

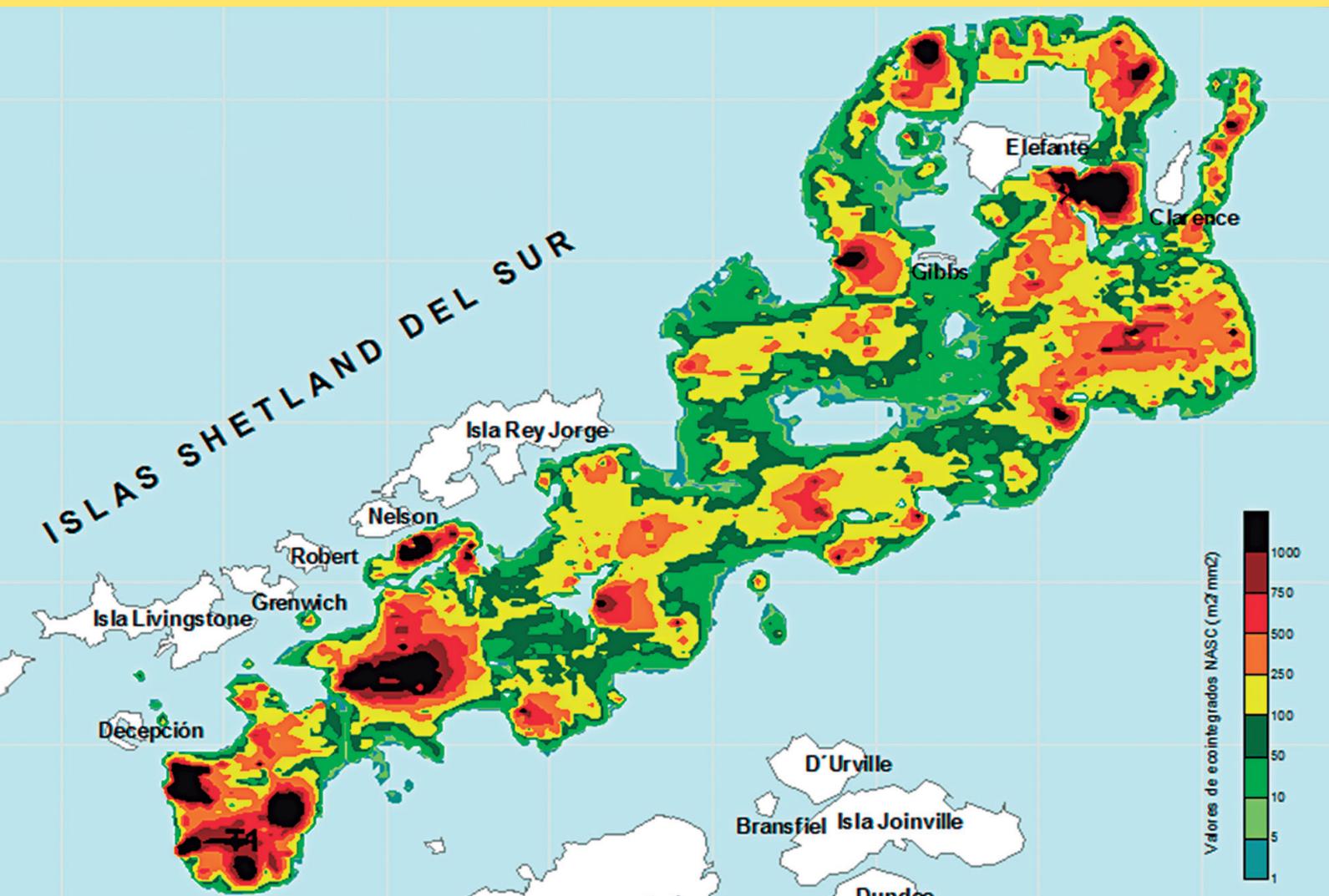


BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 31, Número 1



Enero - Junio 2016
Callao, Perú

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

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

Gladys Cárdenas¹José Pellón¹Milagros Franco¹Pepe Espinoza²

RESUMEN

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

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

ABSTRACT

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

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

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

2 Laboratorio de Ecología Trófica-IMARPE

1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

2. MATERIAL Y MÉTODOS

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

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

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

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

X = Longitud total en milímetros

Y = Peso en gramos

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

Tipo I : No alimentado

Tipo II : Ligeramente alimentado

Tipo III : Moderadamente alimentado

Tipo IV : Intensamente alimentado

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

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

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

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

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

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

3. RESULTADOS

COMPOSICIÓN POR ESPECIES

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

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

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



Figura 1.- Krill: aislamiento de sacos gástricos

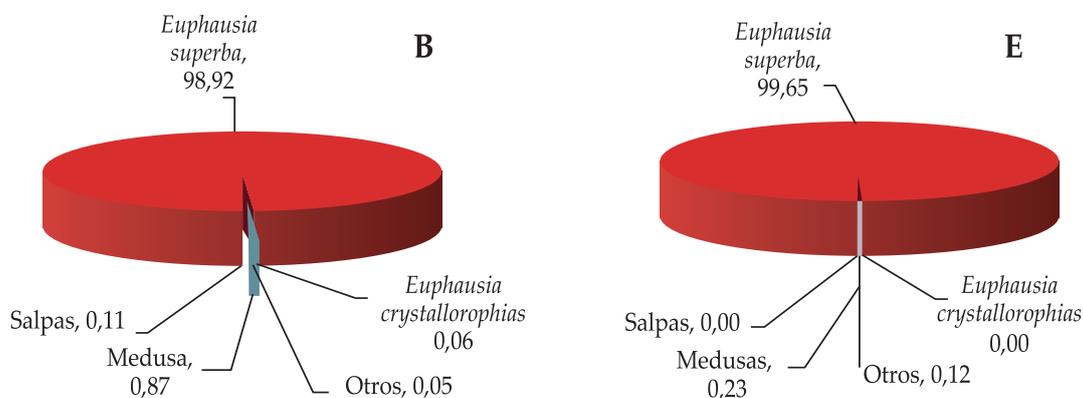


Figura 2.- Composición por especies de las capturas registradas en el Estrecho de Bransfield(B) e isla Elefante(E). Perú ANTAR XVI: Cr. BIC Humboldt 0601

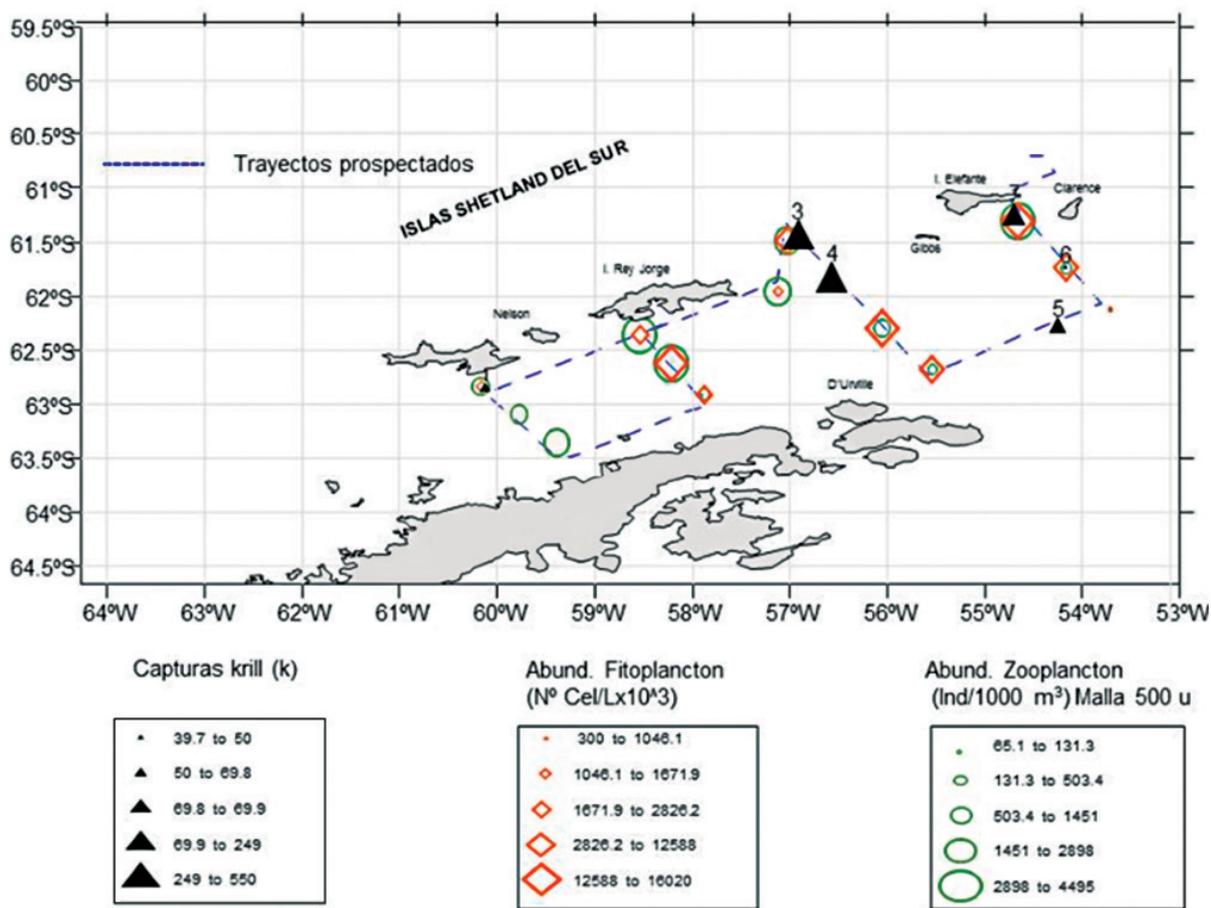


Figura 3.- Distribución de las capturas de krill antártico (kg), abundancias de fitoplancton (cel/Lx10³) y zooplancton (Ind./1000m³, malla 500 μm) en la zona del recorrido. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

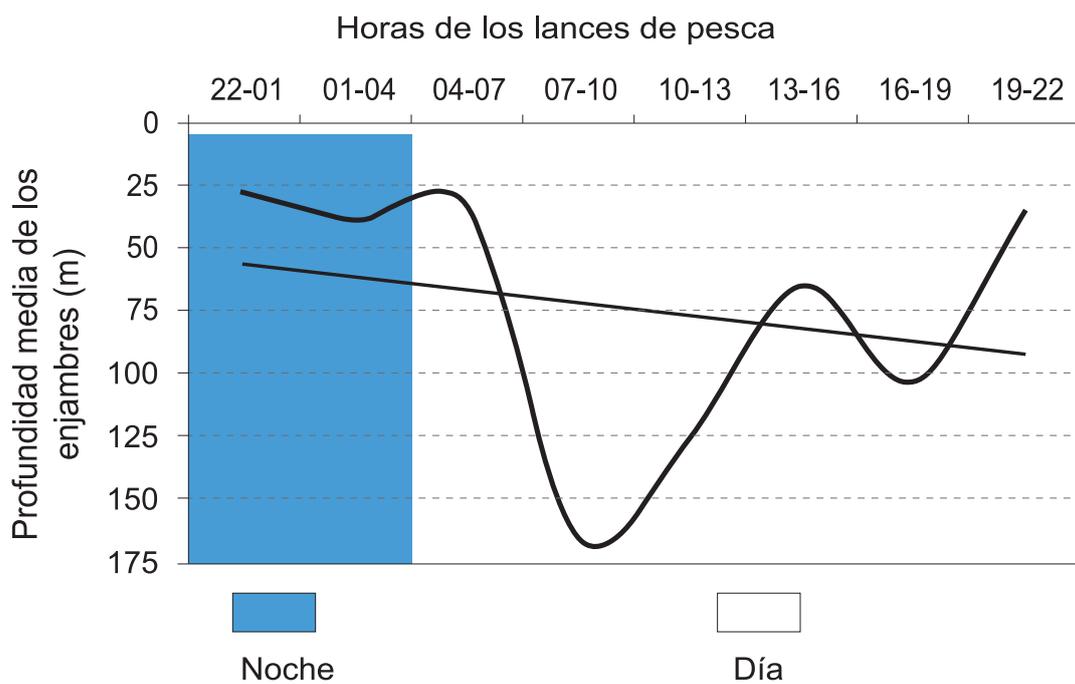


Figura 4.- Distribución vertical del krill antártico, según horas del día, en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

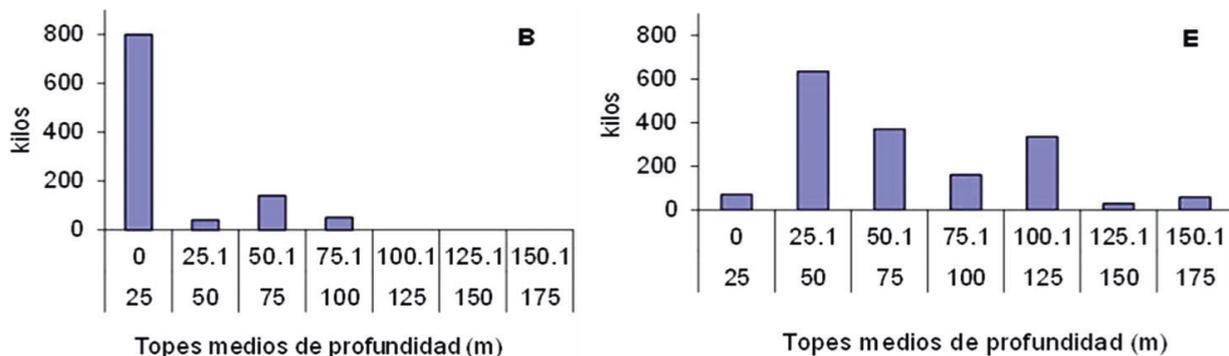


Figura 5.- Capturas de krill antártico, según topes de profundidad, en el estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante (E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

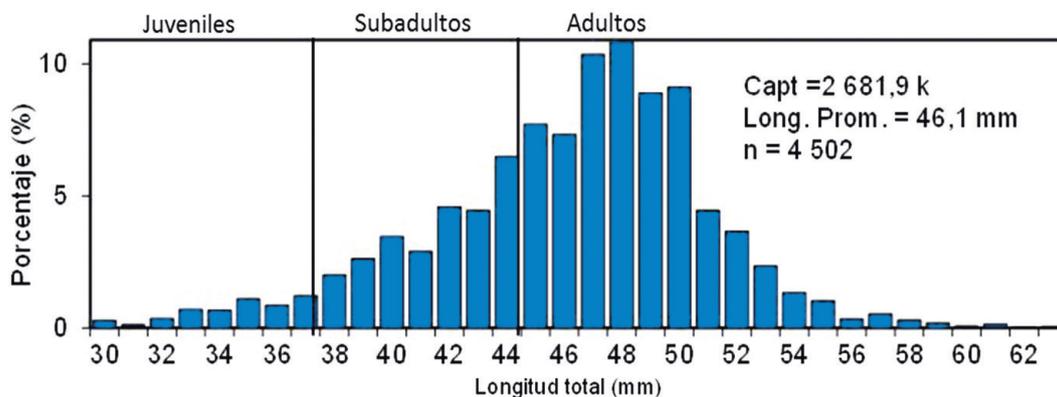


Figura 6.- Estructura por tallas del krill antártico, en la zona de estudio. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

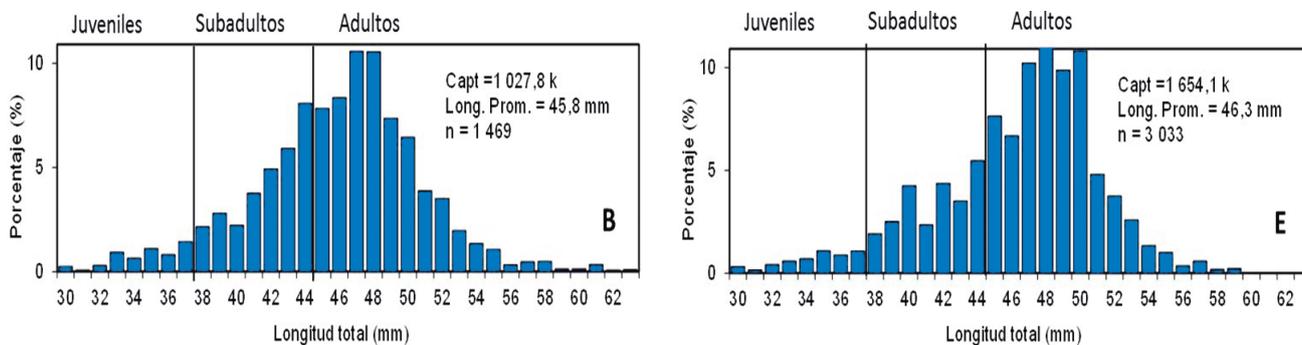


Figura 7.- Estructura por tallas del krill antártico, estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante (E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

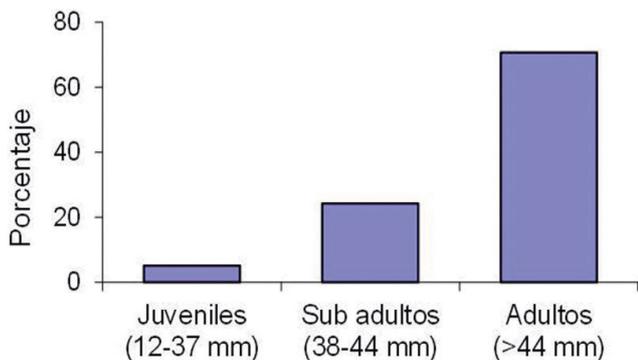


Figura 8.- Estructura por tallas de las capturas de krill antártico, según grupos de individuos en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

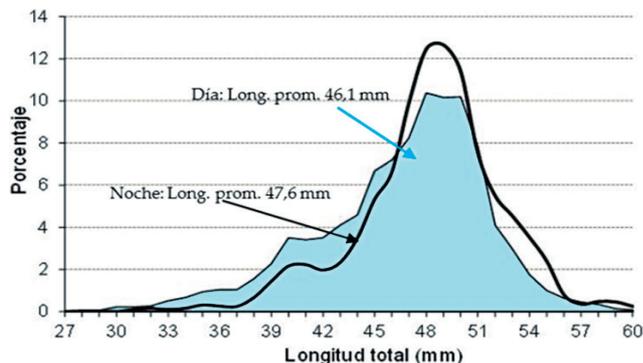


Figura 9.- Estructura por tallas del krill antártico, según horas de captura, en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

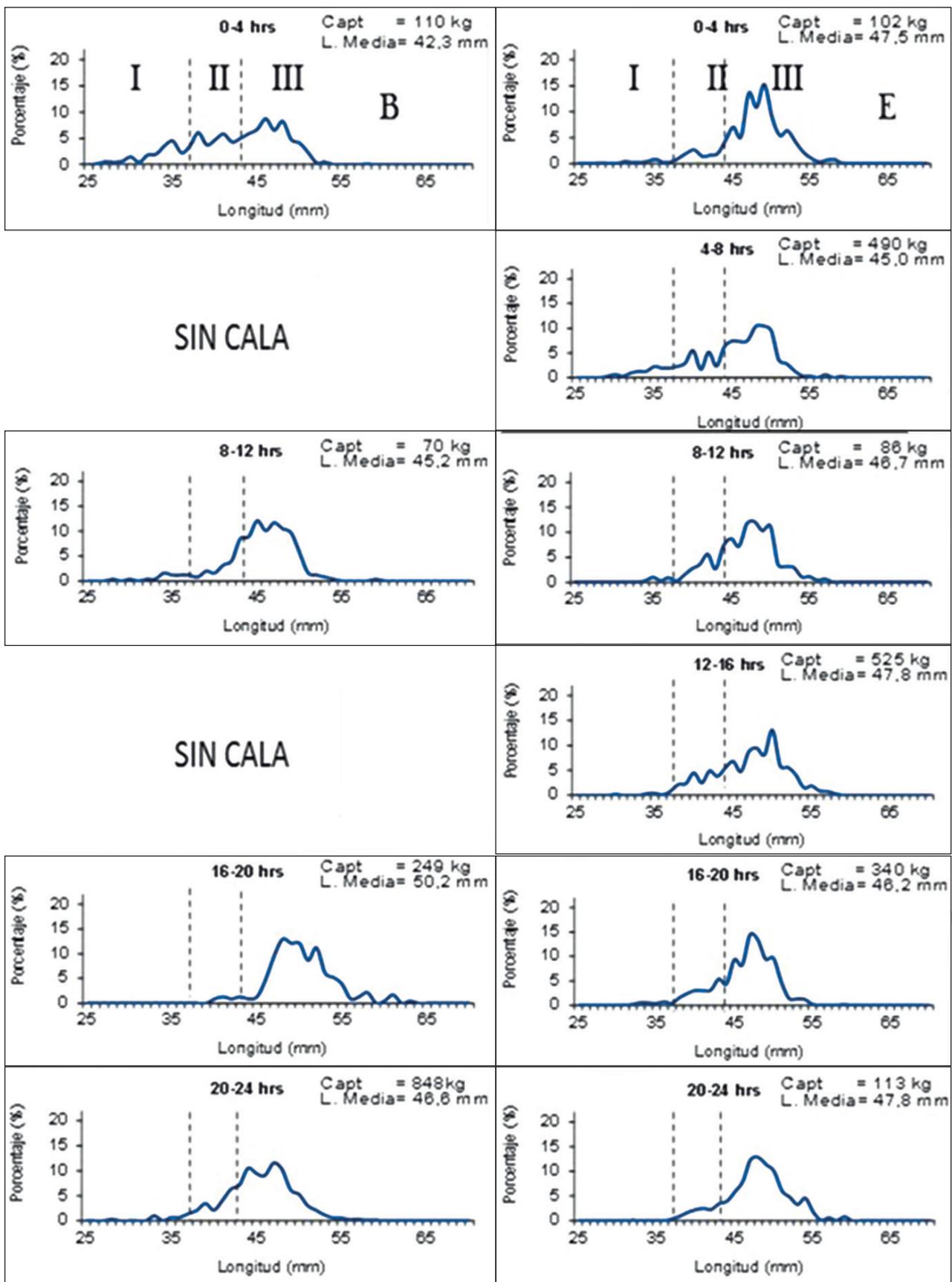


Figura 10.- Composición por tallas de krill antártico, según horas, en el estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante (E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

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

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

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

ESTRUCTURA POR TALLAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PROPORCIÓN SEXUAL

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

RELACIÓN LONGITUD-PESO

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

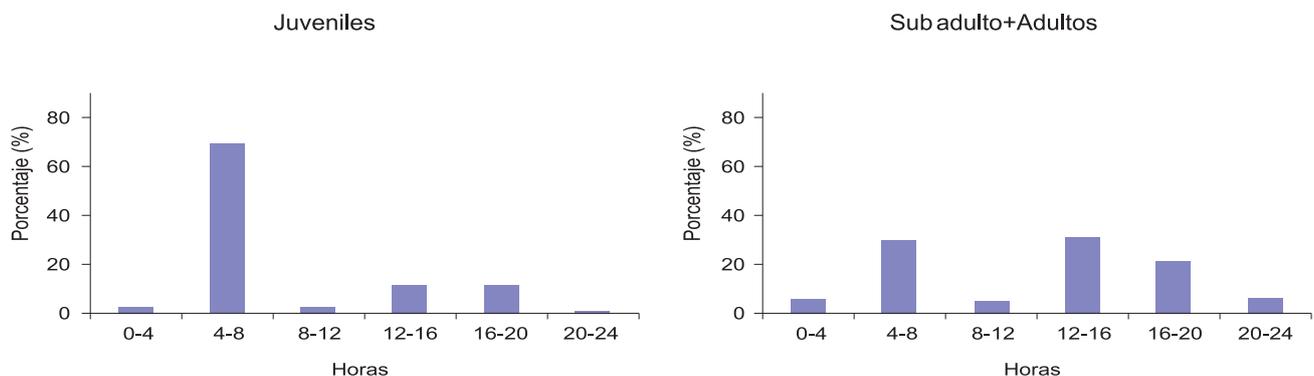


Figura 11.- Grupo de individuos (rango de tallas) de krill antártico, según horas de día, en isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

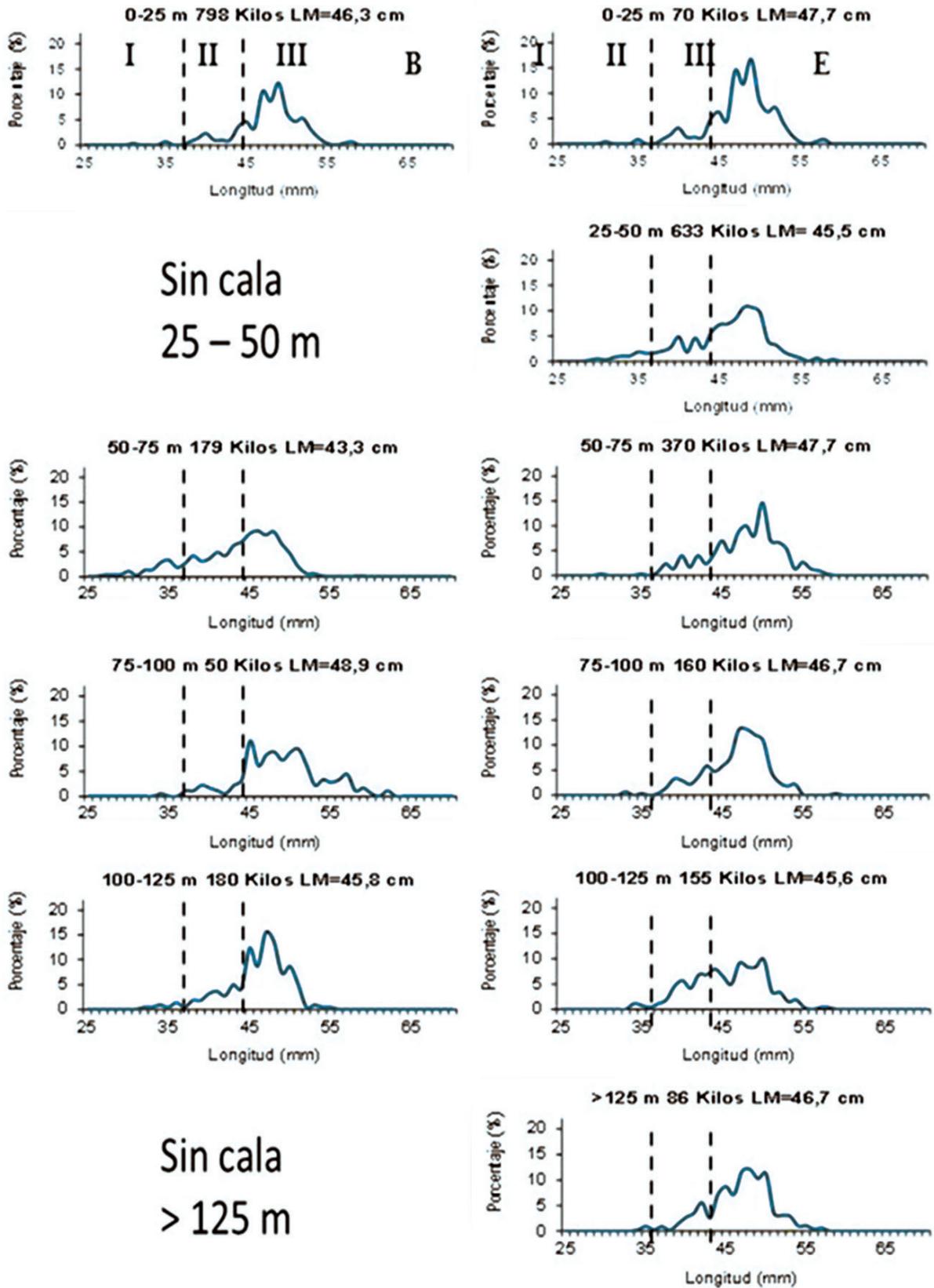


Figura 12.- Composición por tallas de krill antártico, según estratos de profundidad, en el estrecho de Bransfield (B) e isla Elefante(E). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

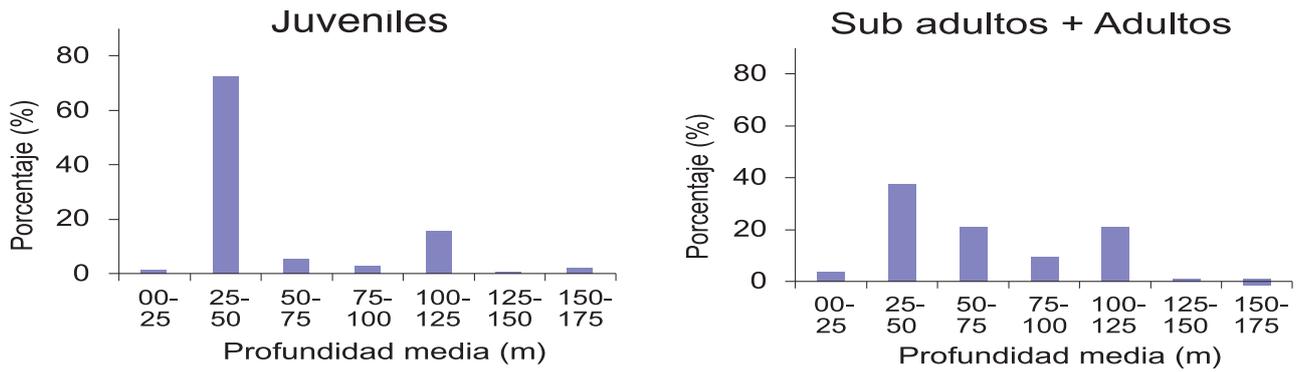


Figura 13.- Grupo de individuos (rango de tallas) de krill antártico, según estratos de profundidad en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

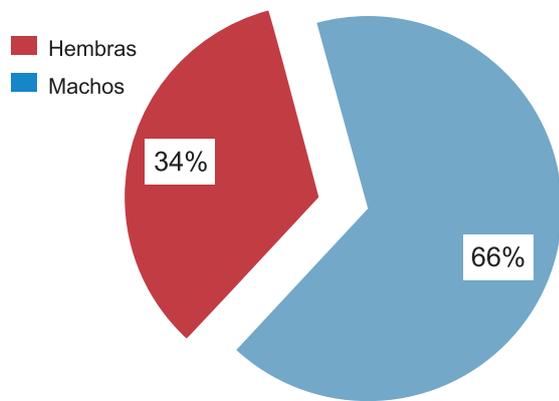


Figura 14.- Proporción sexual del krill antártico en la zona del experimento, isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

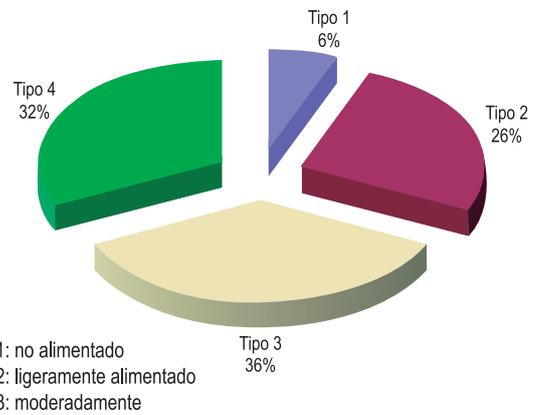


Figura 16.- Intensidad alimentaria del krill antártico en el área de estudio. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

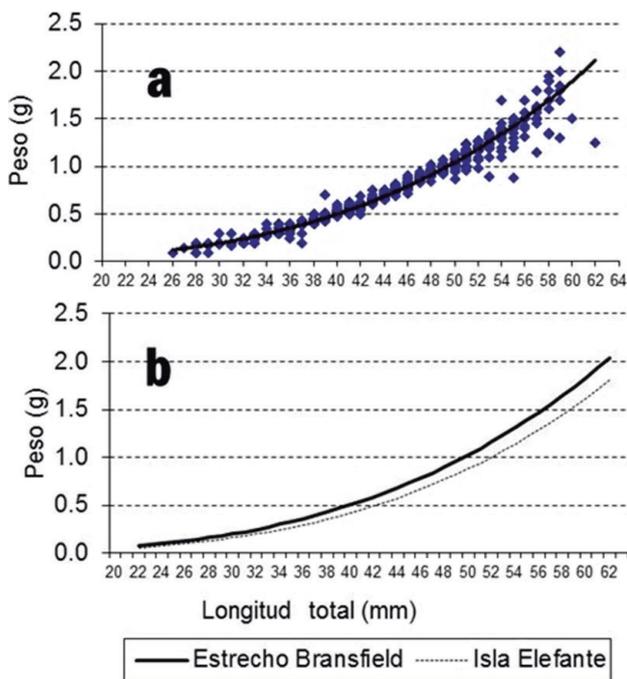


Figura 15.- Relación longitud-peso del krill antártico para el total (a) y por zonas (b). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

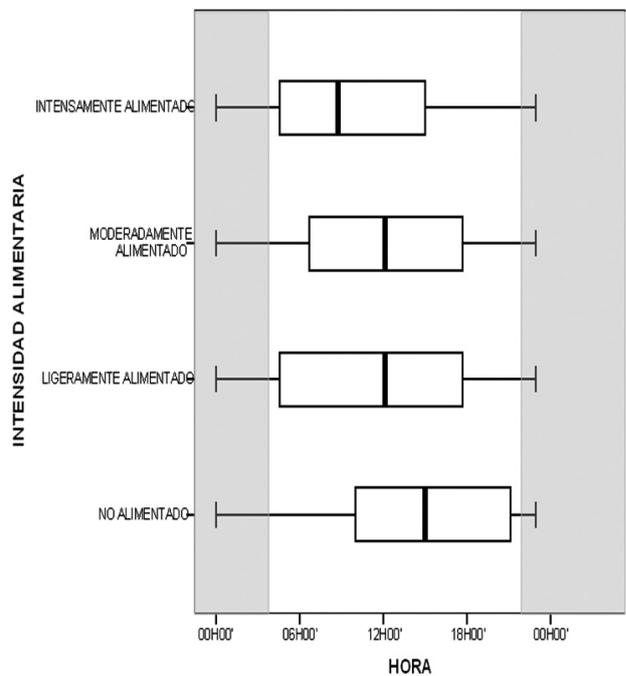


Figura 17.- Variaciones de la intensidad alimentaria del krill antártico, según horas del día. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

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

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

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

INTENSIDAD ALIMENTARIA

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

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

DIETA DEL KRILL

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

se encontraron mayormente células fitoplanctónicas (Fig. 18).

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

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

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

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

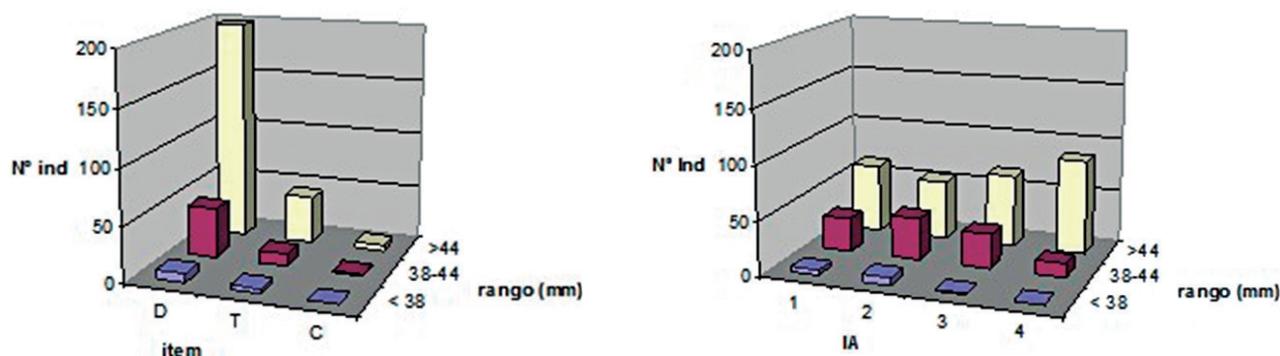


Figura 18.- Intensidad alimentaria (IA) del krill antártico, según grupos de individuos. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

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

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

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

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

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

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

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

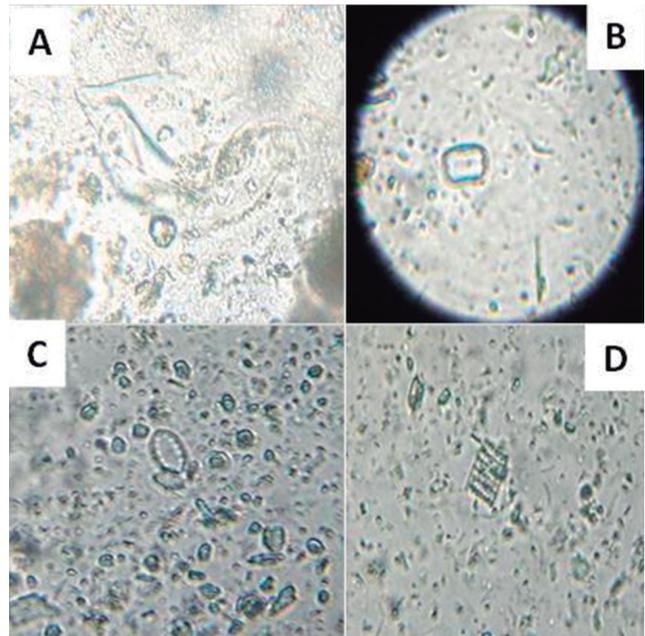


Figura 19.- Contenido gástrico de krill antártico: (A) Tintinidos, (B) *Thalassiosira* sp., (C) *Cocconeis* sp., (D) *Fragilariopsis* sp. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

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

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

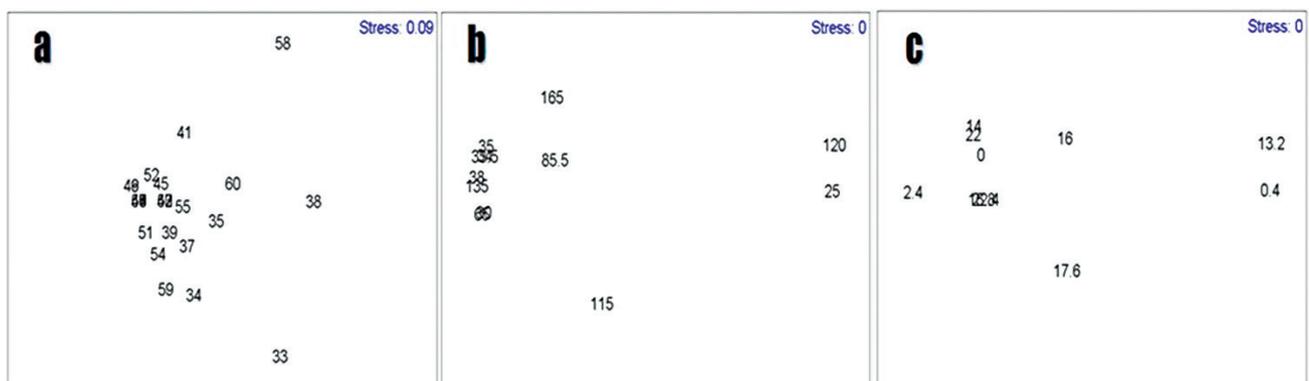


Figura 20.- Análisis de similitud dietaria mediante el análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de la dieta del krill antártico: por talla (a), profundidad de captura (b) y hora de captura (c). Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

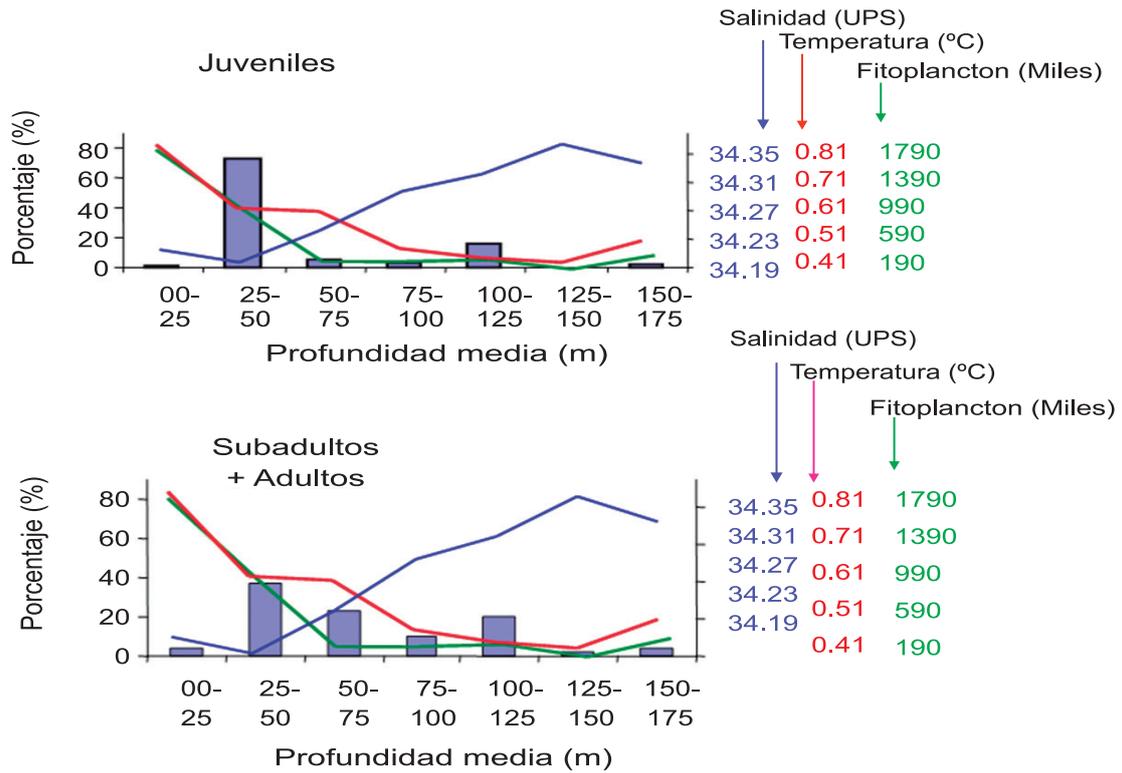


Figura 21.- Relaciones de grupos de individuos de krill antártico con parámetros bióticos y abióticos, según estratos de profundidad en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

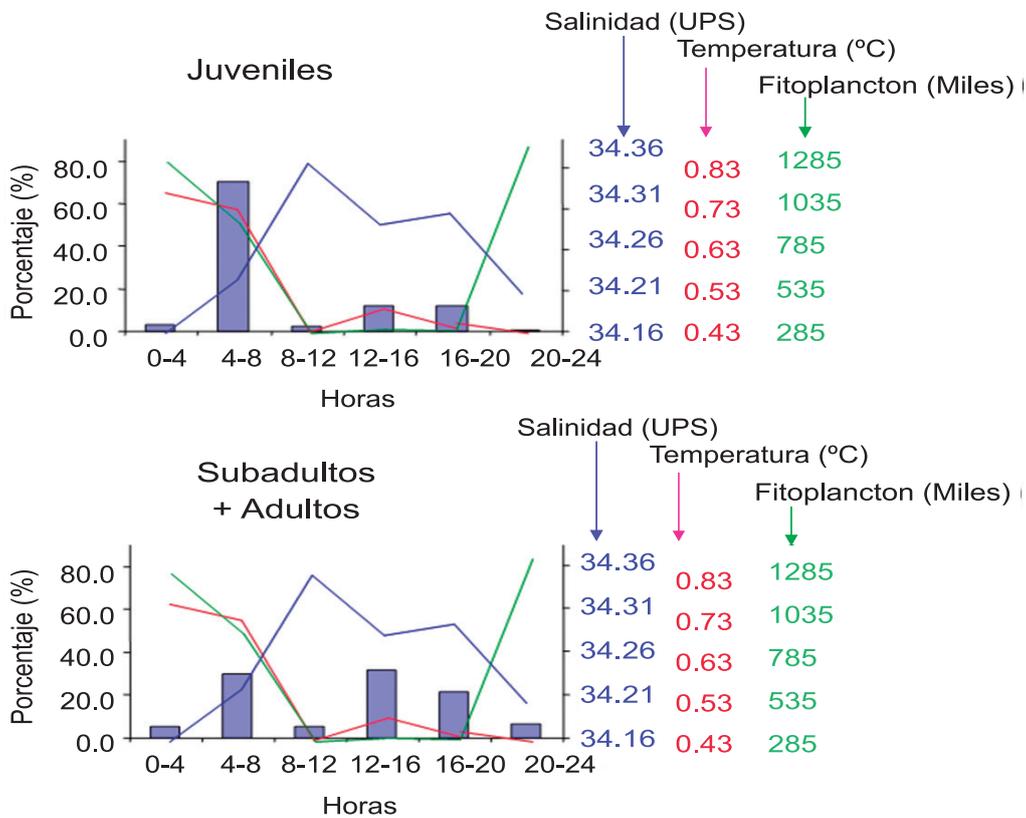


Figura 22.- Relaciones de grupos de individuos de krill antártico con parámetros bióticos y abióticos, según horas en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

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

4. DISCUSIÓN

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

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

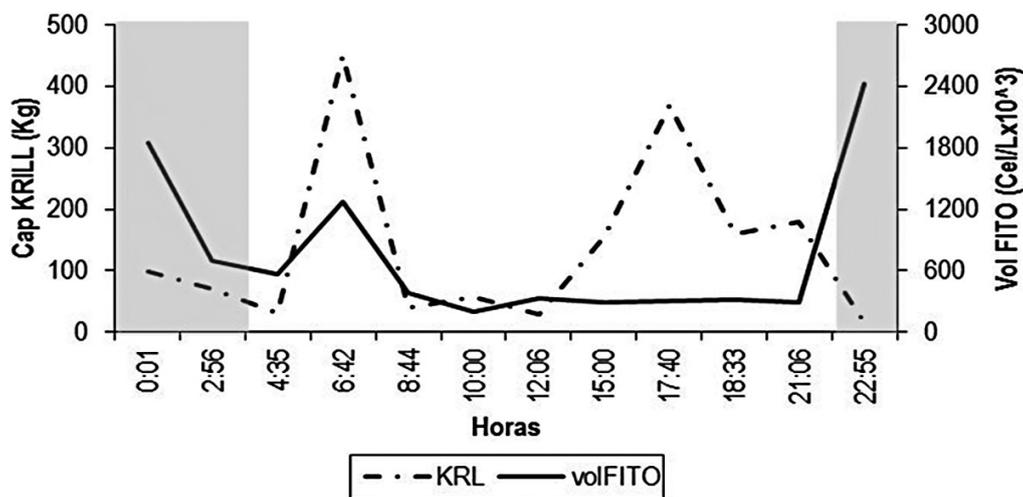


Figura 23.- Relaciones entre las capturas de krill antártico y los volúmenes de fitoplancton, según horas del día en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

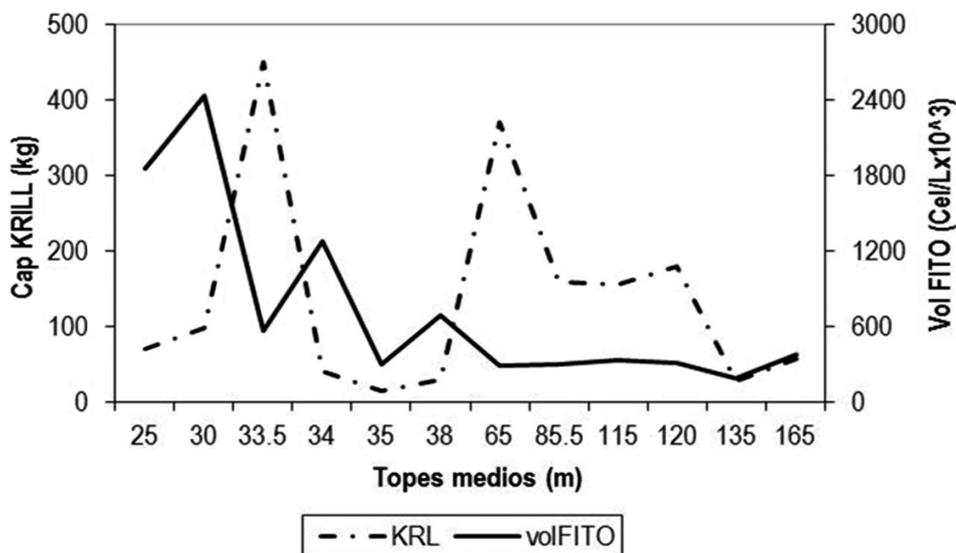
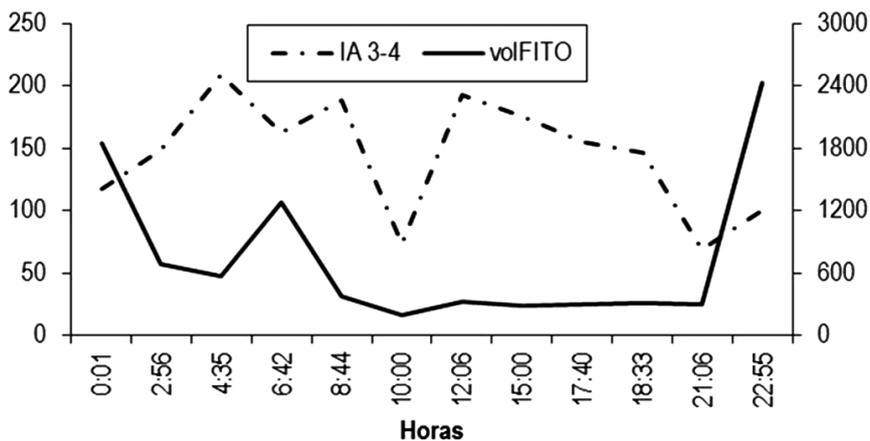


Figura 24.- Relaciones entre las capturas de krill antártico y los volúmenes de fitoplancton, según estratos de profundidad en la isla Elefante. Perú ANTAR XVI. Cr. BIC Humboldt 0601

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

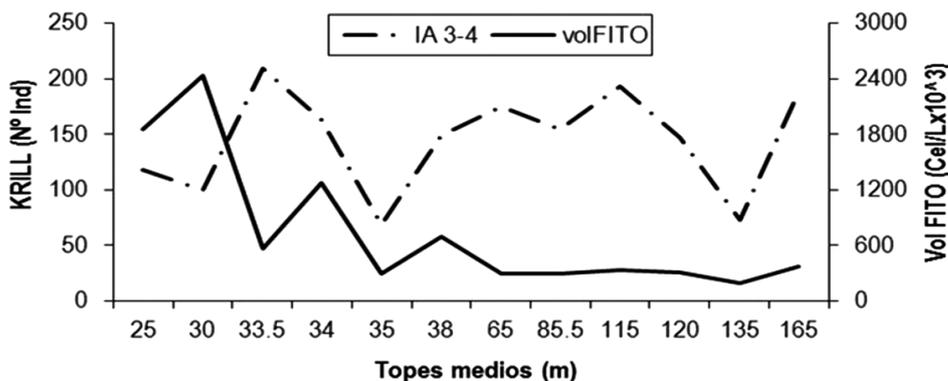
No existe una clara estratificación de tallas según horas del día y estratos de profundidad; sin embargo, cuando se agrupan los individuos teniendo en cuenta lo propuesto por SIEGEL (2000), se ha podido observar que los juveniles se presentaron mayormente entre las 04:00 – 08:00 horas y en profundidades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



Intensidad Alimentaria (IA)

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

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



Intensidad Alimentaria (IA)

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

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

5. CONCLUSIONES

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

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

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

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

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

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

6. REFERENCIAS

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