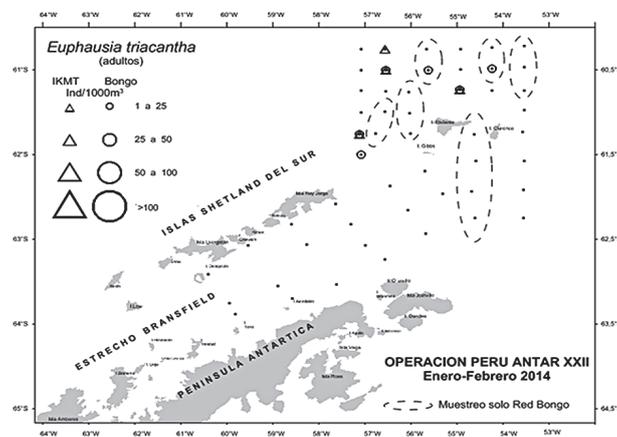


Figura 52.- Distribución y abundancia de *Euphausia triacantha*. ANTAR XXII, 2014

Las furcillas, algo más desarrolladas que los caliptopis, presentaron menores densidades, aunque su distribución al norte de isla Elefante fue similar al de los caliptopis; en el estrecho de Bransfield su distribución fue más cercana a la península Antártica (Fig. 53).

**Salpas.-** Se determinó presencia de *Salpa thompsoni*, distribuida principalmente, al noreste del estrecho de Bransfield y en los alrededores de la isla Elefante (Fig. 54). La abundancia media de esta especie fue  $7,4 \pm 8,5$  individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,2-34,6) para toda el área evaluada. En el estrecho de Bransfield la abundancia media fue  $2,8 \pm 5,1$  individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0-29,9); mientras que en Joinville fue  $1,06 \pm 1,1$  individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,2-4,8) y en los alrededores de la isla Elefante la abundancia media fue  $5,7 \pm 6,2$  individuos/1000 m<sup>3</sup> (rango: 0,2-30,8).

**COMPOSICIÓN POR ESPECIES (RED ENGEL)**

La captura total de los arrastres con la red pelágica Engel fue 3.278,4 k, integrada en su gran mayoría por el krill antártico (*E. superba*) (94,7%) y el protocordado tunicado (*Salpa thompsoni*) (3,6%), seguidos de dos especies de medusas Scyphozoa: *Desmonema* sp. y *Peryphylla peryphylla* (0,88%) y (0,46%), respectivamente (Fig. 55).

Asimismo, se capturó un total de 10,2 k (0,3%) de peces representados en su gran mayoría por *Notothenia gibberifrons* (93,5%) y por peces de las familias Channichthyidae (*Chionodraco rastrospinosus* y *Cryodraco antarcticus*), Paralepididae (*Notolepis coatsi*) y Myctophidae (*Electrona* sp. y *Metaelectrona* sp.). También, se registró presencia de larvas de peces como: *Cryodraco antarcticus*, *Chionodraco rastrospinosus*, *Chaenocephalus aceratus* y *Notolepis coatsi*, y de la familia Myctophidae.

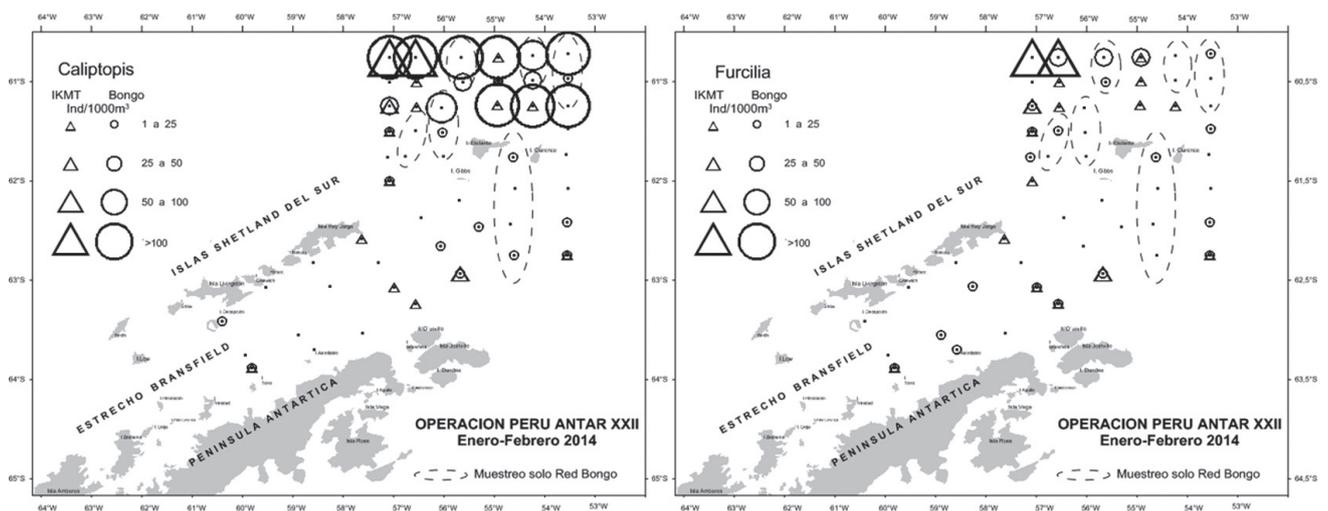


Figura 53.- Distribución y abundancia de estados temprano de eufáusidos caliptopis (izquierdo) y furcillas (derecho). ANTAR XXII, 2014

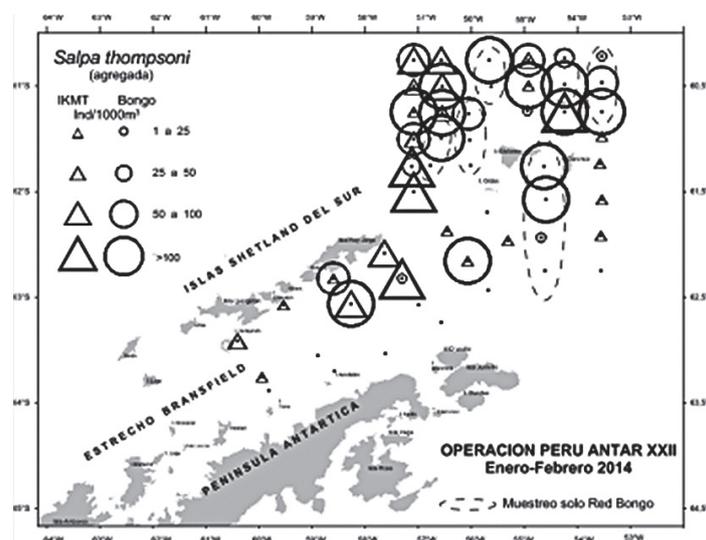


Figura 54.- Distribución y abundancia de *Salpa thompsoni*. ANTAR XXII, 2014

**ESTRUCTURA DE TALLAS DE *E. superba***

Para determinar su estructura de tallas, se utilizó la información de los tres tipos de redes: Bongo, IKMT y Engel. Las mediciones se hicieron al mm inferior, desde el borde anterior del róstrum hasta el extremo final del telson.

**Red Bongo.-** Para la estructura por tallas, la frecuencia de tallas total fue extrapolada al volumen total por 1000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada, presentando rango de 10 a 57 mm, con modas principales en 45 y 37 mm y modas secundarias en 26 y 18 mm (N=229) (Fig. 56).

Por zonas geográficas, en el estrecho de Bransfield los rangos fueron de 14 a 53 mm, con moda principal en 37 y modas secundarias en 26, 18 y 15 mm (N=72). En la zona de Joinville los rangos fueron de 13 a 52 mm, con moda principal en 18 mm y modas secundarias en 21, 27 y 42 mm (N=55) y, en la zona de la isla Elefante los rangos fueron de 10 a 57 mm, con moda principal en 45 mm y modas secundarias en 26, 20 y 54 mm (N=102) (Fig. 57).

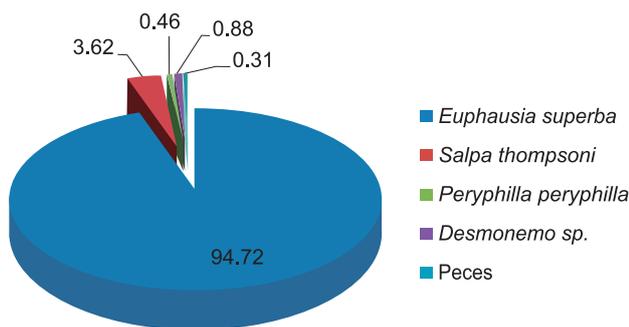


Figura 55.- Composición por especies de las capturas con la red pelágica Engel. ANTAR XXII, 2014

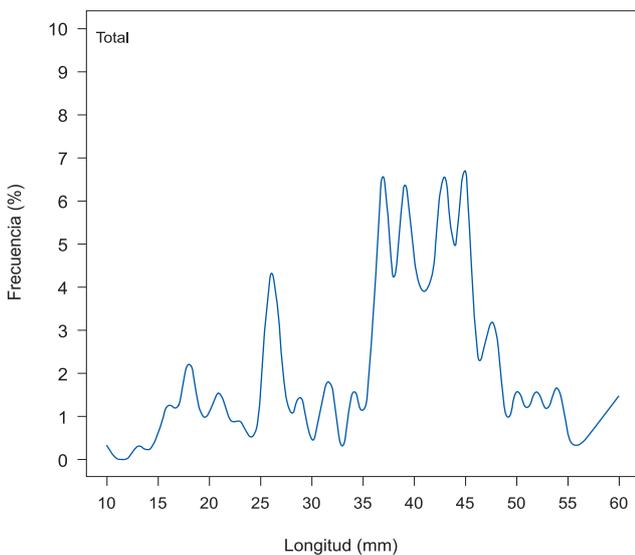


Figura 56.- Distribución de tallas de *Euphausia superba* obtenida con todos los artes de muestreo y en toda el área de evaluación. ANTAR XXII, 2014

**Red IKMT.-** Al igual que con la red Bongo, la frecuencia de tallas general fue extrapolada al volumen total por 1000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada, presentando el rango de 15 a 60 mm, con moda principal en 42 mm y modas secundarias en 38 y 44 mm (N=1767) (Fig. 58).

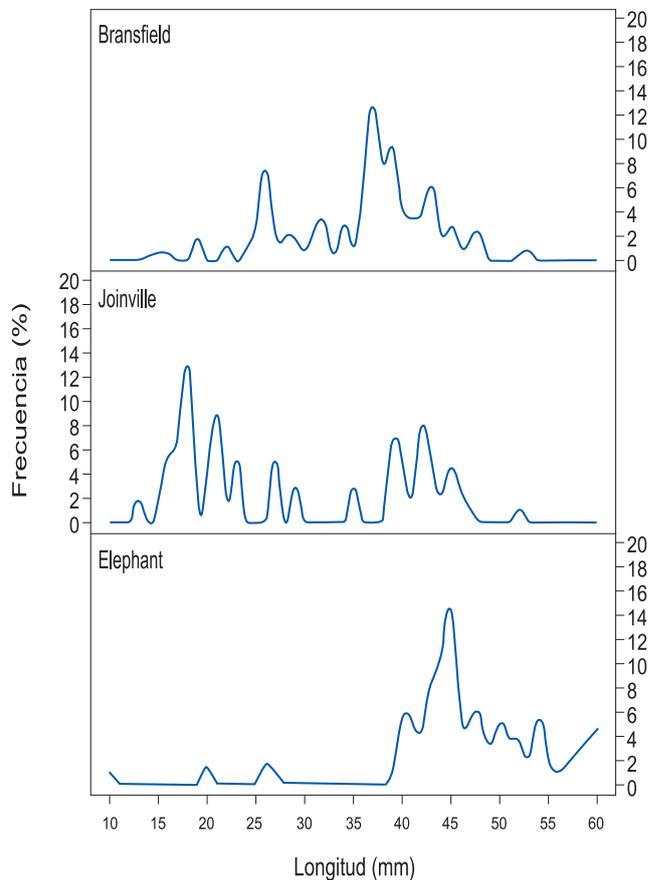


Figura 57.- Distribución de tallas de *E. superba* obtenida con la red BONGO por zonas de evaluación. ANTAR XXII, 2014

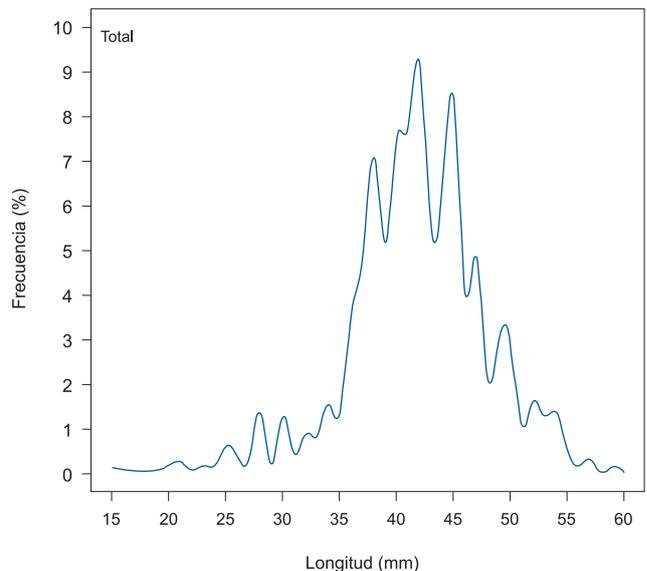


Figura 58.- Distribución de tallas de *Euphausia superba* obtenida con la red IKMT en toda el área de evaluación. ANTAR XXII, 2014

Por zonas geográficas, en el estrecho de Bransfield los rangos fueron de 19 a 56 mm, con moda principal en 40 y secundaria en 30 mm (N= 587); en Joinville los rangos fueron de 25 a 50 mm, con moda principal en 40 mm y secundaria en 28 mm (N=125) y, en la zona de la isla Elefante los rangos fueron de 15 a 60 mm, con moda principal en 45 mm y secundaria en 28 mm (N=1 057) (Fig. 59).

**Red Engel.-** La frecuencia de tallas general fue extrapolada a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), presentando rango entre 27 y 61 mm, con modas principales en 41 y 43 mm (Fig. 60).

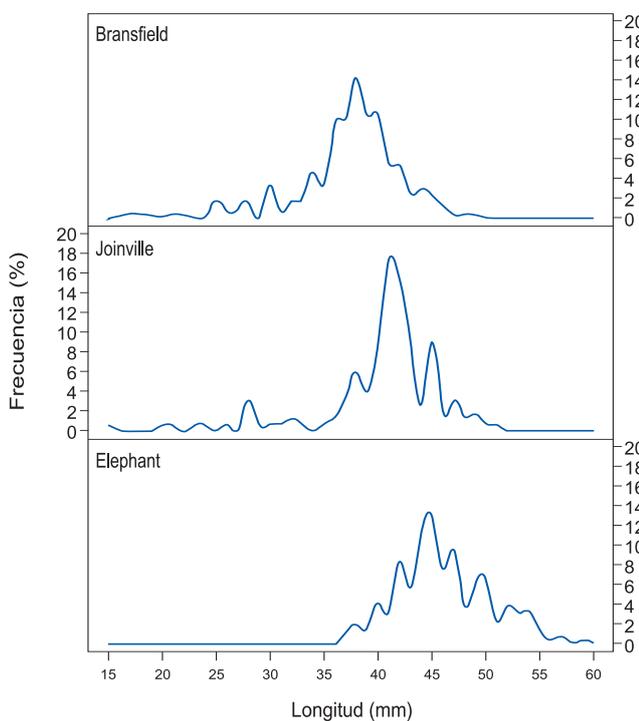


Figura 59.- Distribución de tallas de *E. superba* obtenida con la red IKMT por zonas de evaluación. ANTAR XXII, 2014

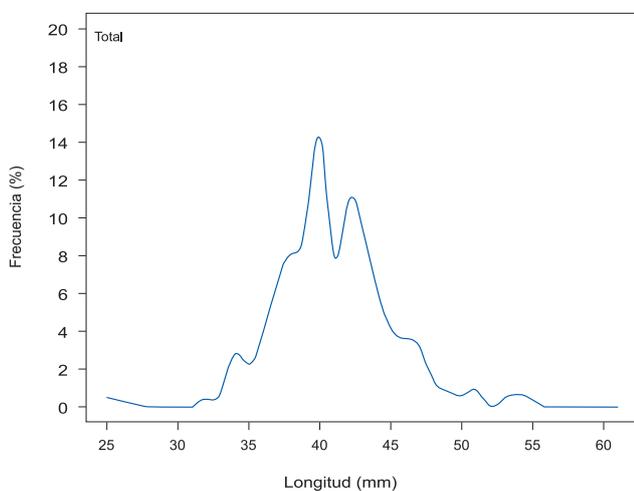


Figura 60.- Distribución de tallas de *E. superba* obtenida con red Engel en toda el área de evaluación. ANTAR XXII, 2014

Por zonas geográficas, en el estrecho de Bransfield el rango fue de 30 a 57 mm, con moda principal en 41 y modas secundarias en 46 y 49 mm; en la zona de Joinville el rango estuvo entre 27 y 49 mm, con moda principal en 40 mm y secundaria en 45 mm y finalmente, en la zona de la isla Elefante los rangos fueron de 30 a 61 mm, con moda principal en 52 mm y secundaria en 43 mm (Fig. 61).

**Thysanoessa macrura.-** Para la estructura por tallas se utilizaron las operaciones de arrastre realizadas con las redes IKMT y Bongo (ambas con malla de 505 µm). La frecuencia de tallas general fue extrapolada al volumen total por 1000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada, cuyo rango fue de 5 a 32 mm, con moda principal en 16 mm y moda secundaria en 12 mm (N=2.924) (Fig. 62).

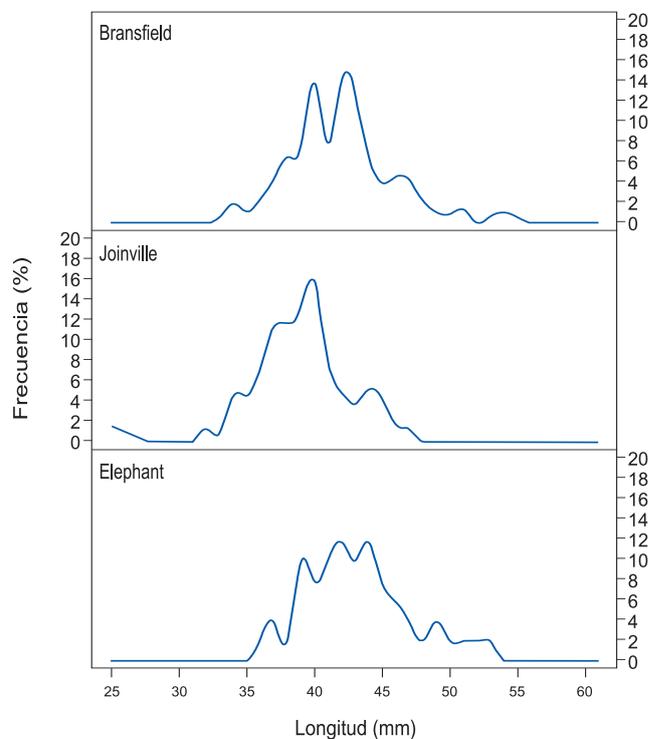


Figura 61.- Distribución de tallas de *E. superba* obtenida con la red Engel por zonas de evaluación ANTAR XXII, 2014

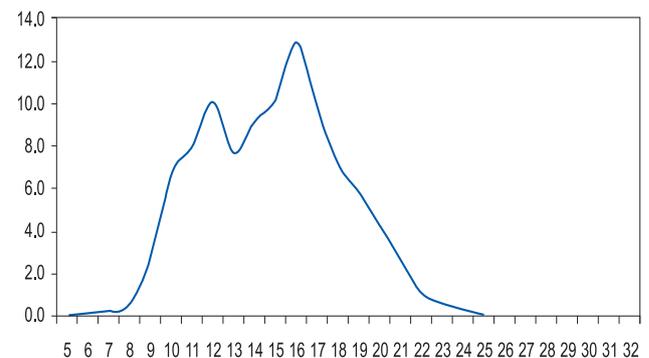


Figura 62.- Distribución de tallas de *Thysanoessa macrura* obtenida con la redes Bongo e IKMT en toda el área de evaluación. ANTAR XXII, 2014

Por zonas geográficas, en el estrecho de Bransfield los rangos fueron de 5 a 29 mm, con moda principal en 16 y secundaria en 19 mm (N= 913); en Joinville los rangos fueron de 5 a 31 mm, con moda principal en 12 mm y modas secundarias en 14 y 18 mm (N=947) y en la zona de la isla Elefante los rangos fueron de 7 a 32 mm, con moda principal en 11 mm y secundarias en 16 y 18 mm (N=1064) (Fig. 63).

***Euphausia frigida*, *E. triacantha* y *E. crystallorophias*.**- Para la estructura por tallas de estas tres especies, se utilizaron las muestras obtenidas por las redes Bongo e IKMT. El rango de *E. frigida* fue de 9 a 23 mm, con moda principal en 13 mm y secundarias en 10 y 17 mm (N= 204).

El rango de *E. triacantha* fue de 10 a 38 mm, con modas principales en 24, 26 y 32 mm y secundarias en 10 y 16 y 22 mm (N=135).

El rango de *E. crystallorophias* fue de 8 a 14 mm, con moda principal en 10 mm y secundaria en 13 mm (N= 23) (Fig. 64).

***Salpa thompsoni*.**- Para la estructura por tallas se utilizaron sólo las operaciones de arrastre realizadas con la red IKMT. Las mediciones fueron al mm inferior, desde el borde superior del estómago hasta el extremo apical del animal en donde se ubica la última banda muscular. La frecuencia de tallas general fue extrapolada al volumen total por 1000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada. El rango fue de 10 a 125 mm, con modas en 36, 40 y 50 mm (N= 1.493) (Fig. 65). Por zonas geográficas, en el estrecho de Bransfield los rangos fueron de 12 a 76 mm, moda 36 mm (N= 365); en Joinville varió entre 25 y 95 mm, moda 35 mm (N= 45) y en la isla Elefante fueron de 10 a 125 mm, moda 50 mm (N= 1.045) (Fig. 66).

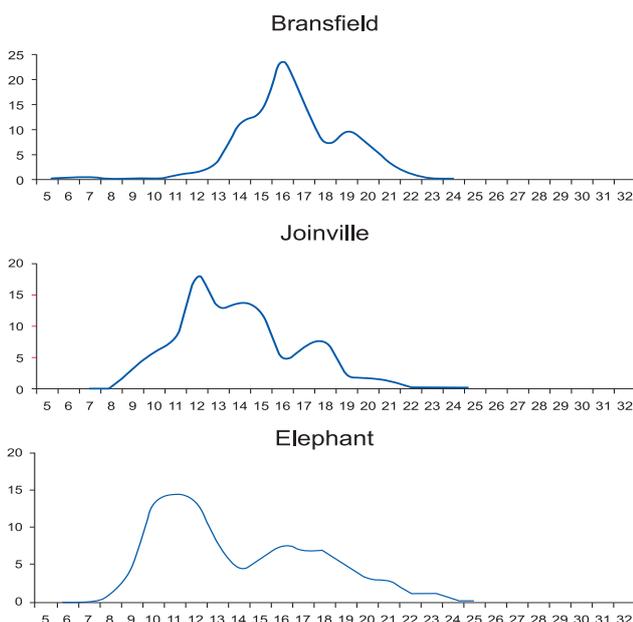


Figura 63.- Distribución de tallas de *Thysanoessa macrura* obtenida con redes Bongo e IKMT por zonas de evaluación. ANTAR XXII, 2014

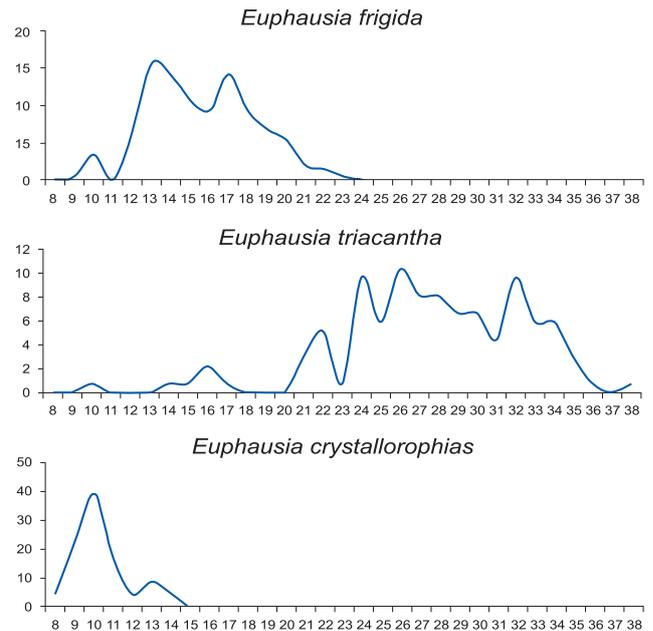


Figura 64.- Estructura de tallas: *Euphausia frigida*, *E. triacantha*, *E. crystallorophias* obtenidas con redes Bongo e IKMT. ANTAR XXII, 2014

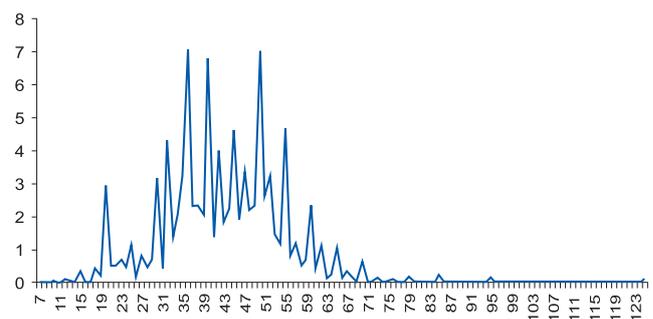


Figura 65.- Distribución de tallas de *Salpa thompsoni* obtenida con la red IKMT en toda el área de evaluación. ANTAR XXII, 2014

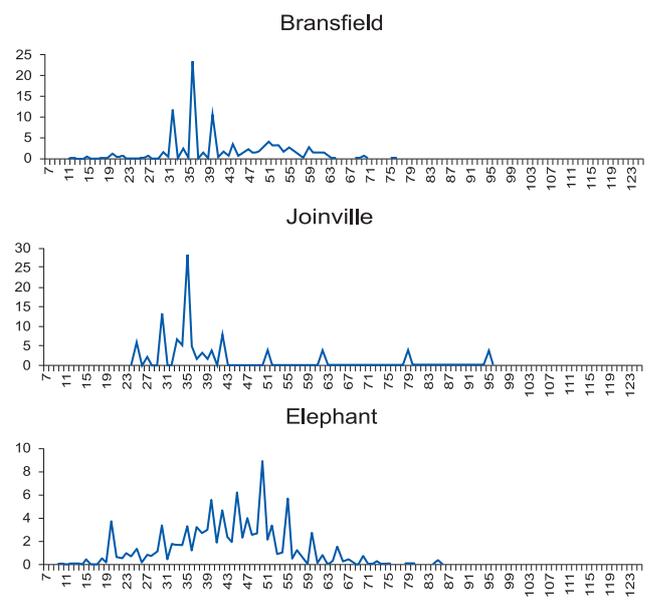


Figura 66.- Estructura de tallas de *Salpa thompsoni* por zonas geográficas. ANTAR XXII, 2014

**MADUREZ SEXUAL**

La proporción por sexos de *E. superba*, fue de 1:1 para el total; sin embargo en algunos lances de pesca hubo predominio de machos o hembras alternadamente.

De acuerdo, a la Clasificación de Estadios Sexuales de *Euphausia mucronata* (MAKROV y DENYS 1984), la madurez sexual en los machos, se determinó 43% de subadultos integrados por estados de madurez 2AM (13%), 2BM (19%) y 2CM (11%), correspondiendo el 57% restante a adultos conformados por 3AM (26%); 3BM (31%) y 3CM (0,2%). En tal sentido, el 31% de la población presentó espermátóforos en la ampulla, es decir, ejemplares en fase reproductiva (3BM).

Los ejemplares adultos reproductivos, se encuentran mayormente en las zonas de la isla Elefante (83%) y de Joinville (56%) y muy pocos en Bransfield (15%), lo que evidencia la importancia de los alrededores de la isla Elefante como zona de reproducción. Para el caso de las hembras, sólo 2% estuvo constituido por individuos subadultos y 98% por individuos adultos, de los cuales 28% de 3AF sin espermátóforos en el thelycum, 28% de 3BF con espermátóforos adheridos al thelycum, 20% de 3CF con espermátóforos adheridos al thelycum y con los ovarios que llenan toda la capacidad abdominal, 20% de 3DF con el cefalotórax totalmente hinchado porque está lleno de huevos y 1,5% de 3EF ya desovados.

Por zonas geográficas, los ejemplares adultos reproductivos se encontraron en la zona de la isla Elefante, donde las hembras desovantes reproductivas (3CF y 3DF) representaron el 58,3%; en Joinville el 17% y en Bransfield solo el 6%. Esto permite inferir que la zona de Bransfield sería una zona criadero, donde se encuentran estadios subadultos tanto de machos y hembras y la zona de Elefante, sería zona de adultos en donde los machos reproductivos conjuntamente con las hembras desovantes están en mayor abundancia (Fig. 67).

**ECOLOGÍA TRÓFICA**

***Euphausia superba*.**- Se observaron 20 sacos gástricos de *E. superba* (Fig. 68), predominando en todos diatomeas pennatas y centrales (Tabla 10). Además, se colectaron muestras para ser analizadas y procesadas en los laboratorios de la sede central del IMARPE.

***Notothenia gibberifrons*.**- Se analizaron 68 estómagos de *N. gibberifrons*, que presentaron la dieta compuesta por 8 presas, de las cuales el mayor aporte en términos de biomasa, fue de *E. superba* (53,3%), seguido de Ophiuroidea (29,9%). Otras presas con menor aporte fueron gasterópodos, anfípodos y poliquetos. Los ejemplares provenientes de las calas demersales tuvieron un menor espectro alimentario (con solo 4 presas).

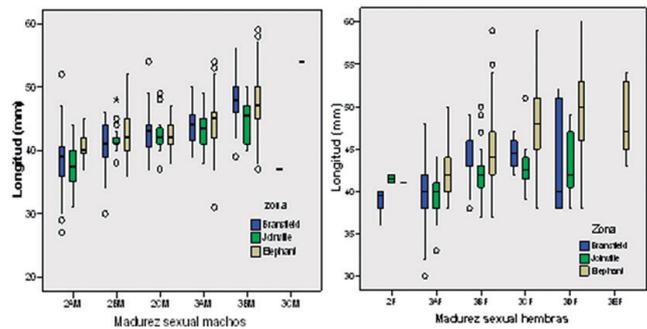


Figura 67.- Madurez sexual de machos y hembras de *E. superba* en toda el área de evaluación. ANTAR XXII, 2014

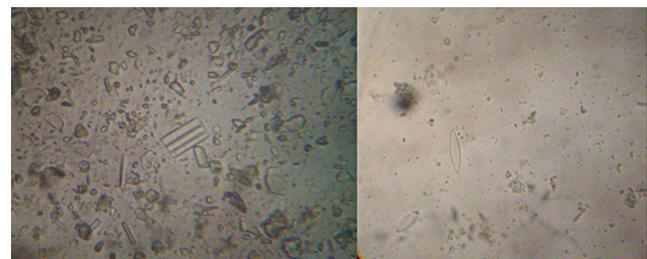


Figura 68.- Diatomeas pennatas halladas en sacos gástricos de *E. superba*. ANTAR XXII, 2014

Tabla 10.- Contenido estomacal de *E. superba*. ANTAR XXII, 2014

	Especies	Zonas	
		Estrecho Bransfield	Isla Elefante
PENNATAS	<i>Fragilaria</i> sp.		
	<i>Fragilariopsis</i> sp.		
	<i>Navicula</i> sp.		
	<i>Pleurosigma</i> sp.		
	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.		
CENTRALES	<i>Pennata</i> sp.		
	<i>Actinocyclus</i> sp.		
	<i>Coscinodiscus</i> sp.		
	<i>Thalassiosira</i> sp.		

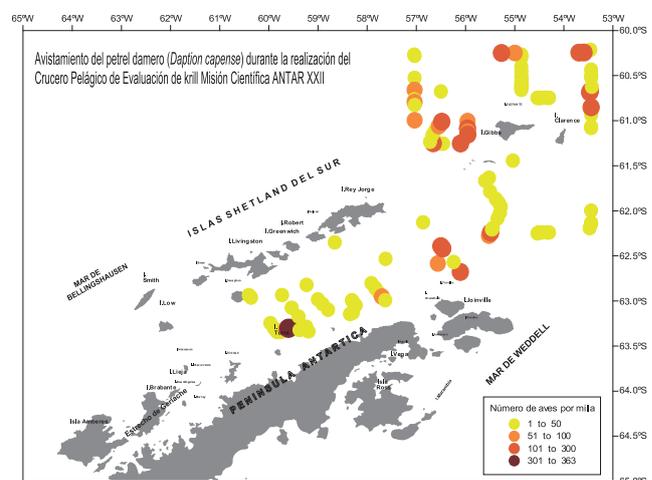


Figura 69.- Distribución y densidad del petrel damero (*Daption capense*). ANTAR XXII, 2014

**Chionodraco rastrospinosus.**- De un total de 32 estómagos analizados, *E. superba* aportó el 85% de biomasa alimentaria mientras que larvas de peces aportó el 12,6%.



Figura 70.- Petrel damero *Daption capense*. ANTAR XXII, 2014.  
Foto: Javier Quiñones

## BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE AVES Y MAMÍFEROS

**AVES.**- A lo largo de 738 millas (1.367 km) recorridas, se registraron 25 especies de aves marinas (n= 9.739) correspondientes a 3 órdenes y 8 familias. La especie más abundante fue el petrel damero (*Daption capense*) (50,39%), seguido del petrel plateado (*Fulmarus glacialisoides*) (28,8%), el pingüino de barbijo (*Pygoscelis antarctica*) (6,08%), y la golondrina de la tempestad de Wilson (*Oceanites oceanicus*) (4,19%) (Tabla 11).

El petrel damero estuvo ampliamente distribuido en toda el área de observación, sin embargo, las zonas de mayor abundancia correspondieron a aguas más alejadas en los alrededores de isla Elefante. En relación a su comportamiento, destacaron como seguidoras del barco (Figs. 69, 70).

Tabla 11.- Especies de aves observadas. ANTAR XXII, 2014

Nombre		Frecuencia (%)	Estado UICN
<b>ORDEN Sphenisciformes</b>			
<b>Fam. Spheniscidae</b>			
Pingüino de adelia	<i>Pygoscelis adeliae</i>	0.11	Preocupación menor
Pingüino papua	<i>Pygoscelis papua</i>	0.74	Casi amenazado
Pingüino de barbijo	<i>Pygoscelis antarctica</i>	6.08	Preocupación menor
Pingüino	<i>Pygoscelis sp.</i>	0.41	
<b>ORDEN Procellariiformes</b>			
<b>Fam. Diomedidae</b>			
Albatros errante	<i>Diomedea exulans</i>	0.09	Vulnerable
Albatros de cabeza gris	<i>Thalassarche chrysostoma</i>	0.24	Vulnerable
Albatros de ceja negra	<i>Thalassarche melanophrys</i>	1.48	Casi amenazado
Albatros de manto claro	<i>Phoebastria palpebrata</i>	0.13	Casi amenazado
Albatros	<i>Diomedidae</i>	0.07	
<b>Fam. Procellariidae</b>			
Petrel gigante común	<i>Macronectes giganteus</i>	2.04	Vulnerable
Petrel gigante oscuro	<i>Macronectes halli</i>	0.05	Casi amenazado
Petrel gigante	<i>Macronectes sp.</i>	0.39	
Petrel plateado	<i>Fulmarus glacialisoides</i>	28.80	Preocupación menor
Petrel antártico	<i>Thalassoica antarctica</i>	0.10	Preocupación menor
Petrel damero	<i>Daption capense</i>	50.39	Preocupación menor
Petrel blanco	<i>Pagodroma nivea</i>	0.02	Preocupación menor
Prion pico grande	<i>Pachyptila desolata</i>	0.74	Preocupación menor
Prion de pico fino	<i>Pachyptila belcheri</i>	0.09	Preocupación menor
Prion	<i>Pachyptilas p.</i>	0.14	
Petrel barba blanca	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	0.25	Vulnerable
Petrel negro	<i>Procellaria westlandica</i>	0.49	Vulnerable
Petrel	<i>Procellarias p.</i>	0.21	
<b>Fam. Hydrobatidae</b>			
Golondrina de la tempestad de Wilson	<i>Oceanites oceanicus</i>	4.19	Preocupación menor
Golondrina de la tempestad de lomo negro	<i>Oceanites nereis</i>	0.15	Preocupación menor
Golondrina de la tempestad de vientre negro	<i>Fregetta tropica</i>	1.50	Preocupación menor
Golondrina de la tempestad de vientre blanco	<i>Fregetta grallaria</i>	0.21	Preocupación menor
Golondrina de a tempestad	<i>Hydrobatidae</i>	0.20	
<b>ORDEN Charadriiformes</b>			
<b>Fam. Chionidae</b>			
Paloma antártica	<i>Chionis alba</i>	0.02	Preocupación menor
<b>Fam. Laridae</b>			
Gaviota cocinera	<i>Larus dominicanus</i>	0.02	Preocupación menor
<b>Fam. Stercorariidae</b>			
Skua del polo sur	<i>Catharacta maccormicki</i>	0.40	Preocupación menor
<b>Fam. Sternidae</b>			
Gaviotín antártico	<i>Sterna vittata</i>	0.25	Preocupación menor

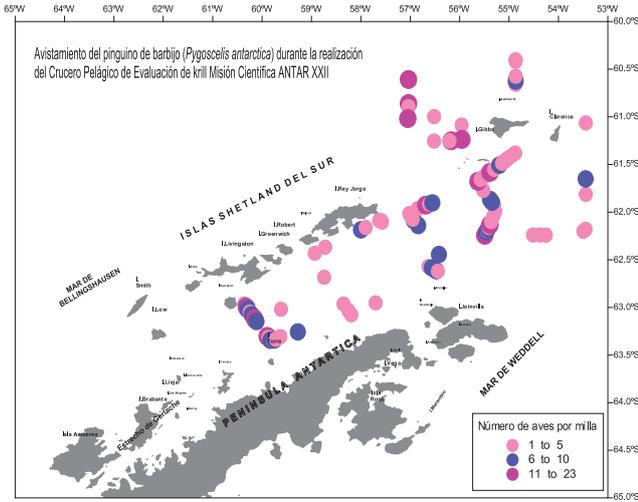


Figura 71.- Distribución y densidad del pingüino de barbijo *Pygoscelis antarctica*. ANTAR XXII, 2014



Figura 74.- Golondrina de la tempestad de vientre negro *Fregatta tropica*. ANTAR XXII. Foto: Ben Lascelles



Figura 72.- Pingüino de barbijo *Pygoscelis antarctica*. ANTAR XXII, 2014. Foto: Keilyn Diaz

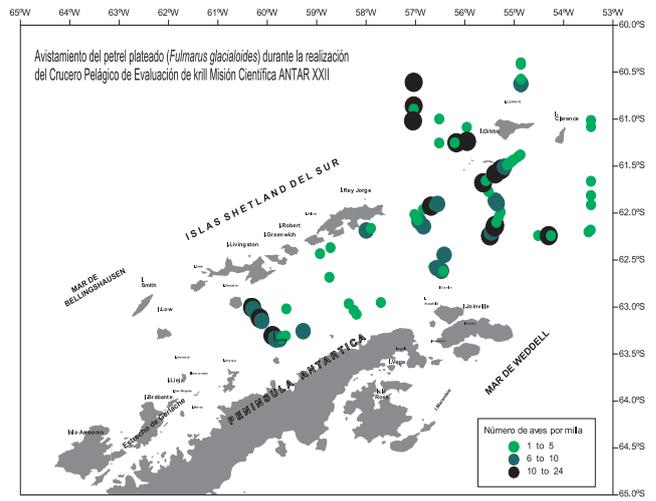


Figura 75.- Distribución y densidad del petrel plateado *Fulmarus glacialisoides*. ANTAR XXII, 2014

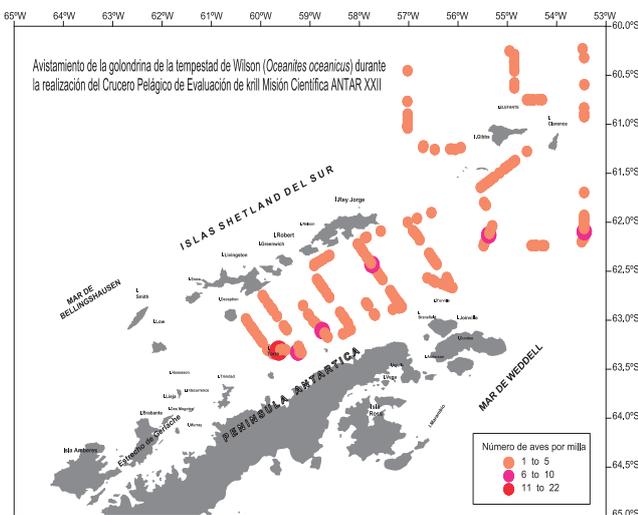


Figura 73.- Distribución y densidad de la golondrina de la tempestad de Wilson *Oceanites oceanicus*. ANTAR XXII, 2014



Figura 76.- Petrel plateado *Fulmarus glacialisoides*. ANTAR XXII, 2014. Foto: Keilyn Diaz

Al pingüino de barbijo se le ubicó en toda el área de distribución, las zonas de mayor abundancia estuvieron al extremo sur del estrecho de Bransfield y en los alrededores de las islas Elefante y Joinville (Figs. 71, 72).

La golondrina de la tempestad de Wilson (*Oceanites oceanicus*) se encontró uniformemente distribuída en toda el área de observación, presentando agrupaciones de individuos principalmente en el estrecho de Bransfield (Figs. 73, 74).

El petrel plateado *Fulmarus glacialisoides* se encontró distribuído en toda el área de observación, presentando agrupaciones de individuos principalmente en el estrecho de Bransfield y al oeste de la isla Elefante (Figs. 75, 76).

## MAMÍFEROS MARINOS

### Crucero de evaluación de la biomasa de krill

Se registraron 262 avistamientos de mamíferos marinos en 1.120 unidades básicas de muestreo (UBM) recorridas (n=0,23 individuos por milla). Los

cetáceos fueron observados en 199 oportunidades (75,96% del total de avistamientos), los pinnípedos se observaron en 63 ocasiones (24,04%). La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, fue observada en 83 ocasiones, seguida por la ballena de aleta *Balaenoptera physalus* con 6 avistamientos, las especies *B. bonaerensis* y *B. borealis* se observaron en 4 ocasiones. Se identificó el género *Balaenoptera* en 102 oportunidades. Los avistamientos de pinnípedos sumaron 63, observándose en una sola oportunidad un individuo de la familia Phocidae. La especie *Arctocephalus gazella* fue observada en 62 ocasiones (Tabla 12). El rango de temperatura superficial del mar (TSM), en el momento de la observación varió de 0 a 1,8 °C, mientras que en especies como *M. novaeangliae* (Fig. 77), se registraron de -0,7 a 1,9 °C, lo que sugiere un mayor espectro de distribución de esta especie en las diferentes masas de agua. Los avistamientos del género *Balaenoptera* estuvieron asociados a temperaturas superiores a los 0 °C, sin embargo, hubo registros de individuos en TSM de -0,6 en cinco oportunidades, todos tomados en horas de la tarde. No se observaron animales muertos ni capturados incidentalmente durante las maniobras de pesca.

Tabla 12.- Total de avistamientos e individuos de mamíferos marinos por especies. ANTAR XXII, 2014

Orden/Familia/Especie	Avistamientos		Individuos		
	Nº	%	Nº	%	
Familia Balaenopteridae					
Orden Cetacea (75,96%)	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	4	1,53	8	2,14
	<i>Balaenoptera borealis</i>	4	1,53	6	1,60
	<i>Balaenoptera physalus</i>	6	2,29	10	2,67
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	83	31,68	128	34,23
	<i>Balaenoptera</i>	102	38,93	145	38,77
Familia Otariidae					
Orden Pinnipedia (24,04%)	<i>Arctocephalus gazella</i>	62	23,66	76	20,32
Familia Phocidae					
	Fócido	1	0,38	1	0,27
TOTAL		262	100	374	100



Figura 77.- Ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* que registró el mayor número de avistamientos. ANTAR XXII, 2014

**Experimento de comportamiento de enjambres de krill**

Durante el experimento se registraron 46 avistamientos de 59 ejemplares de mamíferos marinos, de los cuales 25 avistamientos incluyeron 37 cetáceos (54,4%) y 22 avistamientos con 21 pinnípedos (45,7%).

La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* fue observada en 3 ocasiones, al igual que la ballena minke antártica *Balaenoptera bonaerensis*. Tanto la ballena de aleta *Balaenoptera physalus* como la ballena sei *Balaenoptera borealis* fueron registradas en una sola ocasión. Así mismo, se identificó el género *Balaenoptera* en 17 oportunidades.

Los avistamientos de pinnípedos, sumaron 21, y estuvieron representados únicamente por el lobo fino antártico *Arctocephalus gazella* (Tabla 13, Fig. 78).

Tabla 13.- Total de avistamientos e individuos de mamíferos marinos por especies durante el experimento de comportamiento de enjambres de krill. ANTAR XXII, 2014

	Especie	Avistamientos		Individuos	
		Nº	%	Nº	%
	Familia Balaenopteridae				
	<i>Balaenoptera</i>	17	36,96	25	42,37
Orden	<i>Balaenoptera physalus</i>	1	2,17	2	3,39
Cetacea	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	3	6,52	5	8,47
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	3	6,52	4	6,78
	<i>Balaenoptera borealis</i>	1	2,17	1	1,69
	Familia Otariidae				
Orden					
Pinnipedia	<i>Arctocephalus gazella</i>	21	45,65	22	37,29
	TOTAL	46	100	59	100

También se observaron orcas (*Orcinus orca*) y focas cangrejeras (*Lobodon carcinophagus*) en momentos que no correspondieron al crucero de evaluación ni al experimento (Fig. 79).

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, SEDIMENTOLÓGICA Y BIODIVERSIDAD BENTÓNICA EN LA ENSENADA MACKELLAR, PARTE PROFUNDA DE LA BAHÍA ALMIRANTAZGO Y EL ESTRECHO DE BRANSFIELD**

La textura sedimentaria (Folk 1954), el contenido de materia orgánica total (MOT) y el de carbonatos totales (CBTOS) de los sedimentos se dan en la Tabla 14, y se incluye la descripción de una muestra de una cala demersal. Las profundidades de lanzamiento variaron entre 26 y 505 m. En la Tabla 15, se muestra los grupos taxonómicos hallados en cada una de las estaciones con el tipo de sedimento predominante.



Figura 78.- Lobo fino antártico *Arctocephalus gazella* durante el experimento de comportamiento de enjambres de krill. ANTAR XXII, 2014



Figura 79.- Orca (*Orcinus orca*) y focas cangrejeras (*Lobodon carcinophagus*) en la Ensenada Mackellar (Bahía Almirantazgo-Isla Rey Jorge). ANTAR XXII, 2014

Tabla 14.- Estaciones con dragado en la ensenada Mackellar, bahía Almirantazgo y estrecho de Bransfield, incluye cala demersal. ANTAR XXII, 2014

Localidad	Est	Prof m	Textura del Sedimento (Folk, 1974)	MOT %	CBTOS %
Frente a ECAMP	F1	26	Fango con grava	1,36	6,81
Bahía Almirantazgo	A1	90	Arena con grava fangosa	3,51	7,31
	B2	370	Fango arenoso con algo de grava	3,04	6,80
	B3	496	Fango arenoso	4,07	6,89
	C1	495	---	4,51	5,99
	C2	505	---	3,91	7,03
	C4	486	Fango arenoso	---	---
Estrecho de Bransfield	4	170	Arena fangosa con algo de grava	1,89	3,17
	8	104	Fango arenoso con algo de grava	3,72	4,26
	9	290	Fango arenoso con algo de grava	3,66	5,39
	12	107	Grava	---	---
	13	216	Fango arenoso con algo de grava	4,39	2,37
	13A	322	Fango arenoso con algo de grava	4,15	6,52
	16	208	Grava arenosa con fango	3,16	1,77
	36	232	Arena fangosa con algo de grava	2,49	2,97
Alrededores Isla Elefante	29A	150	Arena fangosa con algo de grava	1,48	2,42
	50	170	Arena fangosa con algo de grava	1,3	1,96
Cala Demersal	Cal	260	Arena gruesa con grava (descripción visual)	---	---

Tabla 15.- Composición preliminar de organismos encontrados con muestreo de draga. Organismos más representativos en cuadrados oscuros. ANTAR XXII, 2014

Phyla/Clase	Taxa/Estación	Chl-a	Est./ Profundidad (m)															
			Bahía				Cr. Pelágico								Demersal			
			F1 26.3	A1 92	B2 370	C2-1 490	E4 490	E8 490	E9 290	E12 110	E13 256	E16 208	E29 260	E50 156	CD1 140			
1 1	POLYCHAETA	Cirratulidae																
2 2		Harmothoinae sp. 1																
3 3		Harmothoinae sp. 2																
4 4		Maldanidae sp. 1																
5 5		Nephtidae																
6 6		Onuphidae																
7 7		Orbiniidae																
8 8		Phyllodocidae sp. 1																
9 9		Sabellidae sp. 1																
10 10		Sternaspis scutata																
11 11		Syllidae																
12 12		Terebellidae sp. 1																
13 13		Trichobranchidae																
1 14	CRUSTACEA	Ampeliscidae sp 1																
2 15		Gammaridea sp. 1																
3 16		Gammaridea sp. 2																
4 17		Gammaridea sp. 3																
5 18		Gammaridea sp. 4																
6 19		Isopoda 1																
7 20		Isopoda 2																
1 21	MOLLUSCA	Bivalvo sp. 1																
2 22		Bivalvo sp. 2																
3 23		Gasteropoda																
4 24		Scaphopoda																
1 25	EQUINODERMATHA	Scaphopoda																
2 26		Asteroidea																
3 27		Holothuroidea																
1 28	OTROS	Ascidacea																
2 29		Priapulida																
3 30		Pycnogonida																
4 31		Nemertea																
		Nematoda																
Total taxa por estación caraterísticas del sustrato			2	6	6	5	8	3	2	7	11	12	12	7	9			
			B	FP	FP	FP	B/FP	FA	B	B	FA/B	FP	FA	AP	AP			

## Tipo de fondo

B	Substrato Biótico (algas, esponjas, megafauna)
AP	Arenoso pedregoso
FA	Fango arcilloso
FF	Fango arcilloso pedregoso

**Abundancia del macrozoobentos**

Al interior de la BA la menor densidad fue calculada en la estación C2-1, a 490 m de profundidad. Alrededor de los 100 m, se apreció el máximo de abundancia con 1.898 ind.m<sup>-2</sup>. En el EB las densidades fueron igualmente altas y semejantes a BA, sólo en la estación E9, a 290

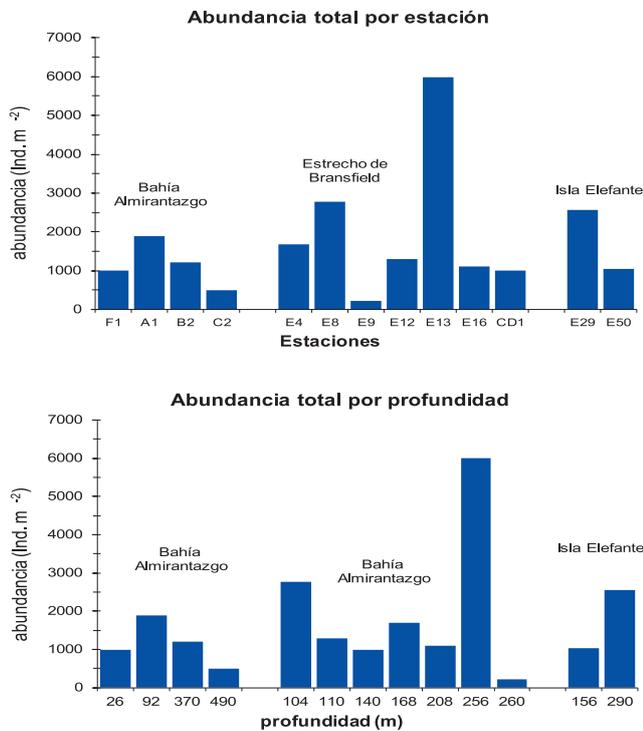


Figura 80.- Distribución de la abundancia total por estación y por profundidad: Bahía Almirantazgo (BA); Estrecho de Bransfield (EB), Isla Elefante (IE). ANTAR XXI, 2014

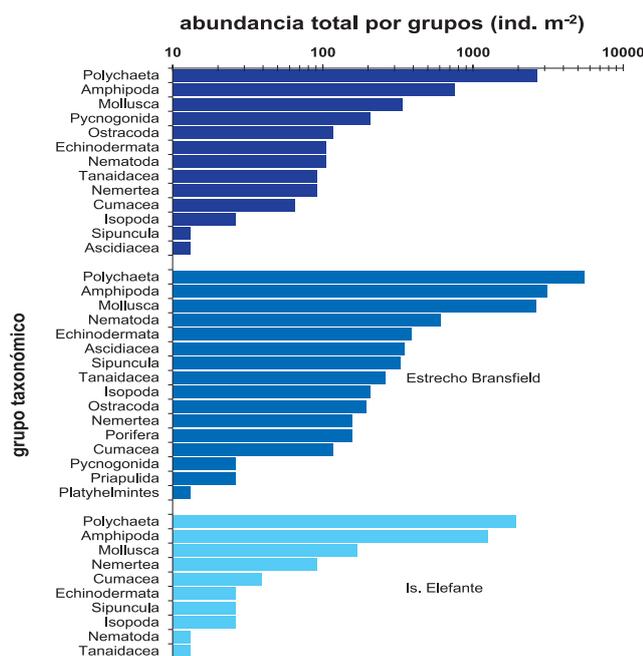


Figura 81.- Variación de la abundancia total por grupos taxonómicos. ANTAR XXII, 2014

m de profundidad y próxima a la entrada a la BA, se contabilizó 221 ind m<sup>-2</sup> en total, siendo el menor valor durante el estudio. En las estaciones cercanas a IE se obtuvo entre 1.040 y 2.561 ind.m<sup>-2</sup> con densidades similares al total observado (Fig. 80).

A nivel de grandes grupos, los Polychaeta, Amphipoda y Mollusca obtuvieron las mayores abundancias en las tres áreas referidas de estudio (BA, EB e IE). Ascidiacea, Priapulida, Platyhelminthes, Tanaidacea y Nematoda fueron poco densos (Fig. 81).

De los grupos más importantes, mejor representatividad por familias se dio en Polychaeta y Amphipoda. Entre los poliquetos, la familia Maldanidae dominó en BA y en EB y, la familia Paraonidae lo hizo en los alrededores de IE. Otras familias representativas numéricamente fueron Sabellidae, Cirratulidae y Ampharetidae; las menos frecuentes y abundantes fueron Spionidae, Dorvilleidae y Syllidae. Del total de familias reportadas, ocho fueron encontradas exclusivamente en el EB (Flabelligeridae, Onuphidae, Hesionidae, Nephtyidae, Nereidae, Chaetoptidae, Magelonidae y Serpulidae) (Fig. 82).

Otro grupo taxonómico numéricamente importante fue Amphipoda, con 14 familias, todas al igual que en Polichaeta fueron encontradas en el EB. Acanthozomatidae, Oedicerotidae y Leucothoidae fueron exclusivas de esta zona. Numéricamente Phothidae seguida de Lysianassidae y Phoxocephalidae fueron las más abundantes (Fig. 83).

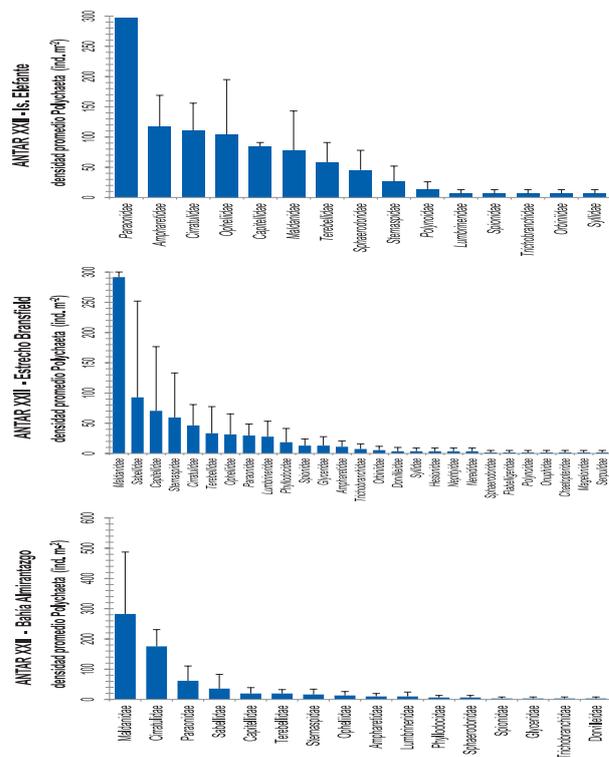


Figura 82.- Familias de Polychaeta con mayor dominancia numérica. ANTAR XXII, 2014

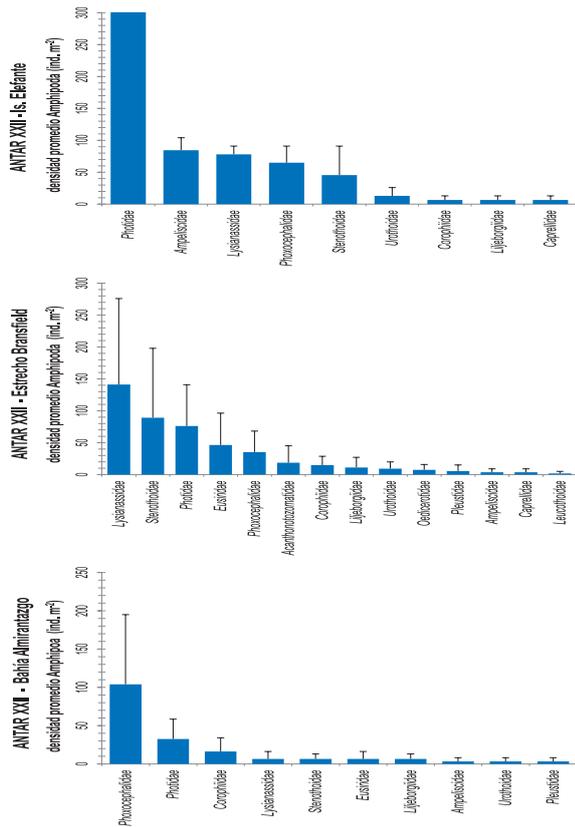


Figura 83.- Familias de Amphipoda con mayor dominancia numérica. ANTAR XXII, 2014

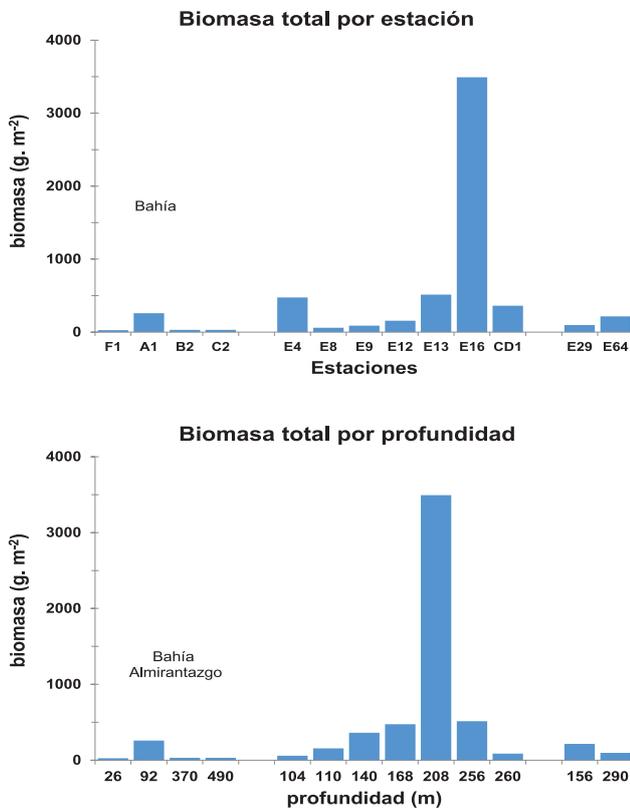


Figura 84.- Distribución de la biomasa total por estación y profundidad: Bahía Almirantazgo (BA); Estrecho de Bransfield (EB) e Isla Elefante (IE). ANTAR XXII, 2014

### Biomasa del macrozoobentos

En general, la biomasa encontrada fue inferior a 1.000 g.m<sup>-2</sup>. En una estación (E16) frente a isla D'urville se registró biomasa muy alta por presencia de ascideas y briozoos; en el EB se encontró un ligero incremento de la biomasa hasta 200 m de profundidad (Fig. 84). En la BA los grupos dominantes en biomasa húmeda fueron Polychaeta, Echinodermata y Amphipoda, seguidos de la presencia de Bryozoa, Ascidiacea y Porifera. Los taxa con menor biomasa fueron Tanaidacea, Cumacea, Ostracoda y Nematoda (Fig. 85). Entre los Polichaeta, las familias Maldanidae, Onuphidae, Sabellidae, caracterizaron la biomasa (Fig. 86). Amphipoda, Ampeliscidae, Lysianassidae y Phoxocephalidae fueron las de mayor tamaño y biomasa. (Fig. 87). De manera semejante a la abundancia, en BA las biomásas disminuyeron respecto al año 2013 pero hubo aumento en IE.

Se observó que para la abundancia, el porcentaje de similitud promedio fue mayor que la disimilitud promedio en las tres zonas de estudio. En BA los grupos con mayor aporte fueron Bivalvia, Ostracoda y Nemertea. Con menor porcentaje en EB estuvieron Nemertea, Ophiuroidea y Gasteropoda. En IE fueron Bivalvia, Ophiuroidea, Gasteropoda Nemertea y Amphipoda. Las diferencias más resaltantes se registraron entre la BA y EB con promedio de 49,2% y entre el EB e IE con 46,22%, en ambas es interesante señalar que Bivalvia y Ascidiacea fueron los de mayor aporte en la diferenciación.

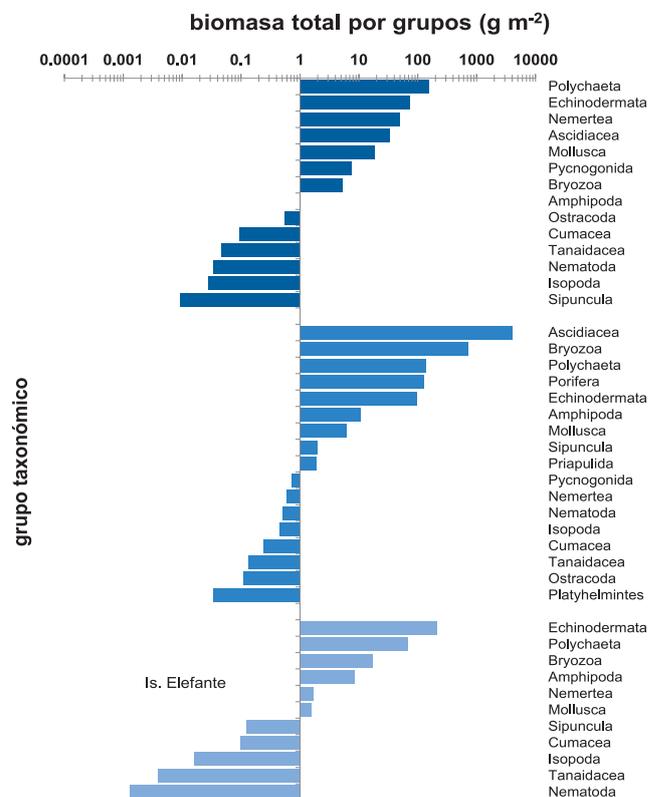


Figura 85.- Variación de la biomasa total por grupos taxonómicos. ANTAR XXII, 2014

En términos de biomasa la disimilitud fue bastante mayor en BA y en el EB. En cambio en IE la similitud fue muy alta alcanzando un 67,3%, en especial por los Ophiuroidea y Bryozoa que tuvieron los mayores promedio de similitud (22 y 18%, respectivamente) Entre las localidades, la mayor disimilitud promedio se observó en BA y EB con 66,1% debido a la presencia de Ascidiacea, Bryozoa y Porifera (Tabla 16).

Los últimos taxa son considerados megafauna y en algunos casos son capturados por la draga de forma incidental. Las ascidias al igual que las esponjas, estuvieron representadas no solo por ejemplares de gran tamaño sino con poca frecuencia y abundancia.

Los poliquetos y anfípodos constituyeron los grupos con mejor representatividad en todos los fondos evaluados, formados por depósitos sedimentarios finos de tipo fango, que engloban gran diversidad de materiales con texturas muy variadas (cantos, gravas y arenas). Las comunidades que se instalan sobre este tipo de fondo están compuestas por gran

diversidad de otros grupos como equinodermos, picnogónidos, sipunculidos y cumáceos.

Comparativamente al ANTAR XXI, en este estudio se describe mayor relación de taxa aún cuando la abundancia y biomasa indican lo contrario. Sin embargo, el porcentaje es bajo comparado al censo exhaustivo de la biodiversidad bentónica en la BA que polacos y brasileños completaron en la síntesis de datos obtenidos de más de 30 años de observaciones, derivadas de sucesivas expediciones antárticas organizadas desde 1977 a 1982 (SICINSKI et al. 2011). Sobre la distribución y naturaleza de las comunidades bentónicas se determinaron aproximadamente 1.300 especies de organismos bentónicos en los diferentes niveles de la profundidad de la bahía que varía entre 0 y 500 m. Análisis de series de tiempo estacional e interanual de las comunidades bentónicas, indican la alta probabilidad de que la biodiversidad esté relacionada con la formación de hielo y posterior deshielo dentro de la bahía, lo que explicaría la alta heterogeneidad del hábitat lo que sugiere una alta variabilidad en cortos periodos de tiempo.

Tabla 16.- Resultados de la prueba SIMPER sobre abundancia y biomasa de datos relativos entre localidades: BA, EB e IE. Similitud promedio dentro de las zonas y disimilitud entre ellas. Contribución en porcentaje (%) de los taxa a la similitud y disimilitud

Porcentaje de Similitud			Porcentaje de Disimilitud		
BA	EB	IE	BA y EB	EB y IE	EB y IE
<b>Abundancia</b>					
<b>Promedio 56.76</b>	<b>Promedio 49.79</b>	<b>Promedio 57.13</b>	<b>Promedio 49.2</b>	<b>Promedio 43.42</b>	<b>Promedio 46.22</b>
Bivalvia 14.3	Nemertea 8.7	Bivalvia 11.45	Bivalvia 4.74	Ostracoda 6.58	Bivalvia 4.77
Ostracoda 11.55	Ophiuroidea 7.83	Ophiuroidea 11.45	Ascidiacea 3.96	Pycnogonida 4.2	Ascidiacea 4.26
Nemertea 11.1	Gasteropoda 6.05	Gasteropoda 11.45	Ophiuroidea 3.84	Cumacea 3.87	Sipuncula 3.65
Isopoda 4.07	Bivalvia 4.7	Nemertea 11.45	Pycnogonida 3.64	Tanaidacea 3.71	Tanaidacea 3.43
Polychaeta 3.3	Polychaeta 3.2	Amphipoda 7.01	Gasteropoda 3.62	Ophiuroidea 3.55	Cumacea 3.42
Amphipoda 3.28	Isopoda 3.1		Tanaidacea 3.57	Gasteropoda 3.39	Ostracoda 3.28
Pycnogonida 2.06	Ascidiacea 3.07		Sipuncula 3.55	Sipuncula 3.32	Scaphopoda 2.91
Ophiuroidea 1.82	Amphipoda 2.84		Ostracoda 3.36	Scaphopoda 3.29	Porifera 2.87
	Sipuncula 2.28		Cumacea 3.12	Isopoda 2.26	Isopoda 2.57
	Ostracoda 2.27		Porifera 2.84	Bivalvia 1.82	Gasteropoda 2.15
			Isopoda 2.08	Amphipoda 1.8	Ophiuroidea 2.01
			Holothuroidea 1.92	Nemertea 1.56	Asteroidea 1.58
			Amphipoda 1.67		Amphipoda 1.55
			Asteroidea 1.56		Holothuroidea 1.4
			Scaphopoda 1.45		Nemertea 1.36
					Polychaeta 1.21
<b>Biomasa</b>					
<b>Promedio 37.25</b>	<b>Promedio 46.56</b>	<b>Promedio 67.3</b>	<b>Promedio 66.1</b>	<b>Promedio 55.19</b>	<b>Promedio 55.24</b>
Bivalvia 7.96	Bryozoa 9.16	Ophiuroidea 22	Ascidiacea 13.43	Ophiuroidea 13.09	Ascidiacea 12.28
Ostracoda 7.12	Ascidiacea 8.07	Bryozoa 18.09	Bryozoa 9.78	Bryozoa 8.15	Ophiuroidea 7.59
Nemertea 5.51	Ophiuroidea 7.69	Gasteropoda 9.22	Porifera 7.53	Pycnogonida 4.47	Bryozoa 7.29
Ophiuroidea 4.25	Porifera 5.3	Nemertea 6.46	Ophiuroidea 6.61	Nemertea 4.45	Nemertea 6.61
Pycnogonida 2.83	Nemertea 3.33	Bivalvia 6.27	Bivalvia 3.95	Gasteropoda 3.82	Holothuroidea 2.08
Polychaeta 2.61	Gasteropoda 2.88		Pycnogonida 3.63	Ostracoda 3.5	Bivalvia 2.03
Isopoda 2	Bivalvia 2.67		Nemertea 2.87	Bivalvia 3.39	Asteroidea 1.91
Bryozoa 1.32	Polychaeta 1.69		Holothuroidea 2.58	Ascidiacea 2.84	Nemertea 1.84
	Isopoda 1.01		Asteroidea 2.13	Scaphopoda 1.99	Sipuncula 1.79
	Amphipoda 1.01		Gasteropoda 2.06	Sipuncula 1.93	Scaphopoda 1.6
			Ostracoda 1.84	Cumacea 1.83	Gasteropoda 1.51
			Sipuncula 1.82	Amphipoda 1.51	Cumacea 1.39
			Cumacea 1.4		Priapulida 1.23
					Isopoda 1

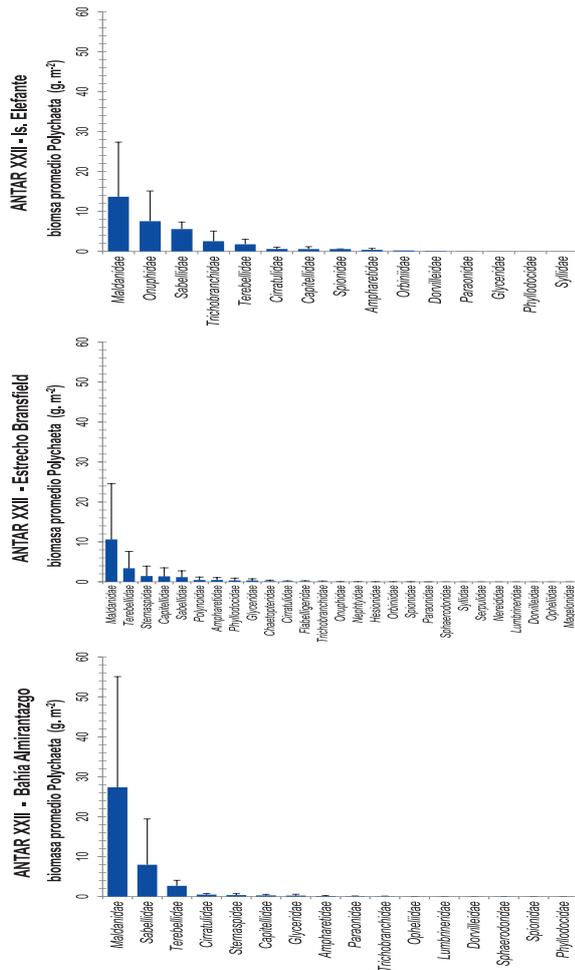


Figura 86.- Familias de Polychaeta con mayor peso húmedo. ANTAR XXII, 2014

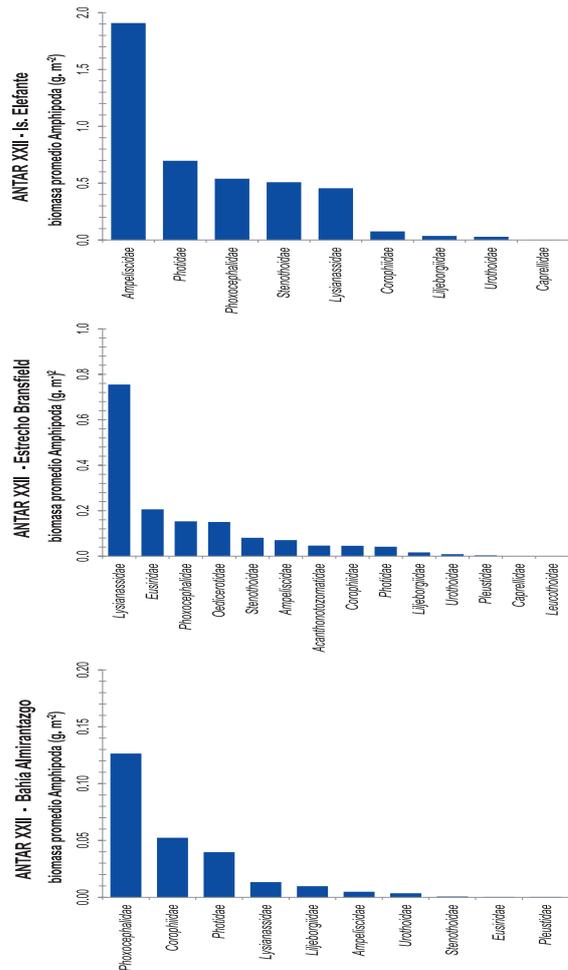


Figura 87.- Familias de Amphipoda con mayor peso húmedo. ANTAR XXII, 2014

**CALIDAD AMBIENTAL EN LA BAHÍA ALMIRANTAZGO, ESTRECHO DE BRANFIELD Y ALREDEDORES DE ISLA ELEFANTE**

**AGUA DE MAR**

Los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de HCP y de Mercurio se muestran en la Tabla 17.

Los resultados del análisis de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) en agua de mar se muestran en las figuras 88, 89. En el estrecho de Bransfield, en los alrededores de la isla Decepción (1,65 ug/L), al sur de la isla Elefante (1,66 ug/L) y en la bahía Almirantazgo, se observó las mayores concentraciones de HAT, registrándose valores bajos en el resto del estrecho. Dentro de la bahía Almirantazgo se registró una estación con 0,32 ug/L frente a la ECAMP, observándose valores bajos en el resto de las estaciones.

Tabla 17.- Resultados de análisis de hidrocarburos aromáticos y mercurio en agua de mar. ANTAR XXII, 2014

Estación	Fecha de muestreo	*HAT (ug/L)	Hg (ug/L)
F	20/01/2014	0,32	0,03
1	21/01/2014	1,65	0,16
2	21/01/2014	0,32	0,29
4	21/01/2014	0,18	0,14
5	23/01/2014	0,17	0,14
8	23/01/2014	0,08	0,02
9	23/01/2014	0,08	0,09
12	24/01/2014	0,06	0,04
13	24/01/2014	0,07	0,02
16	25/01/2014	0,11	0,29
28	30/01/2014	0,07	0,11
29	30/01/2014	0,00	0,08
34	29/01/2014	0,06	0,09
39	28/01/2014	0,11	0,03
42	28/01/2014	0,11	0,20
46	27/01/2014	0,15	0,02
50	26/01/2014	1,66	0,08
53	26/01/2014	0,11	0,04
A	06/02/2014	0,08	0,30
C2	06/02/2014	0,06	0,02

En cuanto al mercurio en agua, se encontró la mayor concentración en el estrecho de Bransfield en la estación 2, en los alrededores de la isla Decepción y en la estación 16, cercana al extremo de la península antártica. Ambas estaciones registraron los valores mas altos del estudio (0,29 ug/L). En la estación 42, al este de la isla Elefante, también se encontró un valor elevado. En la bahía Almirantazgo, se presentó la mayor concentración de mercurio en la estación A (0,30 ug/L) aunque los demás valores en esta área fueron menores (Figs. 90, 91).

**SEDIMENTOS**

Las concentraciones encontradas de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) en sedimentos, en cada una de las 9 estaciones evaluadas, se muestran en la Tabla 18 y los resultados del análisis de las concentraciones en el estrecho de Bransfield se indican en las figuras 92, 93.

Las mayores concentraciones de HAT en sedimentos se encontraron en las estaciones frente a la península Antártica, en las estaciones 8 y 16 (0,24 y 0,27 respectivamente), registrándose valores mucho menores en el resto del estrecho.

Tabla 18.- Concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Totales (ug/L) en sedimentos. ANTAR XXII, 2014

Estación	Fecha de muestreo	HAT (ug/g)
4	21/01/2014	0,06
8	23/01/2014	0,24
13	24/01/2014	0,07
16	25/01/2014	0,27
28	30/01/2014	0,04
29	30/01/2014	0,07
A1	06/02/2014	0,08
B2	06/02/2014	0,04
F	20/01/2014	

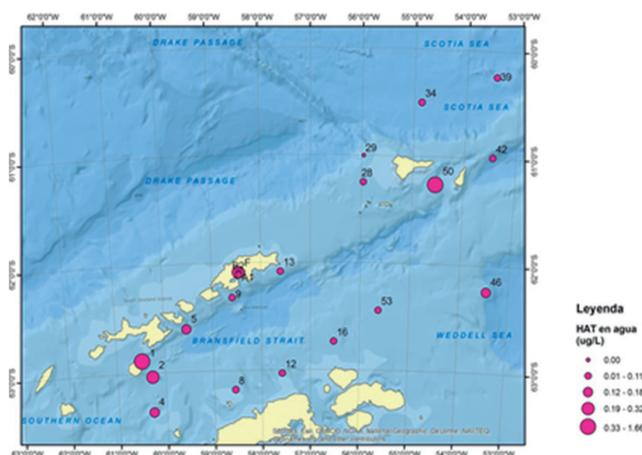


Figura 88.- Concentraciones de hidrocarburos aromáticos totales ((ug/L), en agua en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXII, 2014

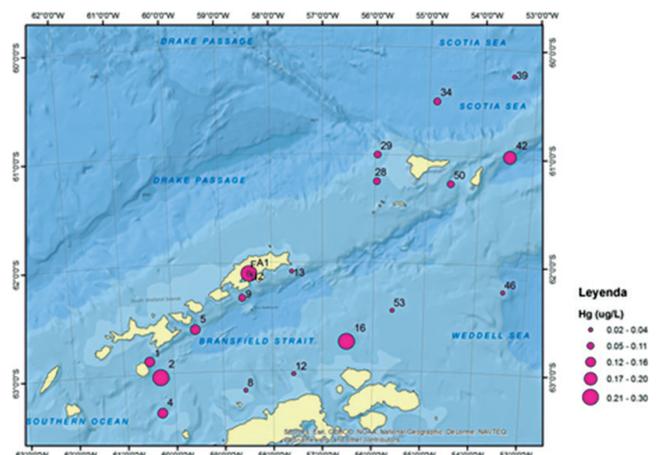


Figura 90.- Concentraciones de mercurio ((ug/L), en agua en el estrecho de Bransfield

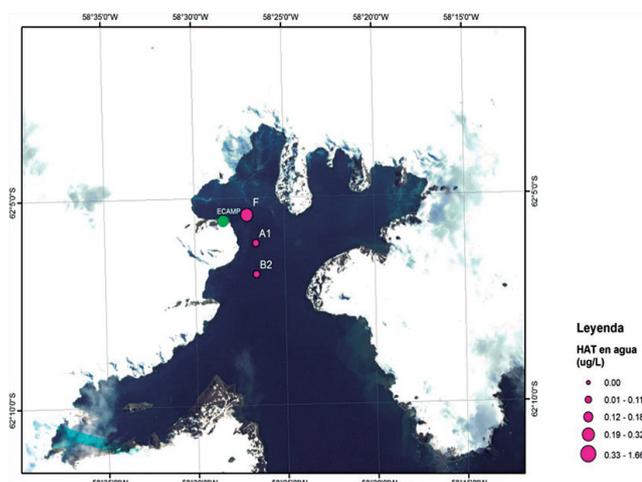


Figura 89.- Mapa con las concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Totales ((ug/L), en agua de la ensenada McKellar.

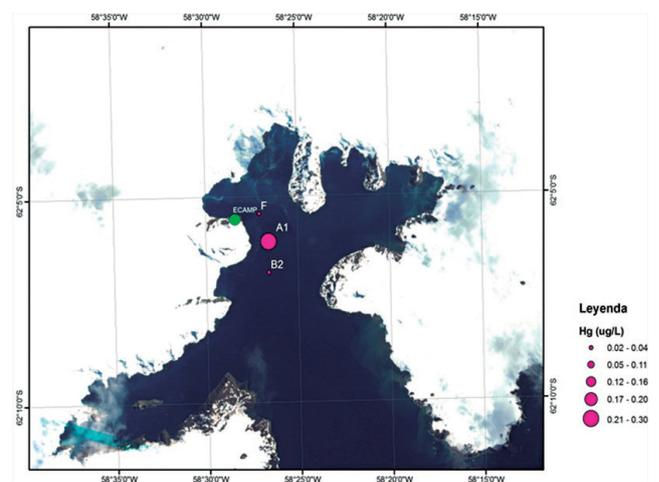


Figura 91.- Concentraciones de mercurio ((ug/L), en agua en la Ensenada McKellar. ANTAR XXII, 2014

En las muestras de sedimentos en la bahía Almirantazgo fueron bajos los valores de HAT, siendo el valor más alto encontrado de 0,08 ug/L, en la estación A1.

### ORGANISMOS MARINOS

Los resultados del análisis de las muestras colectadas de organismos se muestran en la Tabla 19. Se observa que la especie *Euphausia superba* presentó rango de concentración entre 0,04 y 6,99 ug/g de HAT en peso seco, con promedio 2,91. La única muestra de *Pagetopsis macropterus*, presentó concentración muy baja de HAT (0,04 ug/g). Las 2 muestras de músculo de *Notothenia gibberifrons* presentaron concentraciones de HAT de 0,04 y 3,74 ug/g de peso seco.

Los análisis de mercurio total revelaron un bajo rango de concentración, entre 0 y 0,0188 mg/kg en muestras de *E. superba*, al igual que las muestras de tejido muscular del pez *P. macropterus* (0,0187 mg/kg), a diferencia de lo registrado en las muestras de tejido muscular del pez *N. gibberifrons*, cuyas concentraciones fueron más altas (0,18 y 0,36 mg/kg).

Las concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT), en aguas superficiales, presentaron valores bajos en el área del estrecho de Bransfield, sin embargo, en las estaciones en los alrededores de las islas Decepción y Elefante se observaron altos valores (1,65 y 1,66 ug/L respectivamente).

Si bien estos valores están muy por debajo de lo encontrado en otras latitudes, incluida la zona costera del Perú, coinciden con lo registrado por otros autores para la misma área (CRIPPS 1992 AHN et al. 1996, ARONSON et al. 2011). La distribución espacial de los resultados podría evidenciar algún tipo de efecto del transporte marítimo y la presencia de cruceros turísticos, al ser estas dos zonas, altamente visitadas por buques en esta época del año. Además del efecto sobre la biota antártica, como los pingüinos (BARBOSA et al. 2003). Estas concentraciones coinciden con los valores encontrados por BÍCEGO et al. (2003, 2009) en la bahía Almirantazgo, frente a las estaciones de investigación Ferraz y Arctowski, las cuales son visitadas regularmente tanto por científicos como por turistas.

Tabla 19.- Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Totales (ug/g) y mercurio (mg/Kg) en muestras secas de organismos marinos. ANTAR XXII, 2014

Estación	Tejido Analizado	Grupo taxa	Especie	Fecha de muestreo	HAT (ug/g)	Hg (mg/Kg)
CALA# 15				31/01/2014	0,65	0,0188
CALA# 14				30/01/2014	0,04	0,0145
LANCE 6	Total	Crustáceo	<i>E. superba</i>	25/01/2014	4,84	0,0054
CALA 12				29/01/2014	3,15	0,0072
MR1				23/01/2014	1,77	0,0074
LANCE 04				24/01/2014	6,99	<0,0025
LANCE 7			<i>Pagetopsis macropterus</i>	05/02/2014	0,04	0,0187
CALA 8	Tejido muscular	Peces	<i>Notothenia gibberifrons</i>	26/01/2014	3,74	0,3607
LD2			<i>N. gibberifrons</i>	07/02/2014	0,08	0,1867

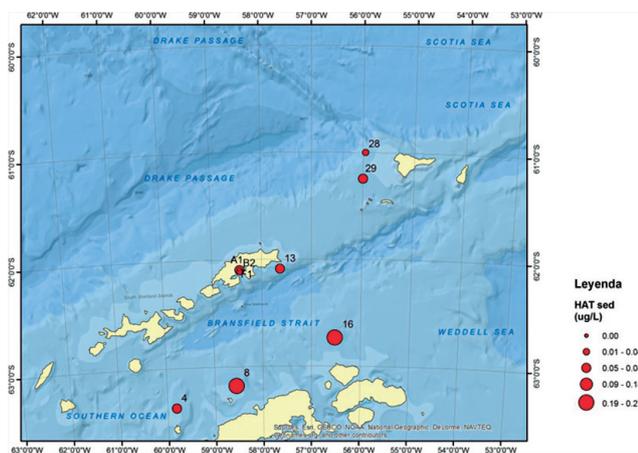


Figura 92.- Mapa con las concentraciones de hidrocarburos aromáticos totales (ug/L), en sedimentos marinos en el estrecho de Bransfield. ANTAR XXII, 2014

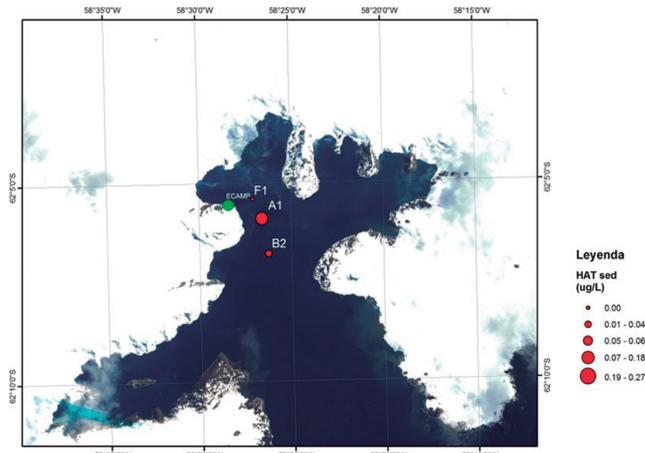


Figura 93.- Concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Totales (ug/L), en sedimentos marinos en la ensenada McKellar. ANTAR XXII, 2014

Sin embargo, los resultados no son concluyentes. Se necesitaría incrementar e intensificar el número de muestras en los alrededores de estas zonas, incluyendo la bahía Almirantazgo y sobre todo frente a las estaciones de investigación, para confirmar o descartar algún tipo de contaminación. Hay que considerar además, que los posibles eventos de polución en aguas son muy transitorios, ya que las corrientes tienden a dispersar y diluir los elementos contaminantes.

Los hidrocarburos en sedimentos no presentaron valores altos que evidencien un origen antropogénico. Estas concentraciones incluso están dentro de los rangos reportados por anteriores estudios (CRIPPS 1992), que sugieren incluso estos resultados como indicios de depósitos naturales de hidrocarburos.

#### 4. CONCLUSIONES

En el área de estudio la temperatura del aire fluctuó entre -2 y 3 °C, humedad relativa entre 64 y 95%, presión atmosférica entre 973 y 998 hPa y los vientos entre 0,4 y 17,2 m/seg, información que permitió definir como "buen tiempo" la época en que se hicieron los trabajos.

La temperatura superficial del mar (TSM) varió entre -1,5 y 1,6; salinidad entre 33,38 y 34,77 ups, contenido de oxígeno entre 5,30 y 9,24 mL/L y potencial de hidronio entre 7,97 y 8,11. La TSM más fría se registró en la cercanía a la península antártica relacionada con la procedencia de aguas frías del mar de Weddell.

El eje central del estrecho de Bransfield estuvo dominado por un frente termo halino, Frente de Bransfield, que separa aguas ligeramente cálidas y poco salinas, de aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional.

Los valores de oxígeno indicaron aguas altamente oxigenadas debido a la dinámica de circulación imperante, dominada por fuertes vientos y el aporte de aire comprimido proveniente de los deshielos.

Las masas de agua que ocupan el estrecho Bransfield, son producto de la interacción de aguas procedentes de los mares de Weddell y de Bellingshausen, aguas que se forman en el estrecho de Gerlache y de aguas que se forman in situ debido a los deshielos.

Las mayores concentraciones de *Euphausia superba* se registraron en los alrededores de las islas Elefante y Joinville, en tanto que las menores fueron halladas en el estrecho de Bransfield.

La biomasa obtenida durante el verano 2014, fue significativamente mayor (8 veces) que la obtenida

en el verano 2013. Sin embargo, las áreas evaluadas comparables corresponden al estrecho de Bransfield, siendo en este caso, la biomasa hallada el doble que la anterior.

La mayor biomasa fue obtenida en los alrededores de la isla Elefante (62%) y allí la estructura de tallas estuvo representada por ejemplares mayores a 40 mm que alcanzó a 60 mm, con moda mayor a 53 mm.

En el estrecho de Bransfield el rango de tallas fue de 25 a 58 mm con moda mayor en 42 mm y en Joinville el rango estuvo entre 30 y 50 mm con moda en 40 mm, lo que sugiere que Joinville sería una zona de reclutamiento que alimentaría tanto al estrecho de Bransfield como a los alrededores de la isla Elefante.

Se ratificó el comportamiento nictemeral del krill, ya que durante las horas de oscuridad tiende a concentrarse en la capa superficial, entre los 0 y 25 m de profundidad, mientras que durante el día se profundiza ubicándose entre los 15 y 90 m.

Durante las pocas horas de la noche, los enjambres de krill superficialmente no constituyen grandes concentraciones, pero durante el día constituyen concentraciones más compactas en la columna de agua.

Los lances de investigación de la biodiversidad marina demersal, registraron 65 especies pertenecientes a 9 grupos taxonómicos, siendo los equinodermos los mejor representados.

La comunidad de fitoplancton estuvo constituida por diatomeas centrales, las dominantes fueron *Corethron criophilum*, *Proboscia alata* y *Rhizosolenia styliiformis*.

Entre las diatomeas pennales, los géneros más frecuentes fueron *Fragillaria*, *Fragillariopsis*, *Navicula* y *Pseudo-nitzschia*.

El nanofitoplancton tipificó una comunidad fitoplanctónica en la primera etapa de la sucesión ecológica, predominando Fitoflagelados ND y *L. marina*.

La prueba de Olmstead y Tukey evidenció que las especies dominantes que caracterizaron el área de estudio correspondieron al grupo de Fitoflagelados y las mayores concentraciones fueron encontradas en la región costera de la parte central del estrecho de Bransfield, entre la superficie y los 30 m.

La comunidad de zooplancton evaluada con el empleo de las redes Bongo e IKMT, estuvo conformada por 16 grandes grupos taxonómicos como copépodos, quetognatos, eufáusidos, hidromedusas, anfípodos, poliquetos, gasterópodos y cirrípedos, entre otros.

El grupo copépodos fue el más representativo por el número de especies, seguido por anfípodos y eufáusidos.

Las especies más frecuentes fueron los copépodos *Calanoides acutus*, *Metridia gerlachei* y *Rhincalanus gigas*, el quetognato *Sagitta* sp. (92,3%) y el eufáusido *Thysanoessa macrura*.

Entre las especies más abundantes se registraron *Metridia gerlachei*, *Sagitta* sp. y *Calanoides acutus*.

En eufáusidos se determinó la presencia de 5 especies: *Euphausia superba*, *E. crystallorophias*, *E. triacantha*, *E. frigida* y *Thysanoessa macrura*, siendo *E. superba* y *T. macrura* las especies que mostraron mayor cobertura espacial así como mayores densidades.

Se encontraron estadios tempranos de eufáusidos como caliptopis y furciliias, los primeros al norte de la isla Elefante y al Este del estrecho de Bransfield y Joinville. La zona norte se caracterizó por presentar densidades mayores, en tanto que la zona sur presentó densidades muy bajas.

*Salpa thompsoni*, se distribuyó principalmente, al noreste del estrecho de Bransfield y en los alrededores de la isla Elefante, en donde la abundancia fue el doble que en el estrecho de Bransfield y cinco veces más que en Joinville.

Las capturas realizadas con red Engel, mostraron un espectro comunitario pelágico con dominancia notable de *Euphausia superba* (94,7%) seguido de *Salpa thompsoni* (3,6%), medusas scyphozoas (1,34%), *Desmonema* sp. y *Peryphylla peryphylla*.

La captura de peces estuvo constituida por 10 especies pertenecientes a las familias Channichthyidae, Paralepididae y Myctophidae.

Las tallas de *E. superba* fluctuaron entre 10 y 60 mm para todas las redes de muestreo y áreas evaluadas. Las tallas más pequeñas se ubicaron en Joinville, en tanto que las más grandes se ubicaron en los alrededores de isla Elefante, quedando las intermedias en el estrecho de Bransfield.

La presencia de ejemplares en Joinville plantea la hipótesis de que se trata de una zona de reclutamiento que alimentaría a Bransfield e isla Elefante con juveniles que renuevan sus existencias.

Para *E. superba*, el 43% de los machos fueron subadultos y el 57% adultos. Para las hembras, sólo el 2% fueron subadultos, y el 98%, adultos.

Los ejemplares adultos reproductivos se encuentran mayormente en la zona de la isla Elefante (83%), Joinville (56%) y muy pocos en la zona de Bransfield (15%). Lo que evidencia la importancia de los alrededores de la isla Elefante como zona de reproducción. Bransfield sería una zona de criadero.

Análisis del contenido estomacal de los peces *Notothenia gibberifrons* y *Chionodraco rastrispinosus*, evidencia la importancia de *E. superba* como base de su alimentación, a pesar de tratarse de recursos demersales, lo que confirma, que estas especies serían la conexión entre el sistema pelágico y demersal.

Las aves marinas registradas pertenecieron a 3 órdenes, 8 familias y 25 especies, siendo la más abundante el petrel damero (*Daption capense*), seguido del petrel plateado (*Fulmarus glacialisoides*) y del pingüino de barbijo (*Pygoscelis antarctica*).

Los mamíferos marinos pertenecieron a 2 órdenes, 3 familias y 7 especies; los cetáceos fueron los más observados (75,96%) seguidos de los pinnípedos (24,04%). De los cetáceos, la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, fue la más observada seguida por *Balaenoptera physalus*, *B. bonaerensis* y *B. borealis*, y de los pinnípedos *Arctocephalus gazella*.

Los principales grupos taxonómicos encontrados en el bentos fueron Polychaeta, Crustacea, Mollusca, Equinodermata y otros con más de 32 especies por determinar.

En la bahía Almirantazgo y en el estrecho de Bransfield la abundancia y biomasa bentónica disminuyeron considerablemente respecto al 2013. Sin embargo la diversidad en taxa encontrados en el presente estudio fue mucho mayor a lo observado en ese año.

Las concentraciones de HAT en krill presentaron altos valores, hasta 6,99 ug/g. Estos resultados necesitan confirmarse con estudios más completos que incluyan una disgregación de la muestra por sexo y rango de tamaños.

La concentración de mercurio en aguas superficiales no mostró una distribución espacial uniforme, aunque los valores encontrados fueron bajos, estuvieron de acuerdo con lo registrado en estudios anteriores.

El contenido de mercurio en peces antárticos fue mayor que en el krill, por efecto de acumulación en los tejidos musculares, las concentraciones de mercurio en krill estuvieron en concordancia con lo encontrado en otros estudios.

## 5. REFERENCIAS

- AHN Y, LEE S H, KIM K T, SHIM J H, KIM D Y. 1996. Baseline heavy Metal concentrations in the Antarctic clam, *Laternula elliptica* in Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. Marine Pollution Bulletin 32 (8-9): 592-598.
- AMLR 2009/2010. 2011. Field Season Report Objectives, Accomplishments and Tentative Conclusions. Edited by Amy Van Cise. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-470. 66p.
- ANTONIETTI E. 1989. Microplankton del Estrecho de Bransfield. Verano de 1999 (Perú ANTAR II). Informe Científico de la II Expedición Científica Peruana a la Antártida. 9-44 p.
- ARONSON R B, THATJE S, McCLINTOCK J B, HUGHES K A. 2011. Anthropogenic impacts on marine ecosystems in Antarctica. Annals of the New York Academy of Sciences, Issue: The Year in Ecology and Conservation Biology 1223 (2011): 82-107.
- BALECH E. 1958. Plankton de la Campaña Antártica Argentina 1954-1955. Physis XXI (60): 60 p.
- BALECH E. 1971. Microplankton de la Campaña Oceanográfica Productividad III. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Hidrob. 3 (1): 75 p.
- BALECH E. 1973. Segunda Contribución al conocimiento del microplankton del mar de Bellinghausen. Contribución del Instituto Antártico Argentino (107): 80 p.
- BARBOSA A, DEMAS E, BENZAL J, DIAZ J, MOTAS M, JEREZ S, PERTIERRA L R, BENAYAS J, JUSTEL A, LAUZURICA P, BÍCEGO M C, ZANARDI-LAMARDO E, TANIGUCHI S, MARTINS C C, SILVA D A, SASAKI S T, ALBERGARIA-BARBOSA A C, PAOLO F S, WEBER R R, MONTONE R C. 2009. Results from a 15-year study on hydrocarbon concentrations in water and sediment from Admiralty Bay, Antarctica. Antarctic Science 21: 209-220.
- BÍCEGO M C, ZANARDI-LAMARDO E, WEBER R R. 2003. Four-year survey of dissolved/dispersed petroleum hydrocarbon surface waters of Admiralty Bay, King George Island-Antarctica. Rev. Bras. Oceanogr; 51 (unico). 33-38.
- CLARKE K, WARWICK R. 2001. Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation PRIMER-E. Segunda Edición. Plymouth, United Kingdom.
- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and Evaluation of the Winkler Method for determination Dissolved Oxygen in Seawater, Jour. Mar. Research 24 (92): 286-318.
- CRIPPS G C. 1992. Natural and Anthropogenic Hydrocarbons in the Antarctic Marine Environment. Marine Pollution Bulletin 25 (9-12): 266-273.
- DEAN W. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and rocks by loss on ignition: Comparison the others methods. In: Jour. Sed. petrology 44(1): 242-248.
- DE BROYER C, LOWRY J K, JAŹDŹEWSKI K, HENRI R. 2007. Part 1. Catalogue of the Gammaridean and Corophidean Amphipoda (Crustacea) of the Southern Ocean, with distribution and ecological data. In: DE BROYER C. (Ed.), Census of Antarctic Marine Life. Synopsis of the Amphipoda of the Southern Ocean. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 77 (Supplement 1): 1-325.
- DELGADO E. 1999. Fitoplancton del Estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el Verano Austral 1998. Resultados del Programa de Investigación Antártica Verano Austral 1998, Perú ANTAR IX. Segunda parte Cr. Bic Humboldt 9801. Inf. Inst. Mar Perú 145: 7-46.
- DEMER D A, CONTI S G. 2005. New target-strength model indicates more krill in the Southern Ocean. ICES Jour. Mar. Sci. 62: 25-32.
- DICKSON A. 1993. pH buffers for sea water media base on total hydrogen ion concentration scale. Deep Sea Research, 40, pp 107-118.
- FAO. 1981 Ecological Assessment of Pollution Effects. In: Manual of Methods in Acuatc Environment Research. Part. 8. FAO Fish. Tech. Pap.
- FERREYRA G, FERRARIO M. 1983. Observaciones Sistemáticas y Autoecológicas sobre Diatomeas Antárticas. I. *Coscinodiscus asteromphalus*. Ehr. Contribución 127. Dir. Nac. Inst. Antártico argentino. 120 p.
- FRENGUELLI J. 1943. Diatomeas de las Orcadas del Sur. Revista del Museo de La Plata. Tomo V Botánica (21). Inst. Museo Antártico Argentino. Publicación 5. 110 p.
- FRENGUELLI J. 1960. Diatomeas y Silicoflagelados recogidos en Tierra Adelie durante las expediciones Polares Francesas de Paul Emile Victor (1950-1952). Revue Algologique. Nouvelle Serie. 5 (1): 75.
- FRENGUELLI J, ORLANDO H. 1958. Diatomeas y Silicoflagelados del Sector Antártico Sudamericano. Instituto Antártico Argentino. Publicación 5: 98.
- FOLK R F. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company. Austin Texas 78703. 184 pp.
- FOOTE K G, KNUDSEN H P, VESTNES D N, MAC LENNAN D N, SIMMONDS E J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Coop. Res. Rep. 144:1-69.
- GALEHOUSE J. 1971. Sedimentation analysis. In: Procedures in sedimentary petrology. Eds. Carver, RE. New York. Cap. 4: 69-94.
- GREENE C H, STANTON T K, WIEBE P H, McCLATCHIE S. 1991. Acoustic estimates of Antarctic krill. Nature 349. 110 p.
- GUTIÉRREZ M. 1997. Biomasa y distribución del krill (*Euphausia superba*) en el Estrecho de Bransfield durante las Operaciones Perú ANTAR I, II y III. Inf Inst Mar Perú 126: 7-20.
- HARRISON P. 1987. Seabirds of the world. A photographic guide. Christopher Helm (Ed.). London. 448 p.
- HARTMAN O. 1964. Polychaeta Errantia of Antarctica. Antarctic Research Series. Volume 3.
- HARTMAN O. 1966. Polychaeta Myzostomidae and Sedentaria of Antarctica. Antarctic Research Series. Volume 7.
- HARTMAN O. 1976. Polychaeta from the Weddell Sea Quadrant, Antarctica. Antarctic Research Series. Biology of the Antarctic Seas VI. Volume 26.
- HASLE G R. 1964. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes I. Some marine species of the group *Nitzschia*. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps -Akademi i Oslo I. Mat.-Naturv Klasse. Ny Serie 16: 55.
- HASLE G R. 1965(a). *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes II. The group *Pseudonitzschia*. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps- Akademi I Oslo I. Mat.-Naturv. Klasse. Ny Serie 18: 67.
- HASLE G R. 1965(b). *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscope III. The genus *Fragilariopsis*. Skr. Norske Videnskaps Akademi I Oslo I. Mat.- Naturv. Klasse. Ny Serie 21: 49.

- HASLE G R, SYVERTSEN E. 1985. A guide to Marine Planktonic Diatoms. International Phytoplankton Course 1-21 July 1985. Stazione Zoological Naples. 75 p.
- HENDEY I. 1937. The Planckton diatoms of the Southern Seas. Discovery Reports 16: 151-364.
- HEWITT R P, DEMER D A, LOEB V. 1996. Distribution, biomass and abundance of Antarctic krill in the vicinity of Elephant Island during the 1996 austral summer. CCAMLR, Hobart. WG-EMM-96/23. 10 p.
- HEWITT R P, WATKINS M, NAGANOBU V, SUSHIN A, BRIERLEY S, DEMER D A, KASATKINA S, TAKAO Y, GOSS C, MALYSHKO A, BRANDON M, KAWAGUCHI S, SIEGEL V, TRATHAN P, EMERY J, EVERSON I, MILLER D. 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 2 (51):1215-1236.
- HIGGIMBOTTOM I R, PAULY T J, HEATLEY D C. 2000. Virtual echograms for visualization and postprocessing of multiple-frequency echosounder data. Proceedings of the Fifth European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2000 (Ed. ZAKHARIA ME), 1497-1502.
- HOLM-HANSEN A, LORENZEN C, HOLMES R, STRICKLAND J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. J. Cons. Perm. Inst. Explor. Mer. 30: 3-15.
- HUNTSMAN, S. 1974. An evaluation of optimal conditions for determination of primary production. CUEA Newsletter, Vol 3, N° 1.
- INGRAM R. 1971. Sieve analysis. In: Procedures in sedimentary petrology. Eds. Carver RE. New York. Cap. 3: 49-67.
- JAZDZEWSKI K, JURASZ W, KITTEL W, PRESSLER E, PRESSLER P, SICINSKI J. 1986. Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. Polar Biol. 6: 5-16.
- JOLLY G M, HAMPTON I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. Can. J. Fish Aquat. Sci. 47: 1282-1291.
- KELLY R, BLANCO J L. 1986. Hidrografía del estrecho Bransfield durante el verano austral 1985 (SIBEX-FASE II). Ser. Cient. INACH 35: 7-30.
- KELLY R, BLANCO J L, DÍAZ M. 1985. Hidrografía del estrecho Bransfield durante el verano austral 1984 (SIBEX-FASE I). Ser. Cient. INACH 33: 15-48.
- 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. pp. 121-149.
- LOPEZ O, GARCIA M A, GOMIS D, ROJAS P, SOSPEDRA J, SANCHEZ-ARCILLA A. 1999. Hydrographic and hydrodynamic characteristics of the eastern basin of the Bransfield Strait (Antarctica). Deep Sea Research 1(46): 1755-1778.
- LYNN R J, BLISS K A, ELBER L E. 1982. Vertical and horizontal distributions of seasonal mean temperature, salinity, sigma-t, stability, dynamic height, oxygen and oxygen saturation in the California Current, 1950-1978, CaICOFI, Atlas 30.
- MAC LENNAN D N, SIMMONDS E J. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman and Hall, London. 325 p.
- MAKROV R R, DENYS C J. 1984. Stages of sexual maturity of *Euphausia superba* DANA. BIOMASS Handbook 11:1-11.
- MARTINEZ J C. 1972. Estudio diatomológico del mar de la flota de Puerto Paraíso y observaciones en el Mar de Bellinghausen. Contribución del Instituto Antártico Argentino, N°155, 103pp.
- MELO T, HURTADO F, QUEIROLO D. 2001. Curso de teoría de Paños de Pesca. Universidad Católica de Valparaíso. 103 p.
- MITSON R B, SIMARD Y, GOSS C. 1996. Use of a two frequency algorithm to determine size and abundance of plankton in three widely spaced locations. ICES Journal of Marine Science, 53: 209-215.
- MONTONE R C. 2009. Results from a 15-year study on hydrocarbon concentrations in water and sediment from Admiralty Bay, Antarctica. Antarctic Science, 21: 209-220.
- MOORE P G, MYERS A A. 1983. A revision of the *Haplocheira* group of genera (Amphipoda: Aoridae). Zoological Journal of the Linnean Society 79: 179-221.
- NAROSKY T, YZURIETA D. 2004. Aves de Patagonia y Antártida. 1ra ed. Buenos Aires. 144 p.
- NEDELÉC C, PRADO J. 1999. Definición y Clasificación de las Diversas Categorías de Artes de Pesca. FAO, Documento Técnico de Pesca 222. 109 p.
- OKONSKI S, MARTINI W. 1987. Artes y métodos de pesca. Materiales didácticos para la capacitación técnica. 357 p.
- PRADO J, DREMIERE P. 1988. Guía de bolsillo del pescador. Publicado por acuerdo con FAO. 182 p.
- PRIDDLE J, FRYXELL G. 1985. Handbook of the Common Plankton Diatoms of the Southern Ocean: Centrales except genus *Thalassiosira*. British Antarctic Survey. 159 p.
- PRUSZAK Z. 1980. Current circulation in the waters of Admiralty Bay (region of Arctowski Station on King George Island). Polar Res. 1: 55-74.
- REISS CH, COSSIO A, LOEB V, DEMER D. 2008. Variations in the biomass of Antarctic krill (*Euphausia superba*) around the South Shetland Islands, 1996-2006. ICES Journal of Marine Science, 65: 12.
- REN X, HUANG L. 1991. Studies on Gammaridea and Caprellidea (Crustacea: Amphipoda) from the northwest waters off the Antarctic Peninsula. Studia Marina Sinica 32: 185-323.
- ROJAS P, LOPEZ O, GARCIA M A, ARISTEGUI J, TORRES S, HERNANDEZ-LEON S, BASTARRECHEA G, AMENGUAL B, ESCANEZ J, MORALES-NIN B. 1996. Hidrografía del Estrecho de Bransfield durante el verano Austral 91/92. Actas del V Simposio Español de Estudios Antárticos. pp. 403-411.
- SANGRA 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.
- SANTOS I R, SILVA-FILHO E V, SCHAEFER C E, ALBUQUERQUE-FILHO M R, CAMPOS L S. 2005. Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. Marine Pollution Bulletin 50: 185-194.
- SHIRIHAI H. 2007. A Complete Guide to Antarctic Wildlife. 2nd ed. London. 544 p.
- SICINSKI R, JAZDZEWSKI K, DE BROYER C, PRESSLER P, LIGOWSKI R, NONATO E F, CORBISIER T N, PETTI M A, BRITO T A, LAVRADO H P, BLAZEWICZ-PASZKOWYCZ M, PABIS K, JAZDZEWSKA A, CAMPOS L S. 2011. Admiralty Bay Benthos Diversity-a census of a complex polar ecosystem. Deep-Sea Research 2 (58): 30-48.
- 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.

- SOKAL R, ROHLF F J. 1981. Biometry. Freeman. 2nd Ed. San Francisco, California. 259 p.
- 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. pp. 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. NEMOTO T, MATSUDA T (eds.). Memoirs of National Institute of Polar Research, Tokyo, Special Issue 27: 16-23.
- STRICKLAND J D, PARSONS T R. 1972 A Practical Handbook of Seawater Analysis. Second Edition. Fisheries Research Board of Canada. Tech.Bull.167: 310.
- SUTHERLAND W L. 1996. Ecological census techniques: a handbook. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- SYDEMAN WJ, THOMPSON SA, KITAYSKY A. 2012. Seabirds and climate change: roadmap for the future. Mar Ecol Prog Ser 454: 107-117.
- SYVERTSEN E. 1977. *Thalassiosira rotula* and *T. gravida*. Ecology and morphology. Fourth Symposium on Recently Fossil Marine Diatoms Oslo August 30 -Sept. 3, 1976. Proceeding 1977. Bound Beiheft 54 (8): 414.
- SYVERTSEN E, HASLE G. 1983. The diatoms genus *Eucampia*. Morphology and Taxonomy Bacillaria 6. Braunschweig J. Cramer. 512 p.
- TENORIO J. 2012. Condiciones Ambientales en la Expedición ANTAR XVI. Proyecto COPEPOD I. Inf Int Inst Mar Perú. 10 p.
- TODD F S. 2004. Birds and mammals of the Antarctic, Subantarctic and Falkland Islands. San Diego. 138 p.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol. 9:1-38.
- WILSON C, KLINKHAMMER G P, CHIN C S. 1999. Hydrography within the Central and East Basins of the Bransfield Strait, Antarctica. Journ. Physical Oceanography, 465-479. <http://swfsc.noaa.gov/AERD-whykrill/>

## ANEXO I

Itinerario y ejecución de programa de investigación del IMARPE en la vigésimo segunda campaña científica del Perú a la Antártida a bordo del BIC Humboldt ANTAR XXII  
27 de diciembre - 14 de marzo 2013

Buque	BIC HUMBOLDT		
Área de operación	Estrecho de Bransfield, Isla Rey Jorge – Bahía Almirantazgo, Isla Elefante, Drake		
Itinerario	Fecha	Días (Mar)	Días (Tierra)
Lima – Pta. Arenas	13 – 14 Ene		1
Pta. Arenas (Embarque en el Aquiles)	14 Ene		
Pta. Arenas - Base Frei-Humboldt	15 – 18 Ene	4	
Logística base ECAMP	19 – 20 Ene	2	
PRIMERA ETAPA			
Calibración Acústica: Ensenada Mackellar	21 Ene	1	
Evaluación Acústica: Bransfield-Isla Elefante-Drake	22 Ene – 01 Feb	11	
Ensenada Mackellar	01 – 02 Feb	1	
SEGUNDA ETAPA			
Ensenada Mackellar – Zona de experimento	03 - Feb	1	
Experimento comportamiento enjambres de krill	03 – 05 Feb	2	
Evaluación Bentos y Sedimentos Bahía Almirantazgo	06 Feb	1	
Evaluación de biodiversidad béntico demersal	07 Feb	1	
Retorno a Bahía Almirantazgo– Mackellar	8 – 09 Feb	2	
Mackellar – Fildes (Embarque en el Aquiles)	10 Feb	1	
Fildes - Pta. Arenas	11 – 14 Feb	4	
Punta Arenas	14 – 17 Feb		4
Punta Arenas– Lima	17 - 18 Feb		
Total días		31	5

## ANEXO II

## Relación de personal participante del Instituto del Mar del Perú e invitados

1	Marco Antonio Espino Sánchez	Jefe Crucero
2	Luis Alberto Vásquez Espinoza	Oceanografía
3	Miguel Sarmiento Diaz	
4	Julio Ricardo Alarcón Veléz	
5	Rodolfo Martín Cornejo Urbina	Acústica y Pesca
6	Gary Renato Vargas Canales	
7	Adolfo Gonzales Salas	
8	Patricia Mercedes Ayón Dejo	
9	Flor del Carmen Chang Loo Kung	Biología y Ecología
10	Roberto Carlos Quesquén Liza	
11	Javier Antonio Quiñones Dávila	
12	Jonathan Angello Correa Acosta	
13	David Omar Castillo Cruz	
14	David Jesús Torres Negreiros	
15	Aldo José Rodríguez Flores	
16	Luis Wencheng Lau Medrano	
17	Oscar Lozano Rubio	
15	Elisa Goya Sueyoshi	Aves y mamíferos
19	Evelyn Paredes Coral	
20	Sofía Belen Rivadeneyra Villafuerte	
21	Regina Elena Aguilar Arakaki	
22	Federico Augusto Velazco Castillo	Geología y bentos
23	Luis Fernando Martín Quipezcoa Olguín	
24	Piero Rafael Villegas Apaza	Calidad ambiental
25	Carlos Alberto Martínez Gamboa	
Científicos invitados		
26	Christian Reiss	NOAA – EEUU *
27	Linke Ge	NMEMC **
28	Manuel Bravo	INOCAR – Ecuador***

(\*) NOAA: National Oceanographic and Atmospheric Administration  
Estados Unidos de Norte América

(\*\*) NMEMC: National Marine Environmental Monitoring Center (NMEC)-  
China

(\*\*\*) INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada- Ecuador

ANEXO III

Área de estudio de los Cruceros del IMARPE en la Antártida.  
ANTAR I, II, III, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XVI, XVII, XXI

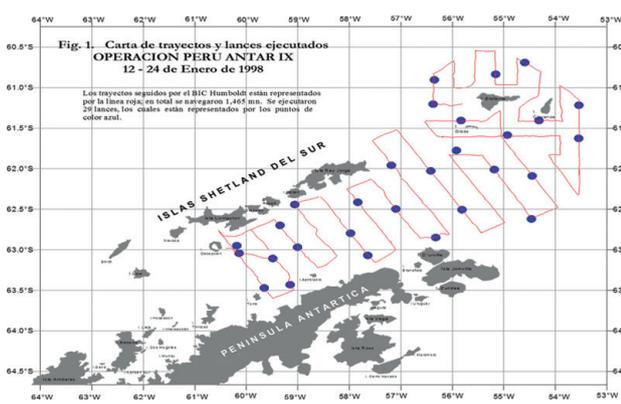
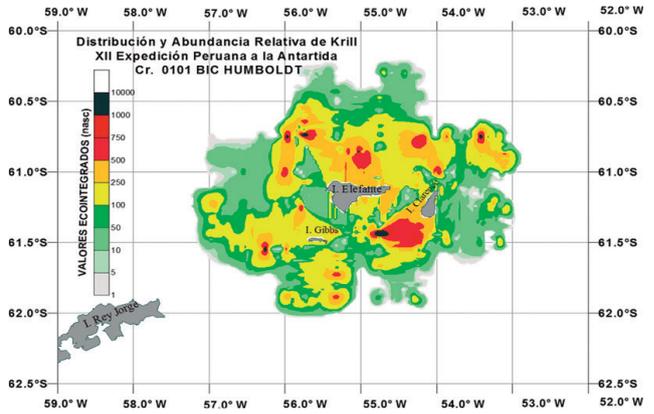
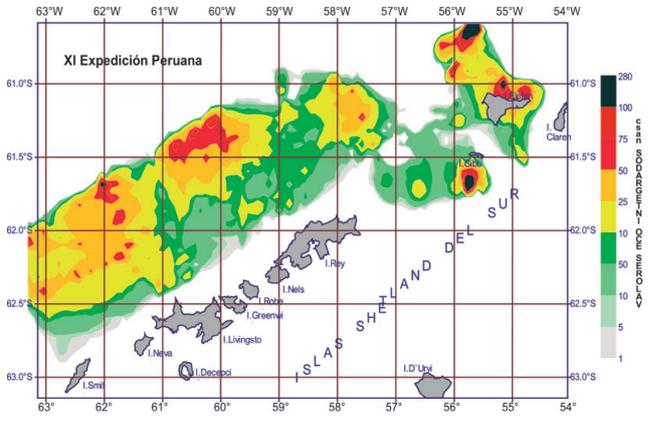
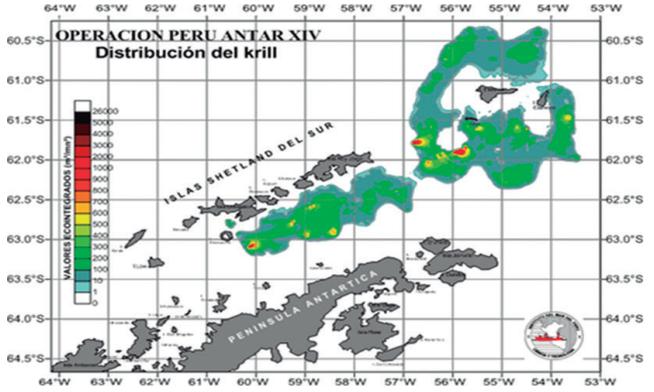
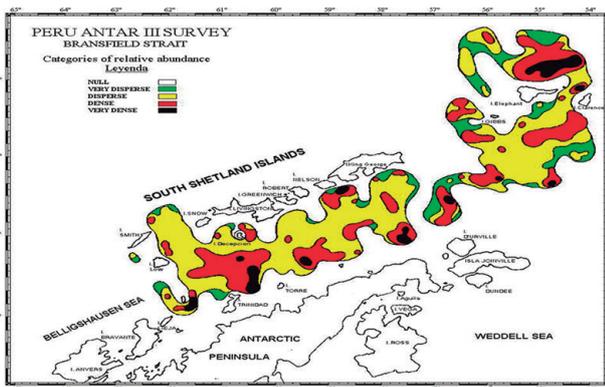
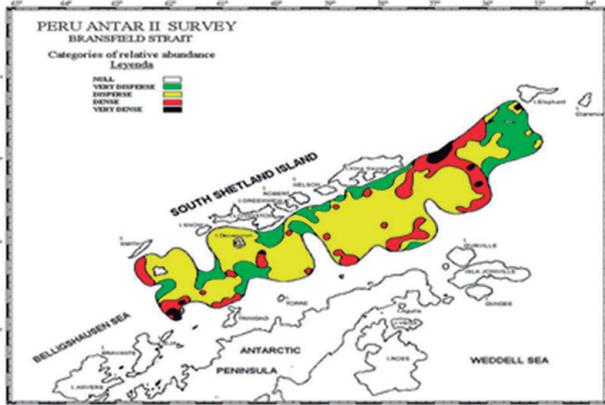
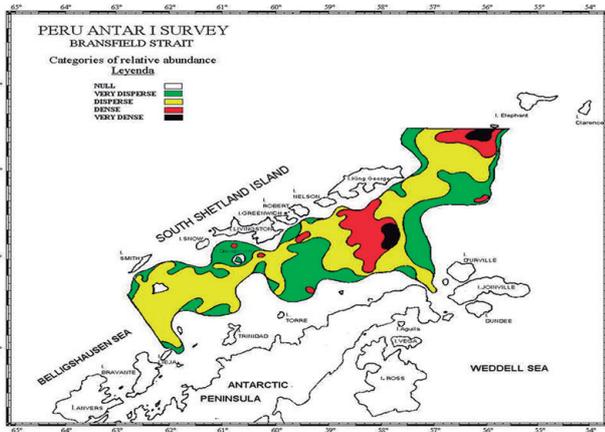
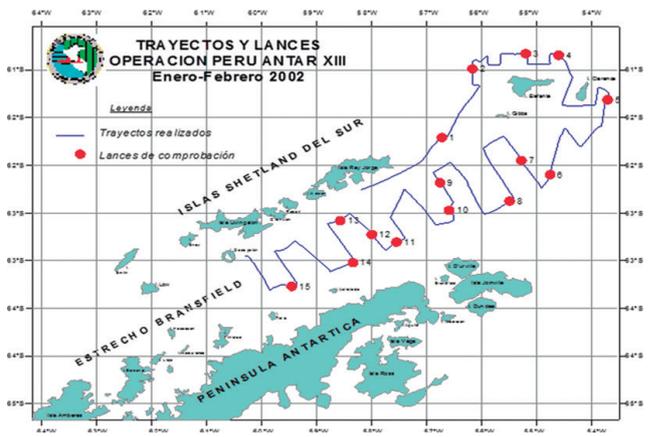
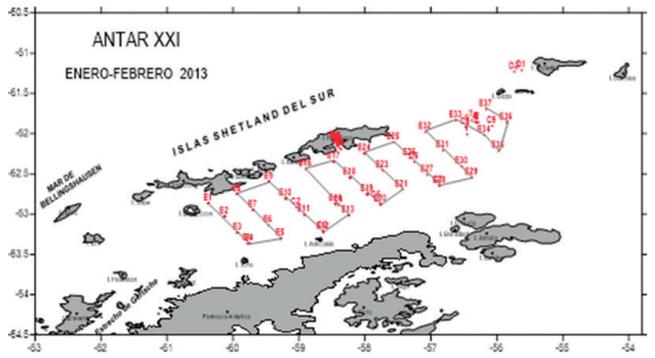
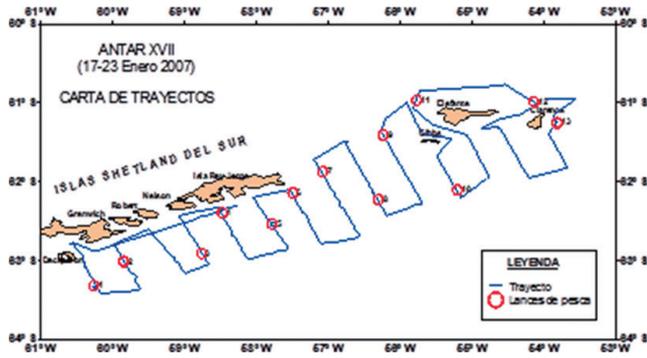
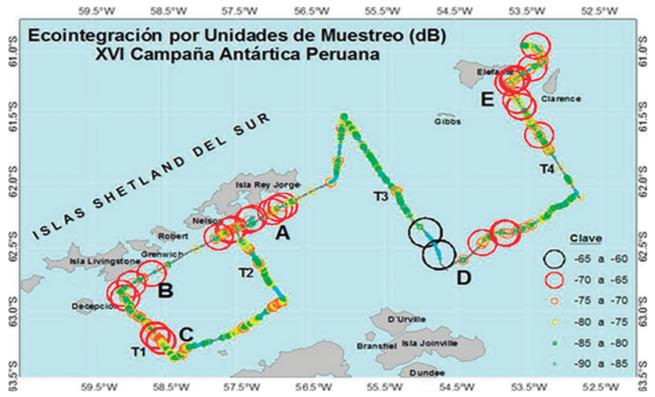
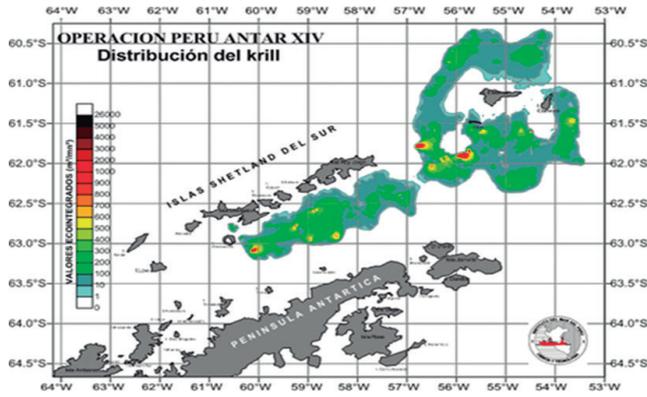


Fig. 1. - Carta de trayectos y lances ejecutados OPERACION PERU ANTAR IX 12 - 24 de Enero de 1998  
Los trayectos seguidos por el BIC Humboldt están representados por la línea roja; en total se navegaron 1.465 nm. Se ejecutaron 27 lances, los cuales están representados por los puntos de color azul.





## ANEXO IV

## Grupos taxonómicos y especies capturadas en dos lances de pesca exploratoria orientados a la investigación de la biodiversidad bentónica demersal del Estrecho de Bransfield

1. Echinodermata (21 spp.)	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Asteroidea (17 spp.)								
<i>Acodontaster conspicuus</i>	1	518,4	6	695,7	7	1,78	1214,1	0,16
<i>Acodontaster</i> sp.	1	220,0			1	0,25	220,0	0,03
<i>Odontaster radiatus</i>	1	2,7			1	0,25	2,7	
<i>Odontaster validus</i>	1	2,8			1	0,25	2,8	
<i>Perknaster</i> sp.	1	163,2	6	297,6	7	1,78	460,8	0,06
<i>Perknaster aurorae</i>			4	198,2	4	1,02	198,2	0,03
<i>Labidiaster annulatus</i>	4	1039,0	25	7731,5	29	7,36	8770,5	1,13
<i>Diplasterias</i> sp.			2	369,9	2	0,51	369,9	0,05
<i>Acodontaster elongates</i>			3	40,0	3	0,76	40,0	0,01
Asteroidea 1			1	1,8	1	0,25	1,8	
Asteroidea 2			1	3,5	1	0,25	3,5	
Asteroidea 3			2	9,4	2	0,51	9,4	
<i>Hemiaster elongatus</i>	1	31,0	1	32,6	2	0,51	63,6	0,01
<i>Pseudoboletia maculata</i>	2	135,2			2	0,51	135,2	0,02
<i>Pomachocrinus kerguelensis</i> (Crinoidea)	6	49,0	23	288,6	29	7,36	337,6	0,04
<i>Solanometria antarctica</i> (Crinoidea)			1	34,3	1	0,25	34,3	
<i>Psalidium poriferum</i>			3	35,4	3	0,76	35,4	
Holothuroidea (1 sp.)								
Holothuroidea	2	7,9	4	58,3	6	1,52	66,2	0,01
Ophiuroidea (3 Spp)								
Ophiuroidea 1	2	5,0	15	18,6	17	4,31	23,6	
<i>Amphilepis</i> sp.	1	0,2			1	0,25	0,2	
<i>Ophiocten</i> sp.			3	28,6	3	0,76	28,6	

2. Chordata (14 Spp)	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Teleostei (11 spp.)								
<i>Notothenia gibberifrons</i>	2	1748,0	47	17468,1	49	12,4	19216,1	2,48
<i>Chionodraco rastrospinosus</i>	1	346,6	33	15385,3	34	8,6	15731,9	2,03
<i>Chaenocephalus aceratus</i>	2	1761,0	18	7863,6	20	5,1	9624,6	1,24
<i>Pagetopsis macropterus</i>			1	199,3	1	0,3	199,3	0,03
<i>Parachenichthys charcoti</i>			3	326,2	3	0,8	326,2	0,04
<i>Notothenia rossi</i>			1	1044,0	1	0,3	1044,0	0,13
<i>Notothenia coriiceps</i>			1	1450,0	1	0,3	1450,0	0,19
<i>Patagonotothen brevicauda guntheri</i>			4	180,3	4	1,0	180,3	0,02
<i>Patagonotothen brevicauda brevicauda</i>			2	240,4	2	0,5	240,4	0,03
<i>Patagonotothen</i> sp. 1			7	576,4	7	1,8	576,4	0,07
<i>Patagonotothen</i> sp. 2			9	460,1	9	2,3	460,1	0,06
Tunicata (3 spp.)								
<i>Synoicum adareanum</i>	5	286,5	2	57,4	7	1,8	343,9	0,04
<i>Styela rotunda</i>	10	497,3	12	396,4	22	5,6	893,7	0,12
<i>Cnemidocarpa verrucosa</i>			4	266,4	4	1,0	266,4	0,03

3. Annelida (8 spp.)	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Polychaeta (8 spp.)								
Syllidae	2	0,1			2	0,5	0,1	
Phyllodocidae	6	0,2			6	1,5	0,2	
Nereidae	1	0,1			1	0,3	0,1	
Glyceridae	1	0,1			1	0,3	0,1	
Terebellidae	2	0,2			2	0,5	0,2	
Polynoidae	3	0,3			3	0,8	0,3	
Afroditidae			1	15,0	1	0,3	15,0	
<i>Laetmonice producto</i>			2	18,0	2	0,5	18,0	
4. Porifera (7 spp.)								
	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Esponja 1		7500,0		311826,3	0	0,0	319326,3	41,21
Esponja 2		8000,0		152448,4	0	0,0	160448,4	20,70
Esponja 3	2	127,5		103942,1	2	0,5	104069,6	13,43
Esponja 4	5	286,5		55435,8	5	1,3	55722,3	7,19
Esponja 5	12	1384,0		27717,9	12	3,0	29101,9	3,76
Esponja 6	36	530,0		20788,4	36	9,1	21318,4	2,75
Esponja 7	3	166,6		20788,4	3	0,8	20955,0	2,70
5. Mollusca (6 spp.)								
	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Polyplacophora (1 sp.)								
Polyplacophora 1	1	0,2			1	0,3	0,2	
Pelecypoda (1 sp.)								
Pelecypoda 1	1	0,5			1	0,3	0,5	
Nudibranchia (2 spp.)								
Nudibranchia 1			1	96,8	1	0,3	96,8	0,01
<i>Doris</i> sp.	1	12,6	5	87,6	6	1,5	100,2	0,01
Cephalopoda (2 spp.)								
<i>Paraledone</i> sp.			2	113,3	2	0,5	113,3	0,01
<i>Eledone</i> sp.			2	823,0	2	0,5	823,0	0,11
6. Cnidaria (4 spp.)								
	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Gorgonidos			3	22,9	3	0,8	22,9	0,00
Hormathiidae	1	5,9			1	0,3	5,9	0,00
Endogaria sp.			1	17,9	1	0,3	17,9	0,00
Anemona 1			2	87,5	2	0,5	87,5	0,01
7. Crustacea (3 spp.)								
	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Isopoda (1 spp.)								
<i>Natatonla</i> sp.			7	6,7	7	1,8	6,7	
Amphipoda (2 spp.)								
<i>Orchomene</i> sp.	1	0,3			1	0,3	0,3	
<i>Eusirus antarcticus</i>	1	0,1			1	0,3	0,1	
8. Bryozoa (1 sp.)								
	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Bryozoario 1	1	129,0			1	0,3	129,0	0,02
9. Nemertea (1 sp.)								
	CALA 1		CALA 2		Total N°	% N°	Total Peso (g)	% Peso
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
Nemertino 1			1	6,0	1	0,3	6,0	

## ANEXO V

## Composición por especies y abundancia de los grupos taxonómicos registrados del fitoplancton

Tabla 1.- Análisis cuantitativo de fitoplancton (cel.L<sup>-1</sup>)  
ANTAR XXII

ESTACION	TEMPERATURA (° C)	SALINIDAD	PROF. (m)	Diat. Cent.	Diat. Pennata	Dinoflagelados	Fitoflagelados	Fito total
1	1,1074	34,321	0	2840	5900	160	23440	23600
	1,0827	34,571	10	2820	46240	380	602000	651440
	0,4531	34,417	30	260	71280	40	113500	185080
	0,1176	34,434	50	80	162	0	35500	35742
2	0,8064	34,198	0	180	81900	40	410000	492120
	0,7955	34,258	10	1320	46300	86240	902000	1035860
	0,6476	34,287	30	0	60	3040	130000	133100
	0,0757	34,652	75	480	38240	160	258000	260120
3	1,3872	34,551	0	0	500	0	112000	112500
	1,371	34,517	10	1200	440	5160	563000	569800
	1,1768	34,551	30	80	260	0	198500	198840
	0,2922	34,635	50	100	240	80	1365000	1365420
4	-0,3517	34,756	75	0	0	20	13000	13780
	0,3949	34,516	0	80	440	20	422000	422540
	0,1419	34,594	30	200	480	0	45000	45680
	-0,0925	34,645	75	60	880	0	23000	23940
9	1,3719	34,035	0	420	74000	3660	1402000	1480080
	0,9172	34,039	30	60	13020	58020	432000	503100
	0,1381	34,0792	50	0	3840	0	72500	76340
	0,1786	34,2024	75	100	160	0	22000	22260
11	1,5664	34,471	0	80	440	160	2178000	2178680
	1,5693	34,421	10	160	15080	280	3396000	3411520
	0,4564	34,41	30	20	3620	620	1314000	1318260
	-0,5345	34,3842	50	60	2280	200	29000	31540
12	-0,7759	34,524	75	100	180	0	12200	12280
	0,5556	34,745	0	140	38580	0	22520	61260
	0,5562	34,648	10	140	8240	800	994000	1003180
	0,1168	34,691	30	240	1504	0	36500	38264
17	-0,7388	34,4619	50	40	180	20	146500	146740
	-0,751	34,4668	75	20	520	60	108000	108600
	0,7948	33,67	0	640	3400	160	1250000	1254200
	0,4936	34,166	10	40	36560	180	637000	673780
18	0,5863	34,261	30	220	700	4040	22000	26960
	0,5564	34,305	50	140	0	200	3000	3340
	0,4841	34,295	75	40	300	500	242000	286620
	1,6791	34,994	0	160	160	0	1684000	1684320
19	1,68	34,324	10	100	6740	0	3476000	3482840
	1,6752	34,213	30	260	2840	0	151500	154600
	0,1458	34,247	50	1020	1140	0	374000	376160
	-0,5527	34,55	75	160	700	0	10000	10860
20	1,1349	33,813	0	40	2946	0	56000	58986
	1,1334	34,114	10	1060	5200	48120	949000	1003420
	-0,2498	34,321	50	60	1500	0	28000	29560
	-0,9843	34,499	75	60	100	0	14500	14660
27	0,3228	33,948	0	140	2460	0	413000	415600
	0,326	33,89	10	8800	3580	360	2880000	2892740
	-1,0733	34,37	30	60	3120	0	88500	91720
	1,1073	33,934	0	200	0	0	196000	196200
28	0,8303	34,054	10	40	582200	1820	1761000	2345060
	0,6991	34,093	50	40	106	0	15000	15146
	0,3998	34,274	75	120	900	0	11000	12020
	1,8384	34,234	0	1240	60080	200	939000	1000600
29	1,7227	34,329	10	40	220	0	1025000	1025260
	-0,4567	34,234	50	20	180	40	77000	77240
	-0,3122	34,329	75	0	200	0	5500	5700
	-0,1091	33,954	0	120	7100	80	171080	178380
30	-0,0095	34,029	10	320	200	4500	1176000	1181020
	-1,4193	34,186	30	60	680	15120	128000	143860
	-1,3938	34,366	50	80	120	0	19500	19700
	-1,1717	34,179059	75	20	60	20	11000	11360
30	-1,133	34,098	0	420	1300	780	699960	702460
	-1,1426	34,013	10	320	760	360	527000	528440
	-1,0292	34,141	30	280	440	0	126000	126720
	-1,3451	34,335	50	80	140	0	26500	26720
	-1,4251	34,544	75	0	0	120	81000	81360

continúa.....

46	1,3338	34,035	0	960	9140	320	242500	252940
	1,281	33,96	10	14440	16640	11280	42000	84360
	0,6152	34,02	30	120	3660	20	52500	56300
47	1,1179	34,363	75	200	167000	2060	165000	334260
	1,2864	34,24	0	380	14460	120	108780	123740
	1,2575	34,212	10	140	3600	80	33200	37040
	1,1159	34,169	30	1320	67120	24080	165000	257520
	-0,1121	34,318	50	100	960	20	48000	49080
48	-0,8157	34,3	75	160	32040	20	47000	79220
	1,197	34,19	0	640	43720	360	78500	123460
	1,1933	34,198	10	135580	180	1120	490000	626880
	0,1408	34,201	50	20	1140	20	131500	132680
	0,1393	34,346	75	160	840	0	9500	10500
49	0,8114	34,219	0	320	129480	1120	7680	138640
	0,829	34,217	10	920	324400	320	109000	434640
	0,7688	34,158	30	1200	8040	160	62500	71900
	0,5347	34,104	50	0	2100	2020	45000	49120
50	1,2529	34,441	0	720	14620	160	92160	107660
	1,2459	34,443	10	38920	340200	640	224000	603760
	0,2073	34,387	30	20	9840	0	38000	47860
51	1,4425	34,268	0	780	2500	240	59000	62520
	1,446	34,286	10	480	4970	100	79500	85050
	1,3251	34,38	30	80	640	0	31500	32220
	0,4172	34,399	50	380	340	60	11000	11780
	-0,1491	34,478	75	0	0	20	15000	15400
60	1,6515	33,7719	0	1960	48120	240	55000	105320
	1,6528	34,128	10	600	20680	340	32000	53660
	1,5411	33,757	30	1860	1060	40	9800	12780
	-0,3608	33,8326	50	560	802	1700	13500	16602
	-0,3599	34,0488	75	1180	2100	80	9500	12860
61	1,4269	33,7588	0	1100	820	40	14500	16560
	1,4148	33,7588	10	1560	49040	260	29000	79900
	-0,8911	33,9899	50	820	680	40	39500	41040
	0,0652	34,2145	75	0	0	140	100000	101800
	1,2448	33,901	0	140	7580	160	58500	66380
63	0,3759	33,962	10	880	600	75080	515000	591560
	0,1299	34,091	30	260	1240	0	0	1500
	1,1036	34,091	0	60	48480	160	126000	174700
64	1,0547	34,068	10	20000	4900	11640	156000	192540
	0,9241	34,132	30	1120	99030	60	41500	141710
	0,8202	34,206	50	200	1020	0	66000	67220
	0,5336	34,17	75	0	0	960	97000	101240
70	1,4	33,757	0	580	2580	160	14500	17860
	0,9	33,761	10	1000	540	140	148000	149740
	1,5411	33,757	30	120	300	60	54000	54480
	-0,3624	33,789	50	580	1560	20	11500	13700
	-0,4632	33,893	75	480	200	20	10500	11240
71	1,6	33,379	0	1520	4480	160	60000	66160
	0,9	33,731	10	180	3460	140	9000	12780
	0,9	33,722	30	38500	4040	180	29000	71720
	-0,111	33,731	50	700	11720	200	14000	26660
	-0,1051	33,836	75	0	0	260	11740	12100
72	0,8	33,698	0	1880	6720	140	64000	72840
	0,9	33,646	10	2580	7960	60	39500	50360
	0,26	33,648	30	1440	960	200	55000	57600
	0,525	33,871	75	420	1480	80	9500	10380
	0,611	33,773	0	2840	5960	500	23440	32740
73	0,9	33,8957	10	800	1160	960	118000	121060
	1,075	33,648	30	1380	5400	0	125500	132380
	0,9875	33,77185	50	1220	860	0	13000	15080
	-0,8882	34,4312	75	38460	780	80	87000	126320
	0,152	33,713	0	2960	36080	100	59880	99020
74	0,9	33,726	10	600	18060	1560	276000	296280
	0,154	33,778	30	400	740	40	11500	12680
	0,152	33,919	50	240	2100	580	29000	31940
	0,212	34,083	75	31520	440	200	18000	20000
75	0,7	34,133	0	2888	728	80	244000	247696
	0,9	34,081	10	900	8200	160	118000	127260
	-0,634	34,099	30	260	35000	12200	64000	111460
	0,23	34,109	50	40	2940	3020	2000	8000
	-0,634	34,141	75	0	0	0	79000	80140

Tabla 2.- Composición, porcentaje de abundancia relativa y categoría

(Dominante=D, Constante=C, Ocasional=O y Rara=R) del fitoplancton en el Estrecho de Bransfield e Isla Elefante. ANTAR XXII, 2014

CLAVE	Listado de especies	% Abundancia	Categoría
DC1	<i>Actinocyclus actinochilus</i>	0,169204738	R
DC2	<i>Actinocyclus cholnokyi</i>	0,253807107	R
DC3	<i>Actinocyclus</i> sp.	0,169204738	R
DC4	<i>Asteromphalus hookeri</i>	0,084602369	R
DC5	<i>Azpeitia tabularis</i>	0,338409475	R
DC6	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0,253807107	R
DC7	<i>Chaetoceros atlanticus</i>	1,269035533	O
DC8	<i>Chaetoceros compressus</i>	1,099830795	R
DC9	<i>Chaetoceros criophylum</i>	1,269035533	O
DC10	<i>Chaetoceros dicaeta</i>	1,52284264	O
DC11	<i>Chaetoceros neogracile</i>	1,353637902	O
DC12	<i>Chaetoceros neglectum</i>	1,184433164	R
DC13	<i>Chaetoceros socialis</i>	1,099830795	R
DC15	<i>Corethron criophilum</i>	2,115059222	O
DC16	<i>Coscinodiscus bouvet</i>	1,184433164	R
DC17	<i>Coscinodiscus perforatus</i>	1,099830795	R
DC18	<i>Dactyliosolen antarctica</i>	1,184433164	R
DC19	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1,099830795	R
DC20	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,423011844	R
DC21	<i>Proboscia alata</i>	1,184433164	R
DC22	<i>Proboscia alata gracillima</i>	1,099830795	R
DC23	<i>Rhizosolenia cylindrus</i>	0,423011844	R
DC24	<i>Rhizosolenia styliiformis</i>	1,184433164	R
DC25	<i>Rhizosolenia truncata</i>	1,438240271	O
DC26	<i>Skeletonema costatum</i>	1,184433164	R
DC27	<i>Thalassiosira angulata</i>	1,099830795	R
DC28	<i>Thalassiosira antarctica</i>	1,692047377	O
DC29	<i>Thalassiosira bulbosa</i>	1,099830795	C
DC30	<i>Thalassiosira pacifica</i>	1,099830795	R
DC31	<i>Thalassiosira subtilis</i>	1,015228426	R
DC32	<i>Thalassiosira</i> sp.	2,030456853	D
DP1	<i>Bacillaria paradoxa</i>	1,184433164	R
DP2	<i>Chuniella naviculoides</i>	1,52284264	D
DP3	<i>Cylindroteca closterium</i>	1,692047377	D
DP4	<i>Fragillaria antarctica</i>	1,52284264	D
DP5	<i>Fragillaria islandica</i>	1,184433164	C
DP6	<i>Fragillaria</i> sp.	1,692047377	D
DP14	<i>Fragillariopsis doliolum</i>	1,099830795	R

Tabla 3a.- Índices de diversidad y dominancia de especies en el Estrecho de Bransfield, ANTAR XXII, 2014

Estacion	Profundidad	N° spp.	ce.LL <sup>-1</sup>	H' (log2)	1-Lambda'
1	0	23	32640	2.136	0.6392
	10	19	651440	1.197	0.4664
	30	21	185080	1.653	0.6658
	50	9	35742	1.045	0.4902
2	0	12	492120	1.536	0.6089
	10	18	1035860	1.552	0.6046
	30	7	133100	1.114	0.5034
	75	9	296880	1.278	0.5041
3	0	7	112500	1.027	0.4916
	10	11	569800	0.7422	0.2882
	30	9	198840	1.019	0.5003
	50	9	1365420	0.9183	0.4418
4	75	4	13780	0.34	0.1073
	0	12	422540	0.9755	0.4733
	10	7	45680	0.1478	0.0295
	30	8	154420	0.996	0.4644
9	75	7	23940	1.237	0.5238
	0	13	1480080	1.199	0.5067
	10	7	40420	0.6466	0.2006
	30	8	503100	1.515	0.5992
11	50	5	76340	1.207	0.5174
	75	4	12280	0.1918	0.0449
	0	10	2178680	0.9663	0.474
	10	9	3411520	0.0432	9.060
12	30	9	1318260	0.6049	0.2392
	50	11	31540	1.092	0.3531
	0	13	61260	1.072	0.4903
	10	11	1003180	1.072	0.508
17	30	14	38264	0.3872	0.0895
	50	6	146740	0.8876	0.4138
	75	5	108580	0.9645	0.4503
	0	9	1254200	0.8721	0.3949
18	10	8	673780	1.259	0.5489
	30	11	26960	1.444	0.5097
	50	8	3340	0.726	0.191
	75	9	286620	1.358	0.5463
19	0	9	1684340	0.9785	0.4833
	10	7	3482840	1.001	0.489
	30	10	154600	1.134	0.5039
	50	12	376160	0.9254	0.4153
20	75	6	10860	1.055	0.3648
	0	7	58986	0.3301	0.0967
	10	17	1003420	0.6368	0.1975
	30	3	29560	0.3105	0.1002
27	75	5	14660	0.1076	0.0217
	0	9	415600	0.9454	0.4312
	10	13	2892740	0.8548	0.3805
	30	13	91720	0.9764	0.37
28	0	6	196200	0.4556	0.1685
	10	11	2345060	0.8412	0.3777
	30	7	109420	1.17	0.51
	50	8	15146	1.041	0.4747
29	75	7	12020	1.378	0.5229
	0	8	1000600	1.275	0.5492
	10	6	1025260	0.6739	0.2899
	50	7	77240	0.7708	0.3334
30	75	4	5700	0.2714	0.0685
	0	15	178380	1.252	0.5222
	10	14	1181020	1.039	0.5026
	30	12	143860	1.403	0.5743
30	50	6	19700	0.4878	0.1593
	75	7	11360	0.2695	0.0621
	0	9	702460	0.2645	0.0754
	10	12	528440	0.1921	0.0497
30	30	9	126720	1.051	0.5012
	50	9	26720	0.9671	0.431
	75	11	81360	0.3862	0.1236

Tabla 3b.- Índices de diversidad y dominancia de especies alrededor de la Isla Elefante. ANTAR XXII, 2014

Estacion	Profundidad	N° spp.	cel.L <sup>-1</sup>	H' (log2)	1-Lambda
46	0	18	252940	0.3181	0.0799
	10	17	84360	2.219	0.7186
	30	16	56300	0.5226	0.1292
	75	15	14960	0.7426	0.1838
47	0	15	123740	1.393	0.543
	10	21	37040	1.616	0.5882
	30	13	257520	1.703	0.6255
	50	7	49080	1.162	0.5197
	75	8	79220	1.582	0.6544
48	0	17	123460	1.859	0.6519
	10	14	626880	1.522	0.6171
	30	8	45860	0.1842	0.0371
	50	9	132680	1.001	0.4551
49	0	11	138640	0.5501	0.1575
	10	8	434640	0.9868	0.3946
	30	13	71900	1.364	0.4167
	50	7	49120	1.358	0.5105
50	0	19	108160	1.36	0.4295
	10	14	603760	1.592	0.5953
	30	10	47860	1.097	0.3548
51	0	21	62520	1.369	0.532
	10	21	85050	1.077	0.3488
	30	7	32220	1.017	0.4207
	50	9	11780	1.349	0.53
	75	9	15380	0.781	0.2685
60	0	17	106320	1.823	0.6383
	10	19	56660	2.128	0.637
	30	18	12780	1.461	0.3999
	75	24	12860	1.781	0.447
61	0	18	16560	0.9775	0.2316
	10	24	79900	2.002	0.661
	30	19	65380	1.162	0.3549
	75	21	101780	0.2684	0.0538
63	0	18	66480	1.523	0.5901
	10	18	591560	1.435	0.5937
	30	15	55000	0.2589	0.0536
64	0	19	174700	1.671	0.6185
	10	20	192540	1.924	0.6568
	30	20	141710	0.4729	0.456
	75	16	113000	1.623	0.5993
70	0	20	21340	1.696	0.5064
	10	19	149740	1.02	0.4465
	30	11	54480	0.3363	0.4356
	75	16	11240	0.5926	0.127
71	0	17	66160	0.7571	0.1764
	10	13	12780	1.916	0.6688
	30	22	71720	1.795	0.6278
	50	22	36100	1.665	0.5078
72	0	24	72840	1.115	0.3317
	10	26	50360	1.728	0.5136
	30	13	57600	0.4124	0.088
	75	16	11460	1.091	0.3033
73	0	25	32740	2.163	0.6413
	10	17	121060	1.194	0.5018
	30	24	132380	1.378	0.5497
	75	18	126320	1.084	0.4442
74	0	15	99000	1.34	0.5348
	10	16	296280	1.31	0.5245
	30	16	12680	0.7473	0.1762
	75	18	50220	1.285	0.5039
75	0	14	247696	0.9672	0.4161
	10	13	127260	1.283	0.468
	30	10	111460	1.888	0.7018
	75	8	80140	1.085	0.4915

## ANEXO VI

Composición por especies y abundancia de los grupos taxonómicos presentes en el zooplancton, obtenido por redes Bongo e Isaacs-Kidd Midwater Trawl (IKMT)

## Copepoda

Nº	Orden/Familia	Especie	Estadio	Red Bongo					Red IKMT				
				Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)	Abund. Min	Abund. Max	Abund. Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)
1	Calanoida	<i>Aetideus</i> sp.	adulto	3	328	379	7	13,46					
2	Aetideidae	No determinado	adulto						1	5	11	4	10,81
3		<i>Calanoides acutus</i>	adulto	11	870	7512	50	96,15	2	976	4253	34	91,89
4		<i>Calanus propinquus</i>	adulto	4	257	921	28	53,85	0,3	295	807	29	78,38
5		<i>Calanus</i> spp.	adulto						8	536	704	6	16,22
6		<i>Candacia</i> spp.	adulto						1	29	30	2	5,41
7		<i>Ctenocalanus</i> sp.	adulto	4	100	380	15	28,85					
8		<i>Euchaeta</i> sp.	adulto	2	2	2	1	1,92					
9		<i>Euchirella</i> sp.	adulto	2	15	37	5	9,62	0,3	2	4	4	10,81
10		<i>Euchirella</i> sp.	Copepodito	4	4	4	1	1,92					
11	Calanoida	<i>Haloptilus</i> sp.	adulto	2	14	94	16	30,77	1	1	1	1	2,70
12		<i>Heterorhabdus</i> sp.	adulto	2	51	217	11	21,15	0,3	3	6	4	10,81
13		<i>Metridia gerlachei</i>	adulto	7	6130	22854	45	86,54	1	4310	9162	22	59,46
14		<i>Paraeuchaeta antarctica</i>							0,4	29	55	5	13,51
15		<i>Paraeuchaeta</i> sp.	adulto	7	591	5796	42	80,77	0,4	624	1522	23	62,16
16		<i>Paraeuchaeta</i> sp.	Copepodito	36	474	1764	10	19,23					
17		<i>Pleuromamma robusta</i>	adulto						5	5	5	1	2,70
18		<i>Pleuromamma</i> sp.	adulto	3	302	437	8	15,38	0,3	3	6	3	8,11
19		<i>Rhincalanus gigas</i>	adulto	2	564	2918	43	82,69	0,3	63	295	25	67,57
20	Calanidae	No determinado	adulto						1	116	347	13	35,14
21		No determinado	adulto	3	270	738	14	26,92	1	108	374	13	35,14
22	Calanoida	No determinado	Copepodito	10	45768	48359	36	69,23					
23	Scolecitrichidae	No determinado	adulto						8	8	8	1	2,70
24	Poecilostomatoida	<i>Oncaea confiera</i>	adulto	3	3	3	1	1,92					
25	Cyclopoida	<i>Oithona</i> sp.	adulto	3	5666	5689	5	9,62					
26	Harpacticoida	No determinado	adulto						3	3	3	1	2,70
27	No determinado	No determinado	adulto						16	159	175	2	5,41

## Amphipoda

Nº	Orden / Familia	Especie	Estadio	Red Bongo					Red IKMT				
				Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)	Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)
1	Gammaridea	No determinado	adulto	2	6	27	6	11,54	0,3	3	4	3	8,11
2		<i>Orchomene</i> spp.	adulto						5	5	5	1	2,70
3		<i>Cylopus magellanicus</i>	adulto	2	16	22	3	5,77	0,3	5	17	8	21,62
4		<i>Cyphocaris richardi</i>	adulto	2	2	2	1	1,92					
5		<i>Hyperia macrocephala</i>	adulto						0,3	0,3	0,3	1	2,70
6		<i>Hyperia</i> sp.	adulto	4	7	14	3	5,77	0,3	4	13	8	21,62
7		<i>Primno macropa</i>	adulto						0,4	9	49	14	37,84
8		<i>Primno</i> sp.	adulto	2	18	168	27	51,92					
9	Hyperiidia	<i>Scina</i> sp.	adulto	3	14	83	12	23,08	1	29	38	4	10,81
10		<i>Themisto gaudichaudi</i>	adulto	2	153	302	13	25,00	0,3	9	64	18	48,65
11		<i>Vibilia antarctica</i>	adulto						0,3	6	28	14	37,84
12		<i>Vibilia</i> sp.	adulto	2	15	46	9	17,31					
13		No determinado	adulto	4	13	46	7	13,46	0,3	2	3	3	8,11
14		No determinado	inmaduro	4	10	14	2	3,85					
15	No determinada	No determinado	adulto						3	3	3	1	2,70

**Euphausiacea**

Nº	Familia	Especie	Estadio	Red Bongo					Red IKMT				
				Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	(%)	Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	(%)
1		<i>Euphausia crystallorophias</i>	adulto	3	22	33	3	5,77	0,4	7	18	6	16,22
2		<i>Euphausia frigida</i>	adulto	9	359	431	6	11,54	0,3	259	354	11	29,73
3		<i>Euphausia frigida</i>	juvenil	3	41	109	7	13,46					
4		<i>Euphausia superba</i>	adulto	3	125	675	26	50,00	0,4	443	2578	33	89,19
5		<i>Euphausia superba</i>	juvenil	2	88	240	11	21,15					
6	Euphausiidae	<i>Euphausia triacantha</i>	adulto	4	13	52	6	11,54	1,0	24	40	4	10,81
7		<i>Euphausia triacantha</i>	juvenil	2	2	2	1	1,92					
8		<i>Thysanoessa macrura</i>	adulto	3	739	5319	41	78,85	0,3	12367	16532	32	86,49
9		No determinado	adulto						0,3	61	207	13	35,14
10		No determinado	huevo						12,0	12	12	1	2,70
11		No determinado	caliopsis	2	10897	20181	27	51,92					
12		No determinado	furcilia	2	46	270	20	38,46					

**Phylum Hydrozoa**

Nº	Clase	Orden/Familia	Especie	Estadio	Red Bongo					Red IKMT				
					Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	(%)	Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	(%)
1		No determinado	No determinado	adulto	2	10	21	5	9,62			1	2	5,00
2		Narcomedusae	<i>Pegantha martagon</i>	adulto						2,0	3	7	3	8,11
3	Hydrodromedusae	Aeginidae	<i>Solmundella bitentaculata</i>	adulto	4	4	4	1	1,92					
4		No determinado	No determinado	ephira	6	20	26	2	3,85					
5		Anthomedusae	No determinado	adulto	3	5	9	2	3,85					
6		No determinado	No determinado	adulto						0,3	3	3	2	5,41
7	Scyphomedusae	Cyaneidae	<i>Desmonema gaudichaudii</i>	adulto								0	1	2,70
8		Coronatae	<i>Periphylla periphylla</i>	adulto						24,0	24	24	1	2,70
9		Calycophorae	<i>Lensia</i> sp.	adulto	5	93	316	12	23,08					
10		Calycophorae	No determinado	adulto	4	74	375	14	26,92		56	94	9	24,32
11	Siphonophorae	Calycophorae	<i>Diphyes antarctica</i>	adulto	2	35	82	6	11,54	1,0	10	21	7	19,00

**Polychaeta**

Nº	Familia	Especie	Estadio	Red Bongo					Red IKMT				
				Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	(%)	Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	(%)
1	Alciopidae	No determinado	adulto	3	9	15	3	5,77					
2	Lopadorhynchidae	<i>Pelagobia longicirrata</i>	adulto	3	21	55	6	11,54	0,4	26	68	9	24,32
3	Spionidae	No determinado	larva	5	9	25	4	7,69					
4	Tomopteridae	<i>Tomopteris</i> sp.	adulto	2	24	181	22	42,31	0,2	36	87	20	54,05
5	No determinado	No determinado	adulto	2	51	80	8	15,38	0,4	15	33	8	21,62
6	No determinado	No determinado	larva	3	12	29	5	9,62					

**Gastropoda**

Nº	Orden / Familia	Especie	Estadio	Red Bongo					Red IKMT				
				Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)	Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)
1		<i>Clio pyramidata antarctica</i>	adulto						2	2	2	1	2,70
2	Thecosomata	<i>Clio pyramidata var. sulcata</i>	adulto	7	7	7	1	1,92	0,3	0,3	0,3	1	2,70
3		<i>Limacina helicina</i>	adulto	2	11	57	10	19,23	0,3	13	56	11	29,73
4		<i>Clione limacina</i>	adulto	2	18	93	14	26,92	0,3	53	105	22	59,46
5		<i>Spongiobranchaea australis</i>	adulto						0,2	5	18	19	51,35
6	Gymnosomata	<i>Spongiobranchaea</i> sp.	adulto	3	5	12	3	5,77					
7		No determinado	adulto	2	39	87	9	17,31					
8	No determinado	No determinado	larva	3	97	404	19	36,54	0,2	66	95	14	37,84

**Otros Grupos**

Nº	Clase	Orden/Familia	Especie	Estadio	Red Bongo					Red IKMT				
					Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)	Abund Min	Abund Max	Abund Total	Estaciones (+)	Estaciones (%)
1	Appendicularia	Oikopleuridae	<i>Oikopleura</i> sp.	adulto	2	33	137	13	25,00	6	12	18	2	5,41
2		No determinado	<i>No determinado</i>	adulto						952	952	952	1	2,70
3	Chaetognatha	Sagittidae	<i>Sagitta</i> sp.	adulto	7	2615	16218	48	92,31		265	567	25	67,57
4		No determinado	<i>No determinado</i>	nauplio	10	10	10	1	1,92					
5	Cirripedia	No determinado	<i>No determinado</i>	cipres	2	10	22	4	7,69		5	11	3	8,11
6		Cydippida	<i>Callinira antarctica</i>	adulto	3	3	3	1	1,92	0,3			1	2,70
7	Ctenophora	No determinado	<i>No determinado</i>	adulto	5	5	5	1	1,92	1	1	1	1	2,70
8		Decapoda	<i>No determinado</i>	postlarva	2	7	13	3	5,77					
9	Malacostraca	Decapoda	<i>No determinado</i>	zoea	3	6	15	3	5,77	3	5	10	3	8,11
10		Isopoda	<i>No determinado</i>	adulto	2	10	15	3	5,77	1	3	8	4	10,81
11	Ostracoda	Halocyprididae	<i>No determinado</i>	adulto	4	594	4473	40	76,92	1	796	1346	17	45,95
12	Radiolaria	No determinado	<i>No determinado</i>	adulto						1	3	6	4	10,81
13		Salpinae	<i>Salpa thompsoni</i>	agregada	3	766	3210	25	48,08	2	159	1242	26	70,27
14	Thaliacea	Salpinae	<i>Salpa thompsoni</i>	solitario	4	769	1690	10	19,23					

## NOTA CIENTÍFICA

### CALIBRACIONES DEL SISTEMA ACÚSTICO CIENTÍFICO

Oswaldo Flores

Adolfo Gonzales

#### CALIBRACIÓN DEL ECOSONDA CIENTÍFICO EK60 SIMRAD

Previo al inicio de los trabajos de investigación, el 31 de enero del 2013, en un lugar protegido de la bahía Almirantazgo (BA), se efectuó la calibración acústica del ecosonda científico EK60 SIMRAD para los transductores de las frecuencias de 38 y 120 kHz. En la Tabla 1 se presentan los parámetros oceanográficos del ambiente antártico aplicados en la calibración.

Se utilizaron 3 varas metálicas (2 en la banda de babor y 1 en estribor) para ubicar las esferas de calibración a 15 m debajo de los transductores de las frecuencias de 120 y 38 kHz; la esfera de 23,0 mm de diámetro (TS:-40,4 dB) para la frecuencia de 120 kHz se localizó 2 m por encima de la esfera 60 mm de diámetro (TS:-33,6 dB) para la frecuencia de 38 kHz, tal como se muestra en la figura 1.

El rango de colección de datos para la esfera de 23,0 mm (120 kHz) fue de 13,5 a 15,5 m, se registraron 266 valores de TS distribuidos en los cuatro sectores del transductor splitbeam ES120-7C (Fig. 2).

El rango de colección de datos para la esfera de 60,0 mm (38 kHz) fue de 15,0 a 16,0 m, se registraron 204 valores de TS distribuidos en los cuatro sectores del transductor splitbeam ES38B (Fig. 3).

De los modelos de haz y polinomial se obtuvieron valores de error RMS de 0,14 – 0,12 para la frecuencia de 38 kHz y RMS de 0,2 – 0,13 para la frecuencia de 120 kHz, teniendo en cuenta los límites de RMS 0,2 – 0,4 sugeridos por Simrad (2012) como aceptables, los valores derivados de la calibración fueron óptimos. Los parámetros de configuración obtenidos durante la calibración para las frecuencias de 38 y 120 kHz se presentan en la Tabla 2.

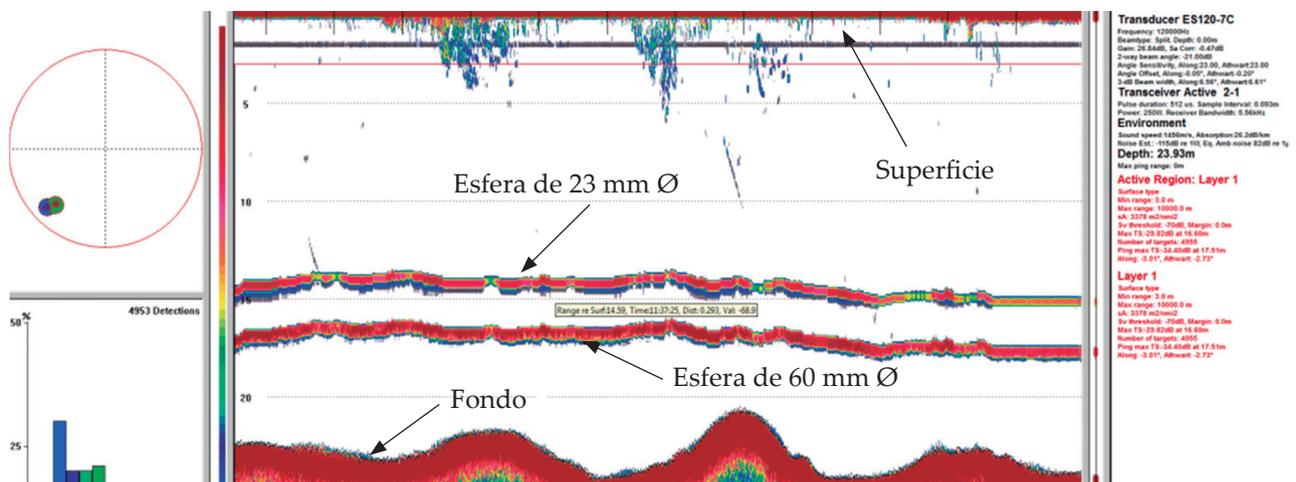


Figura 1.- Ecograma de la frecuencia de 120 kHz colectado durante la calibración

Tabla 1.- Parámetros del ambiente antártico aplicados en la calibración del ecosonda EK 60 SIMRAD

Parámetros oceanográficos	Frecuencia (KHz)	
	38	120
Profundidad (m)	24,5	24,5
Temperatura (°C)	0,868	0,868
Salinidad (Ups)	34,1122	34,1122
Coeficiente de absorción (dB/km)	10,1	26,2
Velocidad del sonido (m/s)	1455,8	1455,8

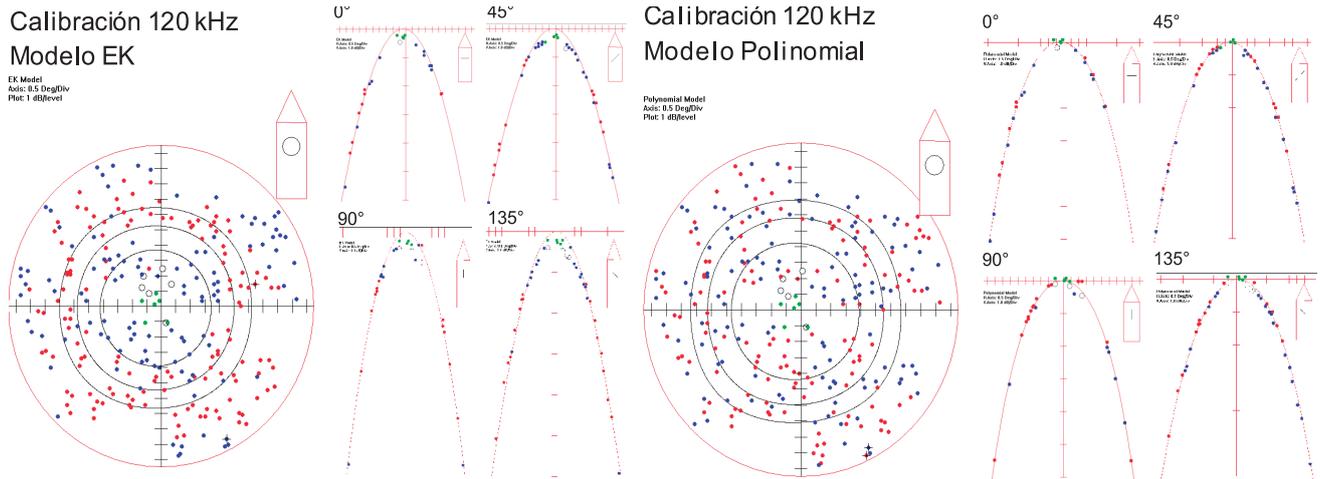


Figura 2.- Valores de Fuerza de blanco (TS) de la esfera de 23,0 mm colectados para la calibración del transductor de 120 kHz, presentados en las vistas de los ángulos de 0°, 45°, 90° y 135° para los modelos de haz (EK) y polinomial

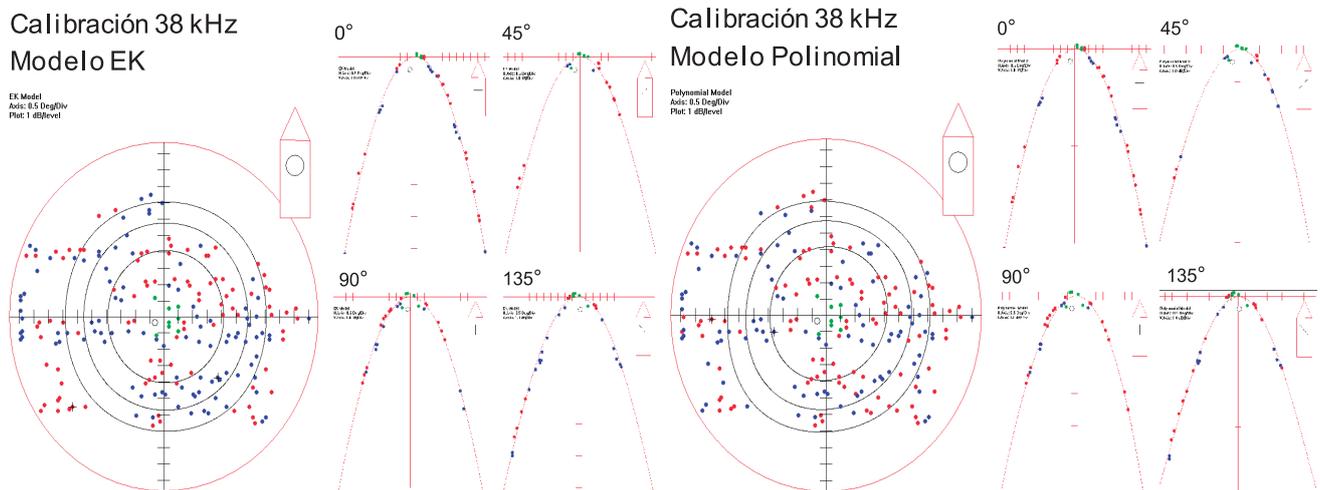


Figura 3.- Valores de Fuerza de blanco (TS) de la esfera de 66,0 mm colectados para la calibración del transductor de 38 kHz, presentados en las vistas de los ángulos de 0°, 45°, 90° y 135° para los modelos de haz (EK) y polinomial

Tabla 2.- Resultados de la calibración Ecosonda EK 60 SIMRAD

Parámetros de calibración	Frecuencia (KHz)	
	38	120
Ganancia del transductor (dB)	25,41	26,84
Sa Corregido (dB)	-0,88	-0,47
RMS (dB) Modelo de Haz	0,14	0,2
RMS (dB) Modelo Polinomial	0,12	0,13

# 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	2016	XXXI	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)
						2016	43	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	2016 Vol. 15 Enero-diciembre 2015
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)