

## Biomasa y distribución de krill (*Euphausia superba*) en el estrecho Bransfield, durante el verano austral 1985 (SIBEX-II), en relación con algunas variables oceanográficas

JORGE CASTILLO P., OSCAR GUZMAN F., SERGIO LILLO V. y PEDRO PINEDA<sup>(1)</sup>

### RESUMEN

Se presentan los resultados de las estimaciones de biomasa y distribución de krill (*Euphausia superba*), obtenidos durante el verano austral de 1985 en el estrecho Bransfield, utilizando técnicas hidroacústicas de detección y cuantificación.

La biomasa de krill detectada en el estrecho Bransfield fue de  $1,7 \times 10^6$  toneladas con un 31,5% de error. Esta biomasa se distribuyó preferentemente en los sectores costeros y en la boca oriental del estrecho, desde los 10 a 140 metros de profundidad.

Se analizó la relación entre las condiciones oceanográficas físicas y la distribución geográfica del krill, observándose que la fracción del recurso ubicado en el centro y boca oriental del estrecho Bransfield estuvo asociada a temperaturas menores a  $0^{\circ}\text{C}$ , mientras que aquella localizada en el poniente del estrecho fue detectada en aguas menos frías. El oxígeno disuelto, medido en los sectores donde se detectó krill, fue  $8,0 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$  y las salinidades fluctuaron entre 34,1 y 34,5‰.

Basado en 28 lances de pesca, efectuados con una red Isaac Kidd Midwater Trawl (IKMT) y en la información acústica obtenida, se estableció que los ejemplares de menor tamaño tendieron a ubicarse en la boca oriental y centro del estrecho Bransfield, formando agregaciones de alta densidad.

## Biomass and Distribution of Krill (*Euphausia superba*) in the Bransfield Strait during SIBEX-Phase II, 1985, in relation to some Oceanographic Parameters

JORGE CASTILLO, OSCAR GUZMAN, SERGIO LILLO and PEDRO PINEDA<sup>(1)</sup>

### ABSTRACT

The results of biomass and distribution of krill (*Euphausia superba*) obtained with acoustic technics are presented. These values were obtained during the austral summer of 1985 in the Bransfield Strait.

The estimate of krill biomass in the Bransfield Strait was  $1.7 \times 10^6$  ton with a 31.5% of error. This biomass was distributed principally in the coastal sectors and in the oriental extreme of the strait, between 10 and 140 meters depth.

The relation between physical oceanographic conditions and geographic distribution of krill was analyzed, the fraction of the resource situated in the center and the oriental entrance of the Bransfield Strait was associated with temperatures below  $0^{\circ}\text{C}$ , while the fraction situated in the west was detected in less cold waters.

The dissolved oxygen measured in the sectors with krill was  $8.0 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$  and the salinity fluctuated between 34.1‰ and 34.5‰.

Based in 28 fishing hauls with an Isaac Kidd Midwater Trawl (IKMT) net and the acoustic information, it was established that the individuals of a smaller size were localized in the oriental entrance and in the center of the Bransfield Strait in aggregations of high density.

(1) Instituto de Fomento Pesquero, Av. José Domingo Cañas 2277, Santiago, Chile.

## INTRODUCCION

En 1974, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), por encargo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), inició un programa de investigaciones científico-tecnológicas, tendientes a determinar la factibilidad de inversión y desarrollo de la pesquería de krill en la Antártica, habiéndose obtenido estimados de la abundancia del recurso en un estado de desarrollo incipiente de la pesquería. Durante el desarrollo de dicho programa, en los años 1975 y 1976 se efectuaron tres cruceros de prospección, con el fin de evaluar, mediante técnicas hidroacústicas de detección, la biomasa y distribución del krill en el estrecho Bransfield.

En 1981 se realizó un cuarto crucero para evaluar la biomasa de krill en el estrecho Bransfield y paso Drake; esta expedición fue auspiciada por el Instituto Antártico Chileno (INACH) en el marco del proyecto FIBEX (First International BIOMASS Experiment) a bordo de la M/N "Capitán Luis Alcázar".

Los resultados que se exponen en este trabajo corresponden a la prospección acústica realizada en el crucero antes mencionado, cuyos objetivos fueron determinar la biomasa, distribución y comportamiento del krill (*Euphausia superba*) en el área A del Proyecto SIBEX, que correspondió al estrecho Bransfield y zonas adyacentes.

## MATERIALES Y METODOS

### Zona de estudio y plan de muestreo

La zona de estudio comprendió el estrecho Bransfield entre las islas Piloto Pardo e isla Low (Fig. 1).

El plan de muestreo aplicado en los trabajos acústicos consistió en 12 transectas, con una separación entre ellas de 20 millas, a las que se les asignó letras y números para su ordenamiento. En las transectas numeradas, se efectuó el muestreo oceanográfico y zooplanctónico, mientras que en las ordenadas con letras, sólo se prospectó con equipos acústicos.

El Intervalo Básico de Muestreo (IBM) acústico fue definido en una milla náutica recorrida.

El equipamiento utilizado consistió en un ecosonda SIMRAD EK-120A, de 120 Khz de frecuencia, interconectado a un eointegrador analógico SIMRAD QM MK-II. La posición de los principales controles de ambos equipos se entrega en la Tabla 1.

### Calibración electrónica

La calibración electrónica del sistema de eointegración fue realizada según los procedimientos establecidos en el manual N° 2 de BIOMASS "Calibración de instrumentos hidroacústicos".

Las mediciones efectuadas en el ecosonda EK 120 fueron:

- a) Frecuencia de operación.
- b) Ancho de pulso.
- c) Impedancia del traductor.
- d) Voltaje relativo de transmisión en test.
- e) Potencia.
- f) Nivel de la fuente (SL).
- g) Respuesta de voltaje (VR).
- h) Función de ganancia cronovariada (TVG).
- i) Factor de ganancia general del preamplificador del ecosonda.

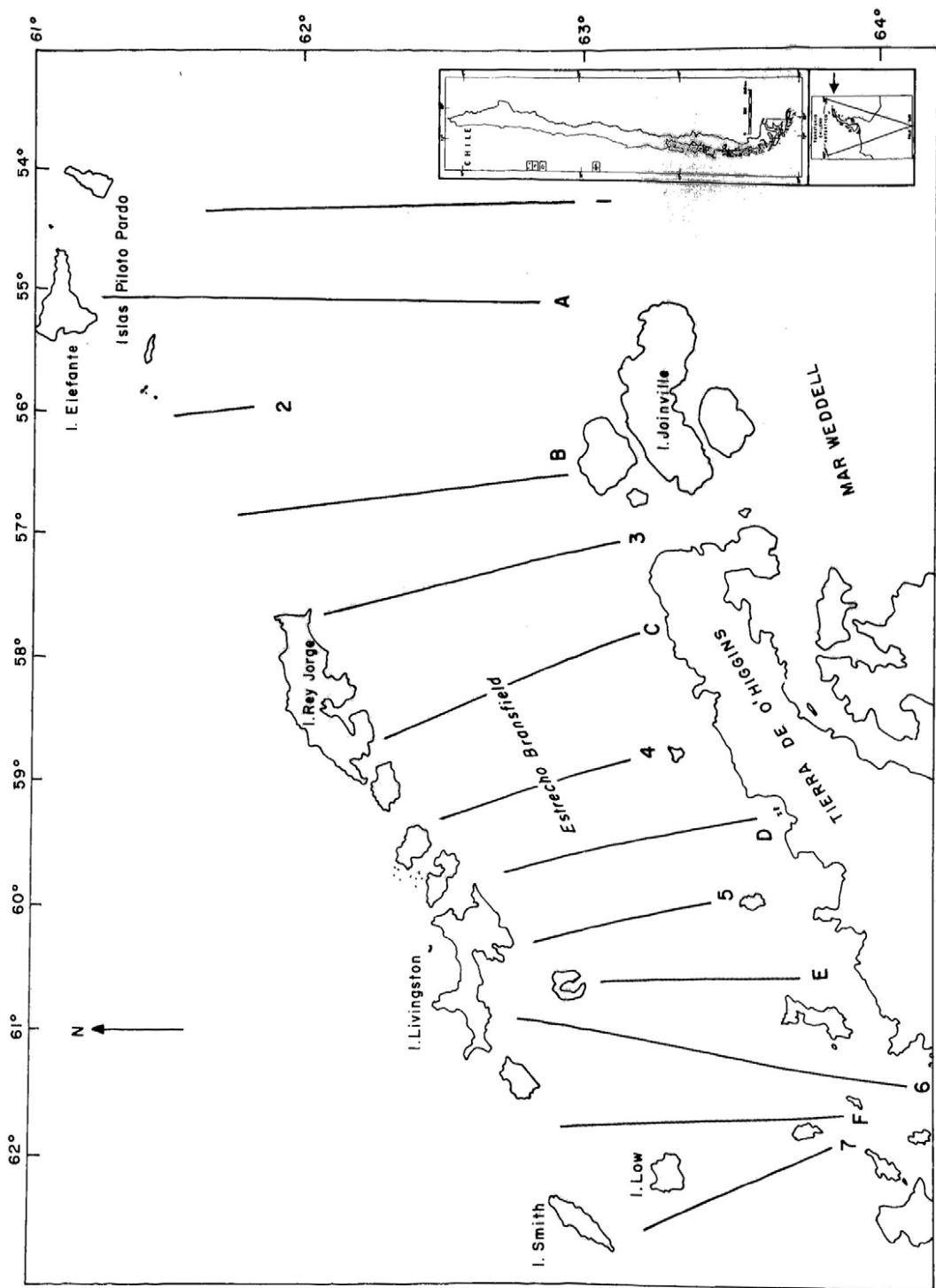


Fig. 1. Zona de estudio y numeración de las transectas realizadas.

Tabla 1

## POSICION DE LOS CONTROLES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

ECOSONDA	
Frecuencia	120 Khz
Escala	A - 1 (0 - 100 m)
Potencia	1/1
Ancho de banda	Ancho
Longitud del Pulso	0,8 ms
TVG/ganancia	20 log r/0 dB
Razón de sondeo	96 ping/min.
ECOINTEGRADOR	
Modo	3
Ganancia canal A	20 dB
Ganancia canal B	10 dB
Umbral canal A y B	0,5 - 1,5
Profundidad canal A y B	Variables de 4 - 12 m
Intervalo canal A y B	Variable 100 a 140 m
Expansor	x 10
Compensador de rango	125
Eliminador de fondo	Off

Además se midió la deriva del registrador y la señal de prueba del ecoinTEGRADOR analógico SIMRAD QM MK II, siguiendo el procedimiento establecido por SIMRAD (1972).

#### Estimación de la biomasa

Los milímetros integrados fueron corregidos, eliminándose el aporte generado por el plancton y el ruido e interferencias producidos por el buque y equipos electrónicos.

El circuito compensador de ganancia cronovariada (TVG) se adecuó a la temperatura media registrada en la Antártica durante la prospección, de tal modo de no considerar la corrección del coeficiente de atenuación por diferencias en la temperatura. El valor del coeficiente considerado se determinó de acuerdo con la curva de Fisher y Simmons, 1977 (Foote, 1981). Dado lo anterior sólo se corrigieron los milímetros integrados debido a las diferencias entre la curva teórica y medida del TVG.

La identificación de los ecotrazos y la recolección de muestras de krill se efectuaron analizando las capturas obtenidas con una red Isaac Kidd Midwater Trawl (IKMT). La profundidad de pesca fue controlada mediante una sonda de red FURUNO FNR 200.

La estimación de biomasa se realizó mediante la aplicación del método de análisis por conglomerados, que considera a las transectas como un conglomerado y a los milímetros integrados por intervalo básico de muestreo, como elementos de éstos (Hansen *et al.*, 1953).

Para la transformación de los milímetros integrados a toneladas se aplicó una constante de ecoinTEGRACIÓN  $\hat{C}_b$ , determinada mediante el procedimiento propuesto por Stepnowski y Burczynski (1981), quienes determinan la constante de ecoinTEGRACIÓN según la expresión:

$$\hat{C}_b = 3.430 \times 10^{0,1} (\bar{S}_{v1} - (\bar{TS} - 10 \log w))$$

$$S_{v1} = V_{01} - A + Cl$$

donde:

$\hat{C}_b$  = constante de eointegración (t/m.n.<sup>2</sup>/m.m.)

$\bar{V}_{01}$  = voltaje normalizado a 1 milla, correspondiente a 1 milímetro de deflección, con un  $\Delta R$  de 1 m  $\bar{V}_{01} = -2dB$

A = ganancia final (dB)

Cl = constante del ecosonda (dB)

M = milímetros integrados en el IBM

$\Delta R$  = intervalo de integración (m)

$\bar{TS}$  = intensidad de blanco promedio de krill (dB)

w = peso promedio del krill (g)

La determinación de intensidad de blanco promedio ( $\bar{TS}$ ) se efectuó mediante la ecuación:

$$\bar{TS} = 2,1 L_t - 72,3 \text{ (Protaschuk y Lukashova, 1982 (dB))}, \text{ siendo } L_t \text{ la longitud total del krill (cm).}$$

El peso promedio utilizado fue calculado ponderando el aporte porcentual de machos y hembras, en la submuestra analizada por Retamal (1986), el que determinó las siguientes relaciones longitud-peso para krill capturado con red IKMT durante el SIBEX II:

$$W = 1,35269 + 0,0494 l_t \quad r = 0,9671$$

$$W = 1,19146 + 0,04481 l_t \quad r = 0,8951$$

donde:

W = peso del krill en gramos

$L_t$  = longitud del krill en milímetros

La longitud promedio considerada para machos y hembras fue 41,5 milímetros y 42,6 milímetros, respectivamente.

Los valores relativos de densidad por IBM, expresados en milímetros de deflección del eointegrador, fueron transformados a valores de  $\bar{S}_v$  (MVSB), según la expresión:

$$\bar{S}_v = 10 \log M / \Delta R + Cl + A + \bar{V}_{01} \text{ (dB/m}^3\text{)}$$

Para el análisis de la distribución vertical del krill, se transformaron los milímetros integrados por IBM a t/m.n.<sup>2</sup> mediante el coeficiente de eointegración, expresándose en cuatro categorías de densidad, las que se graficaron en relación a la profundidad.

La distribución horizontal se determinó presentando en una carta geográfica las isolíneas de densidad.

El límite superior (L.S.) de las categorías de densidad fue determinada por la relación:

$$L.S. = \hat{C}_b \times 2(2n - 1)$$

donde:

$\hat{C}_b$  = constante de eointegración (t/m.n.<sup>2</sup>/mm)

n = nivel de la categoría, pertenece al conjunto de los números naturales ( $0 < n \leq 4$ ).

En la Tabla 2 se presentan las categorías de densidad que se utilizaron.

Tabla 2

CATEGORIA DE DENSIDAD DE KRILL

Categorías	Intervalo de densidad (t/m.n. <sup>2</sup> )
0	0
I	0,1 - 6,0
II	6,1 - 24,0
III	24,1 - >

RESULTADOS

Calibración electrónica

Las mediciones fueron realizadas en el puerto Lockroy y bahía Fildes, el 22 de enero y 16 de febrero de 1985, respectivamente; utilizando un hidrófono B & K 8104. Los resultados obtenidos indicaron que los equipos utilizados operaron en forma satisfactoria. Algunos de los parámetros medidos se presentan en la Tabla 3, y en la Figura 2 se entrega la curva de TVG medida.

Tabla 3

PARAMETROS ELECTRONICOS MEDIDOS EN EL ECOSONDA EK-120

Parámetros	Medición
TVG/ganancia	20 log r/0 dB
Potencia	491,00 W (1/1)
Longitud pulso	0,60 ms
2 TL	46,0 dB
SL + VR	110,72 dB

Estimación de la biomasa de krill

La deflección promedio del eointegrador por IBM fue 42,11 milímetros con una desviación estándar ( $S_{mm}$ ) de 104,85. Los registros más altos fueron observados en el sector sur de las transectas 3 y D, con valores que fluctuaron entre 300 y 1.500 milímetros integrados por milla. Cabe señalar

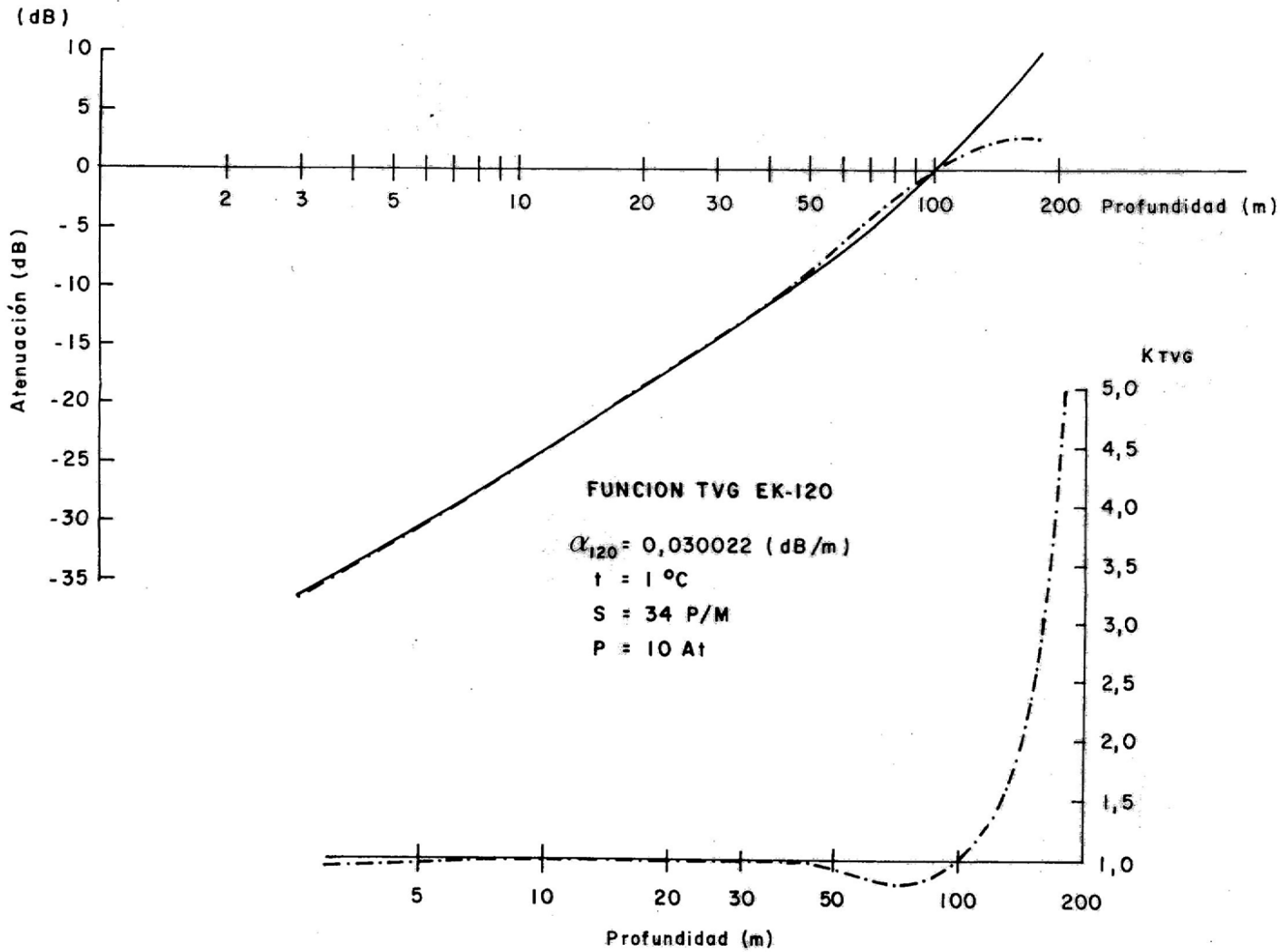


Fig. 2. Curva de TVG teórica y medida del ecosonda EK - 120 A.

que los valores máximos de la integración, detectados en las restantes transectas fluctuaron entre 200 y 300 mm/m.n. En las figuras 3 y 4 se presentan las deflecciones del econtegrador por milla para cada transecta.

El coeficiente volumétrico de dispersión promedio (MVBS) fue  $-75,0 \text{ dB/m}^3$ , con una desviación estándar ( $S_S$ ) de 11,75, llegando hasta  $-53,4 \text{ dB/m}^3$  en los sectores de mayor densidad (Figs. 3 y 4); el MVBS correspondiente a la ausencia total de agregaciones de krill fue  $-85,0 \text{ dB/m}^3$ .

Considerando que la muestra analizada por Retamal (1986) estuvo constituida por un 46,4% de hembras y un 53,6% de machos, el peso promedio ponderado fue 0,71 gr y la longitud promedio 42,6 milímetros. Dado lo anterior el  $\overline{TS}$  fue  $-63,4 \text{ dB}$  y el  $\overline{TS}_{kg}$  fue  $-31,0 \text{ dB/kg}$ .

La constante de econtegración deducida del  $\overline{TS}_{kg}$  utilizada para transformar los milímetros integrados en toneladas fue 3,03 t/m.n.<sup>2</sup>.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la estimación de biomasa determinada en el estrecho Bransfield.

Tabla 4

## BIOMASA DE KRILL (TONELADAS)

Area (m.n. <sup>2</sup> )	Biomasa (t)	Error (%)	Densidad promedio (t/m.n. <sup>2</sup> )	Número observaciones
14.200	1.721.040	31,5	121,0	726

## Distribución del krill

Durante la prospección acústica, el krill fue localizado en mayor concentración en las cercanías de la boca oriental del estrecho Bransfield, presentando una tendencia a proyectar su distribución hacia el este de la zona prospectada (Mar de Wedell), (Fig. 5).

La distribución de frecuencia-longitud de krill, capturados con la red IKMT, y proporcionada por Retamal (1986), permite señalar que los ejemplares de menor tamaño se localizaron en las áreas ubicadas en la boca oriental y centro del estrecho con longitudes promedio de 40,6 – 41,2 milímetros y 39,5 – 40,1 milímetros, respectivamente. Los especímenes de mayor talla se ubicaron en la ribera norte y sur del estrecho y en las cercanías de las islas Piloto Pardo. En la Figura 6 se presenta la distribución geográfica de todos los lances de pesca con red IKMT, y en las Figuras 7 y 8 gráficos frecuencia-longitud de krill, proveniente sólo de los lances en que se capturó esta especie (Retamal, 1986).

En general las capturas fueron realizadas en sectores donde se detectaron altas densidades de krill mediante el ecosonda, discriminándose de este modo aquellos ecorregistros que pertenecieron a la especie objetivo, una excepción a lo anterior lo constituyen las capturas efectuadas en la boca del estrecho de Gerlache, en las que se obtuvo una mayor diversidad de especies.

Se observó que los ejemplares de menor tamaño registraron las mayores densidades; particularmente esta situación se presentó en las transectas 3 y D, en que se obtuvieron las deflecciones del econtegrador más altas.

Biomasa y distribución de krill

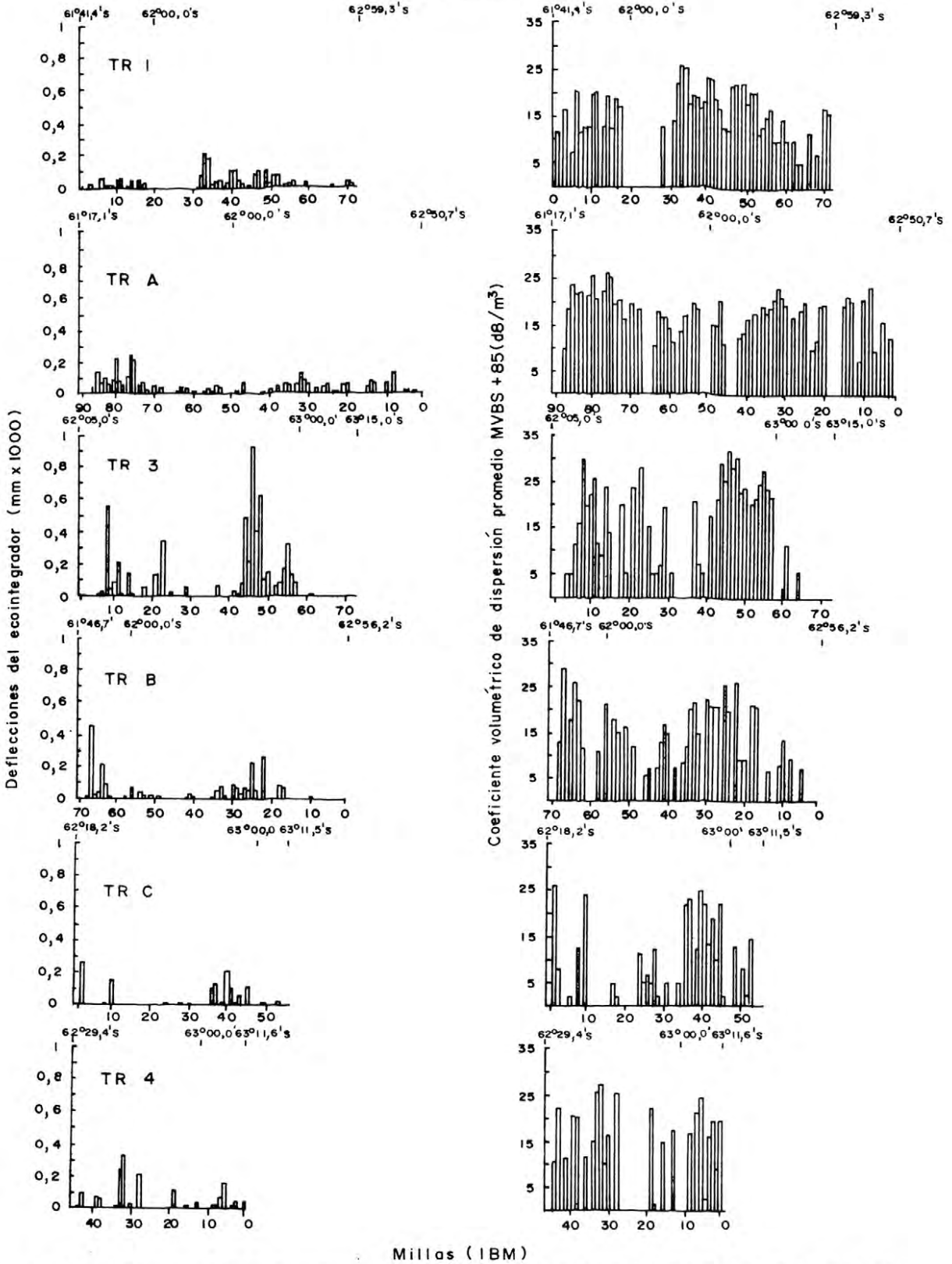


Fig. 3. Deflecciones del econtegrador (mm.) y MVBS (dB/m<sup>3</sup>) de krill por IBM, registradas durante el SIBEX Fase II.

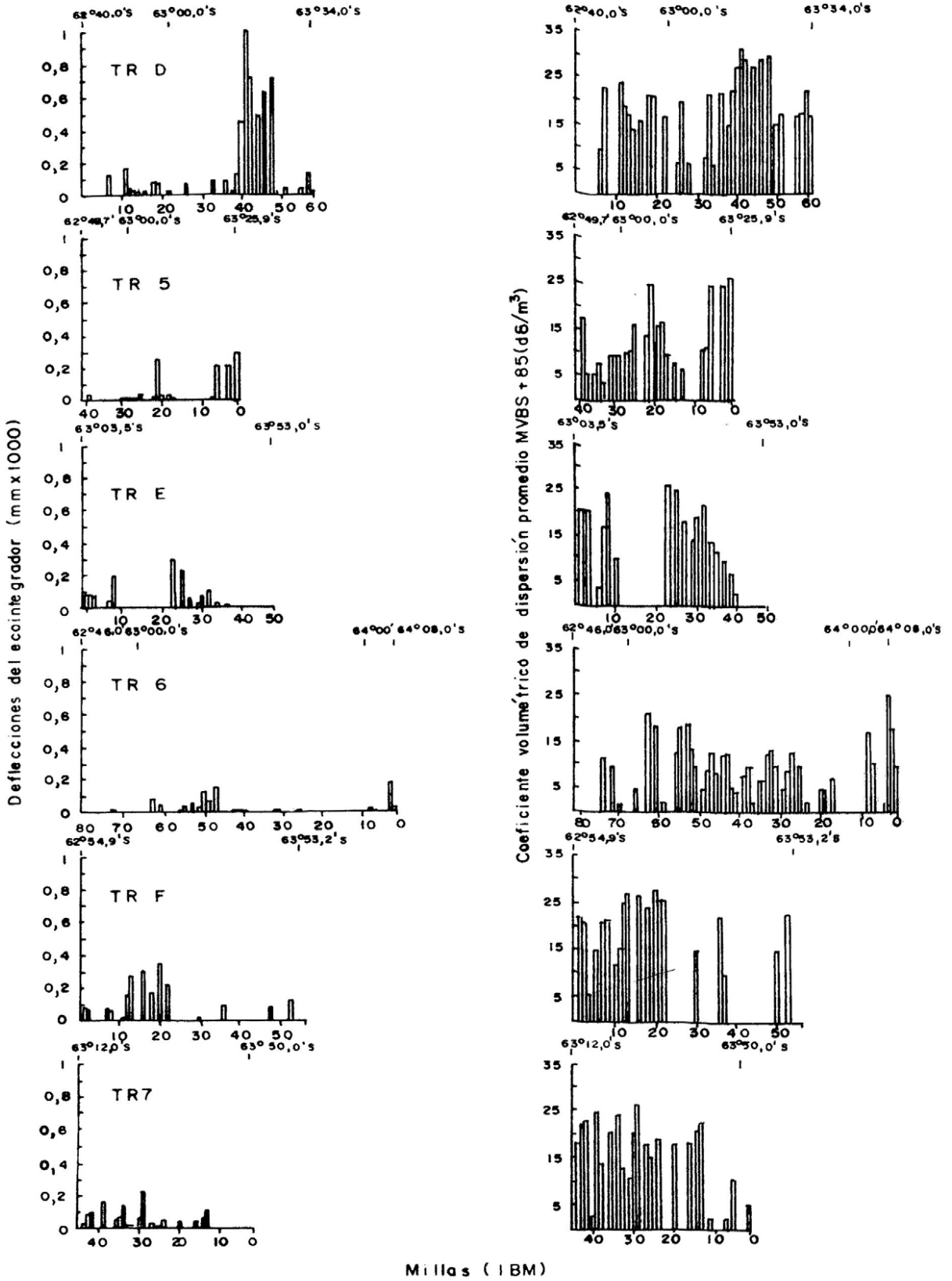
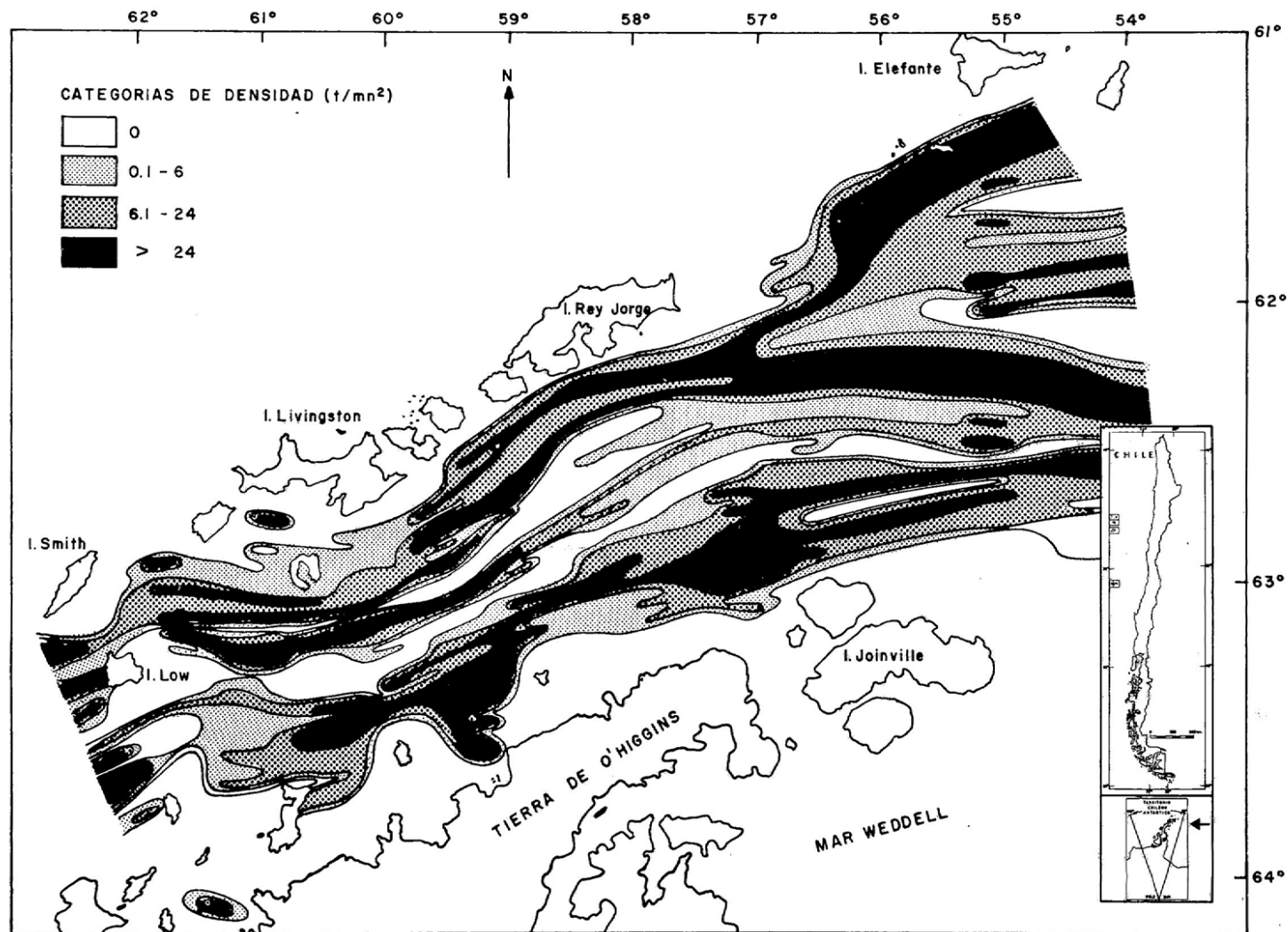


Fig. 1. Deflecciones del ecointegrador (mm.) y MVBS (dB/m<sup>3</sup>) de krill por IBM, registradas durante el SIBEX-Fase II.



Biomasa y distribución de krill

Fig. 5. Distribución horizontal de krill detectada durante la expedición SIBEX Fase-II.

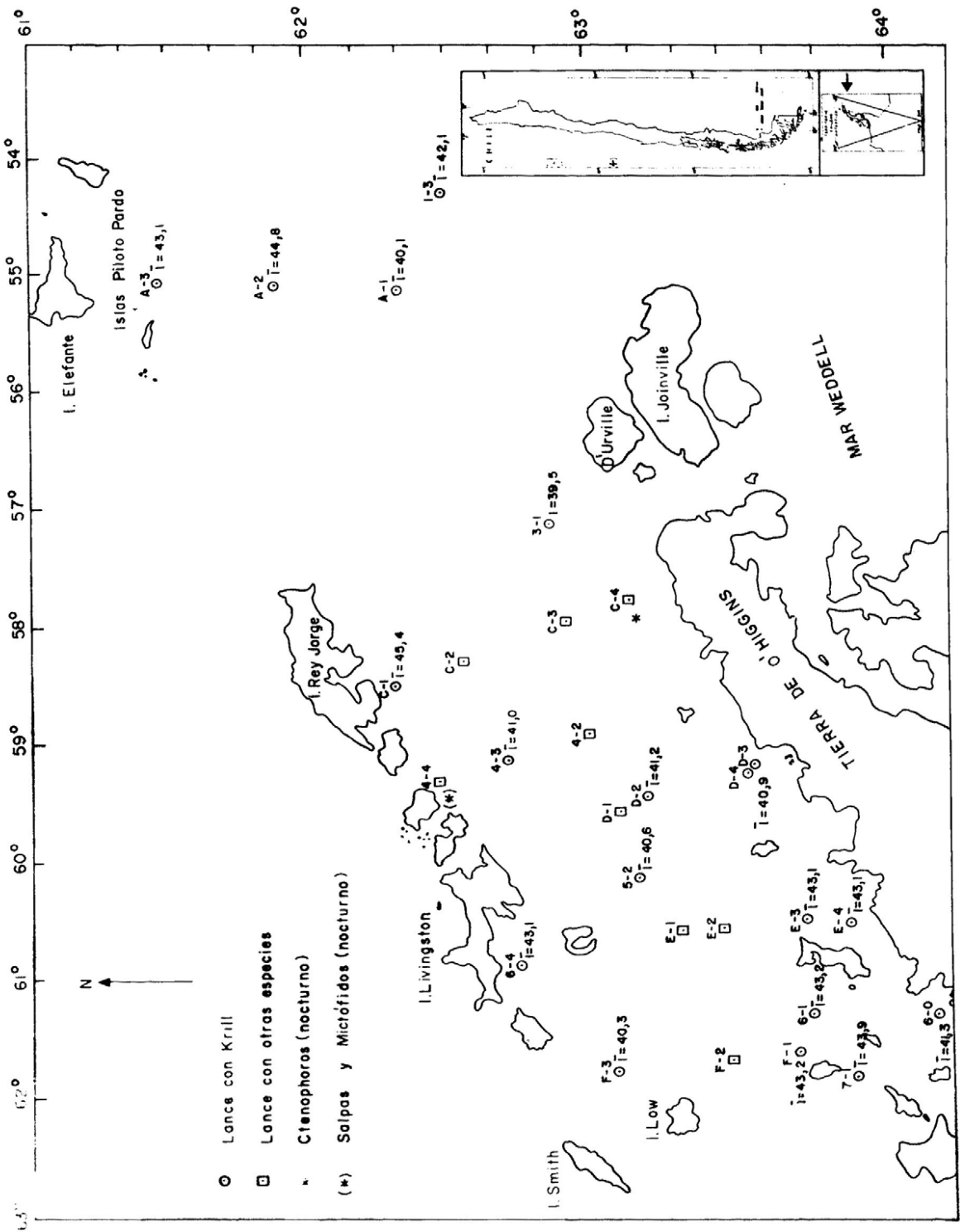


Fig. 6. Ubicación de los lances de pesca con red IKMT.

Biomasa y distribución de krill

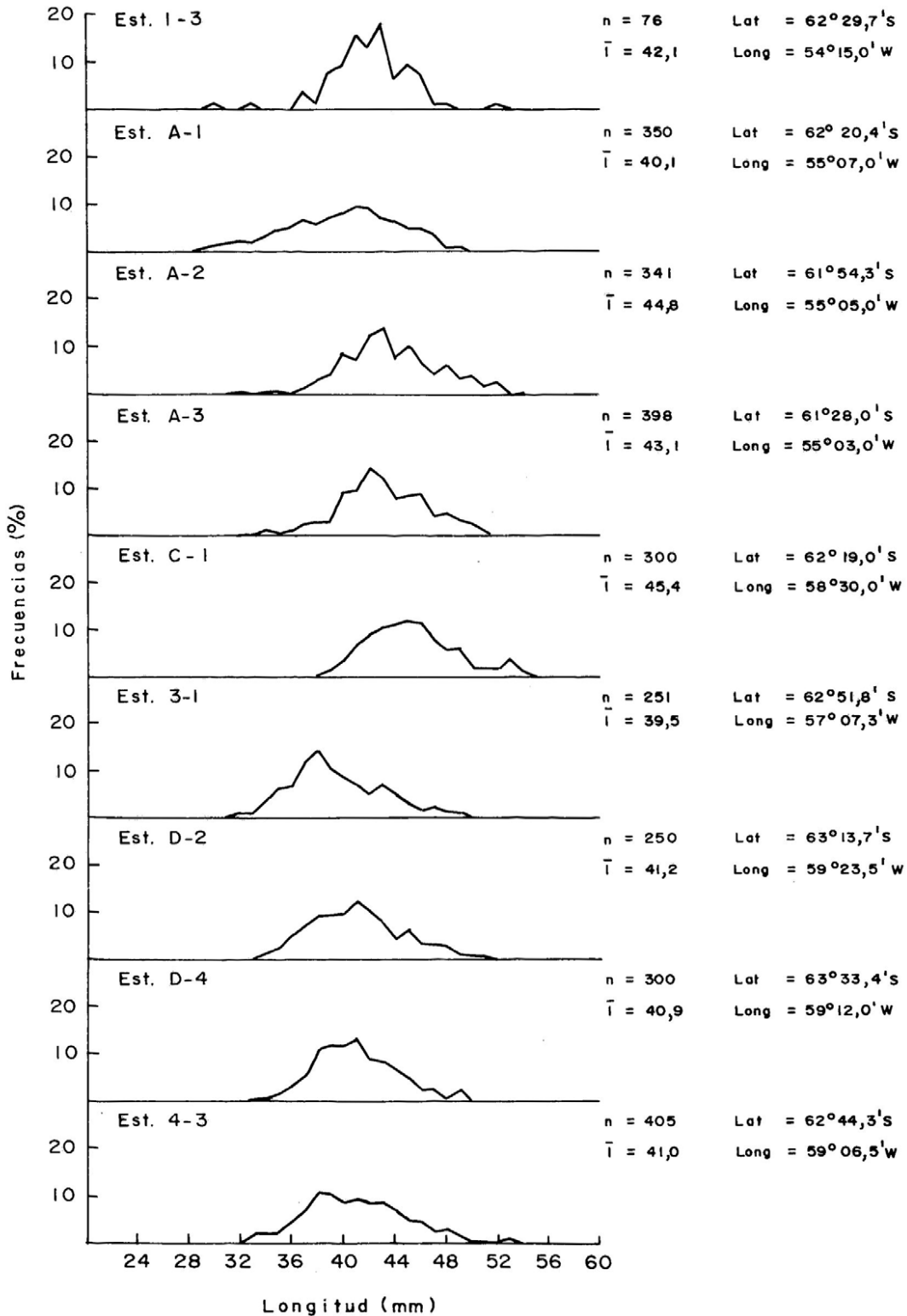


Fig. 7. Distribución de frecuencia-longitud de *Euphausia superba* capturado por red IKMT (SIBEX-II).

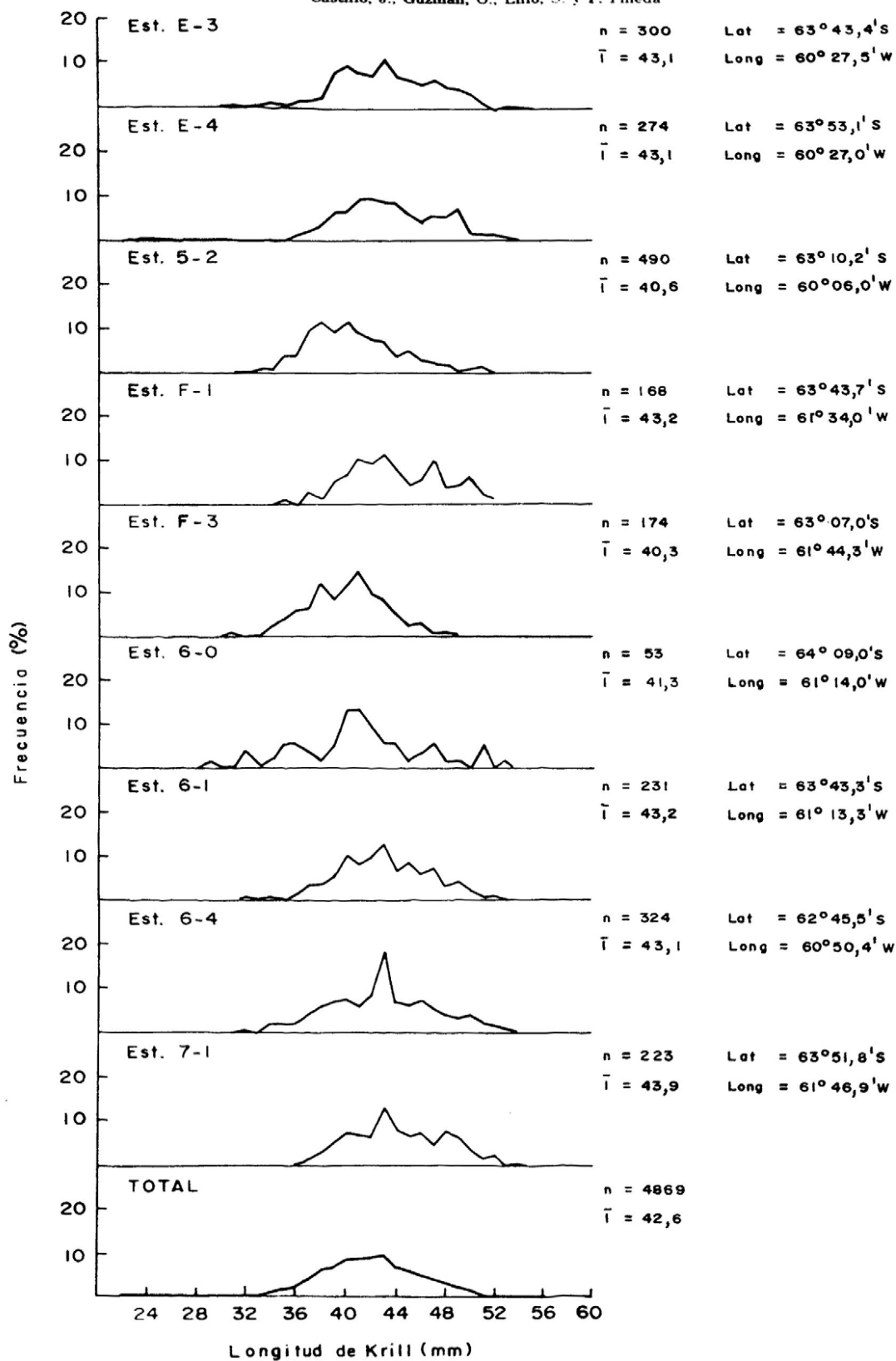


Fig. 8. Distribución de frecuencia-longitud de *Euphausia superba* capturado por red IKMT (SIBEX-II).

Hacia el suroeste la especie se distribuyó asociada a la plataforma y talud continental de las islas Shetland del Sur y península Antártica, mientras que el sector central del estrecho se caracterizó por las bajas densidades o ausencia de krill.

En relación a la distribución vertical, se observó que la profundidad promedio en que se localizó el krill era de aproximadamente 50 metros, variando en general entre los 10 y 130 metros de profundidad.

En las Figuras 9 a 14 se presenta la distribución vertical del krill en categorías de densidad ( $t/m.n.^2$ ), señalándose en aquellas transectas en que se tomaron muestras oceanográficas las isotermas medidas por Kelly y Blanco (1986).

De acuerdo con estos resultados es posible observar que en las transectas 1, 4 y 5 el krill se localizó preferentemente en temperaturas menores a  $0^{\circ}C$ .

En las secciones 6 y 7 se observaron aguas más cálidas provenientes del mar de Bellingshausen (Kelly y Blanco, 1986), detectándose krill entre  $0,5^{\circ}C$  y  $2,0^{\circ}C$ . La transecta 3 constituyó un caso especial, puesto que en las cercanías de la isla Rey Jorge el krill se ubicó en las isotermas superiores a  $1,0^{\circ}C$  ( $1,0 - 1,5^{\circ}C$ ), mientras que hacia el sur se detectó asociado a temperaturas menores a  $0^{\circ}C$ .

En relación a la salinidad, se observó que en las transectas 1 a 5 el krill se ubicó entre 34,3‰ y 34,2‰ y en la transecta 7 se localizó en sectores de fuerte gradiente salina, con valores que variaron desde 33,6‰ a 34,3‰ (Kelly y Blanco, 1986).

Aparentemente el oxígeno disuelto es una limitante importante para la distribución vertical del krill, observándose que en la mayoría de los casos estuvo asociado a  $8,0\text{ cm}^3/\text{dm}^3$ ; una excepción lo constituyeron los registros provenientes de las transectas 1 y 7, puesto que el krill fue detectado hasta en  $7,0\text{ cm}^3/\text{dm}^3$ .

Considerando los resultados expuestos anteriormente, dentro del estrecho Bransfield el krill presenta diferentes comportamientos en relación con la temperatura, ubicándose sobre  $0^{\circ}C$  en aguas provenientes del mar de Bellingshausen y bajo  $0^{\circ}C$  en aguas propias del estrecho.

Sin embargo, al cotejar las distribuciones de frecuencia-longitud en relación con las condiciones ambientales y con las áreas de mayor densidad, es posible observar alguna tendencia de los ejemplares de menor tamaño a ubicarse en temperaturas menores a  $0^{\circ}C$ .

## DISCUSION

En las últimas décadas el krill antártico (*Euphausia superba*) ha sido objeto de innumerables esfuerzos tendientes a evaluar su biomasa, así como a estudiar su distribución y comportamiento.

La cuantificación de este recurso, hasta hace poco tiempo, había sido realizada con métodos indirectos, como tasa de mortalidad, productividad primaria y krill depredado por ballenas. Actualmente el procedimiento directo más adecuado es el de eointegración por su cobertura espacial y rapidez. Esta técnica fue utilizada en las expediciones realizadas a la Antártica en el verano austral de 1981 por los países participantes en el proyecto FIBEX, del programa BIOMASS, lográndose de este modo disminuir las grandes divergencias entre los valores estimados con los diferentes métodos indirectos (Lillo y Guzmán, 1982).

La biomasa total de krill estimada en la Antártica, durante el proyecto FIBEX, alcanzó a 77,59 millones de toneladas, con una densidad promedio de  $58,5\text{ t}/\text{m.n.}^2$  (Hampton, 1986), destacándose los sectores Indico y Atlántico como los más abundantes, con un 84,9% y 14,6% de la biomasa total, respectivamente.

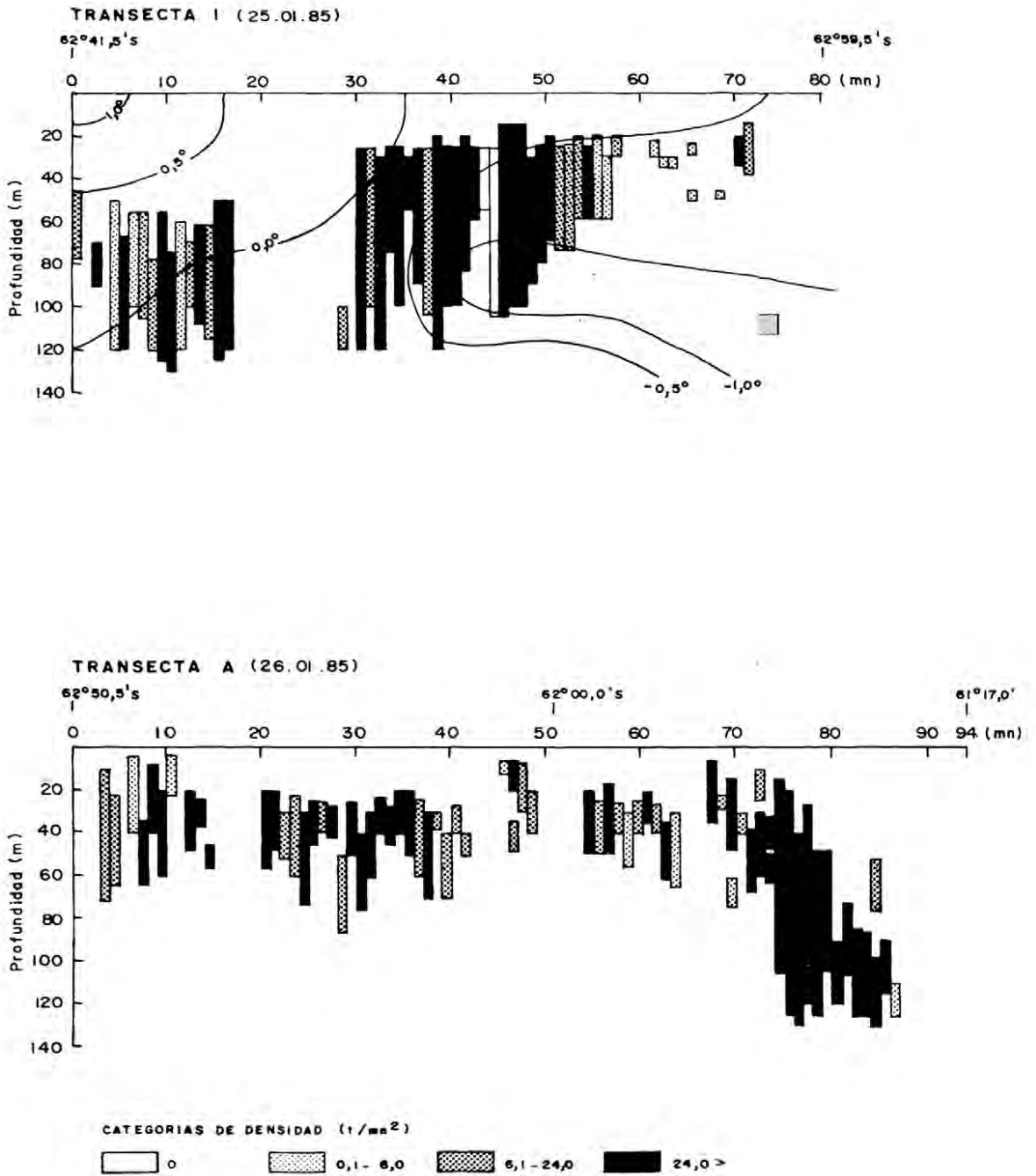


Fig. 9. Distribución vertical de krill detectado en las transectas I y A e isotermas medidas durante el SIBEX-II.





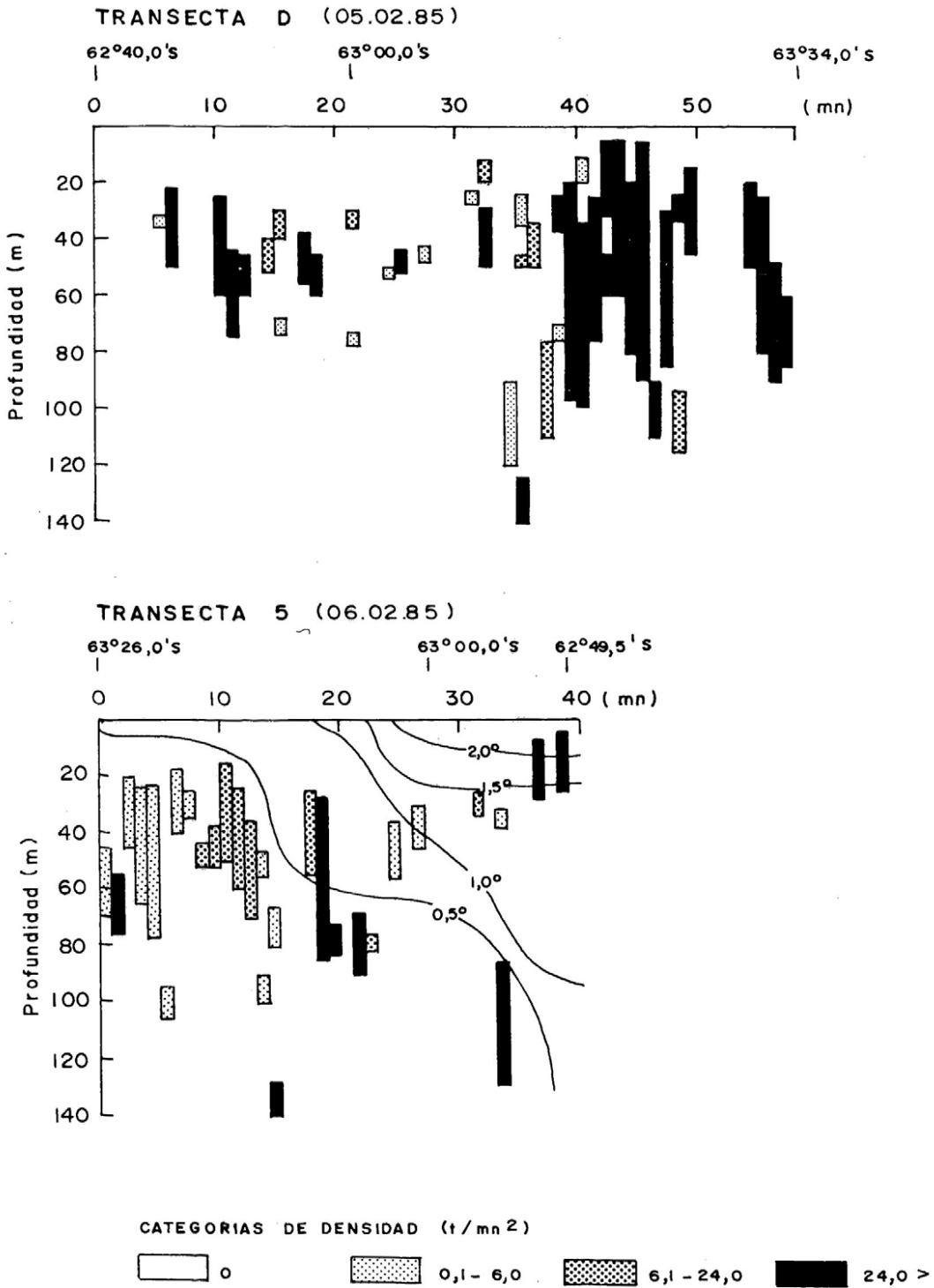


Fig. 12. Distribución vertical de krill detectado en las transectas D y 5 e isothermas medidas durante el SIBEX-II.

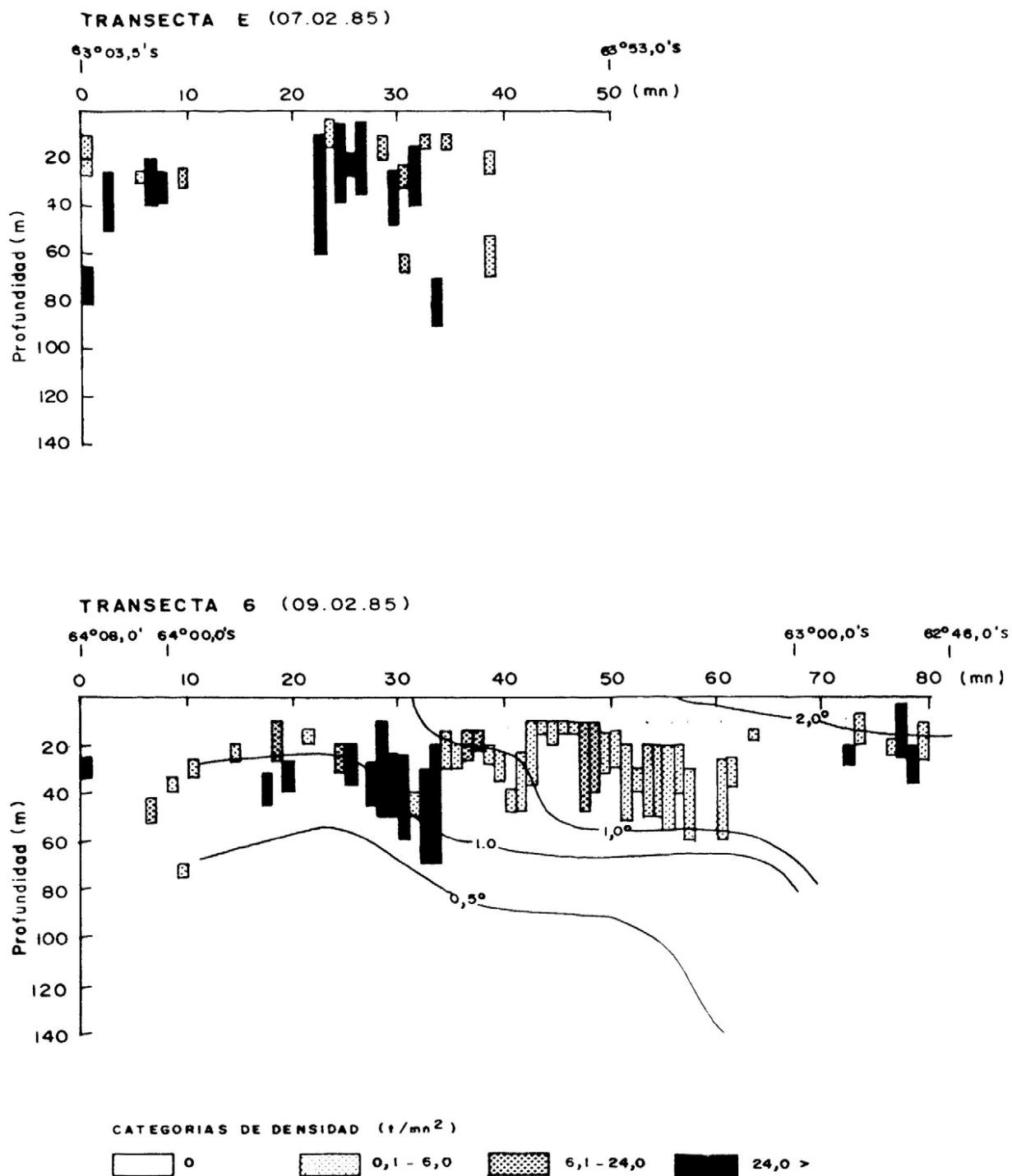


Fig. 13. Distribución vertical de krill en las transectas E y 6 e isothermas medidas durante el SIBEX-II.

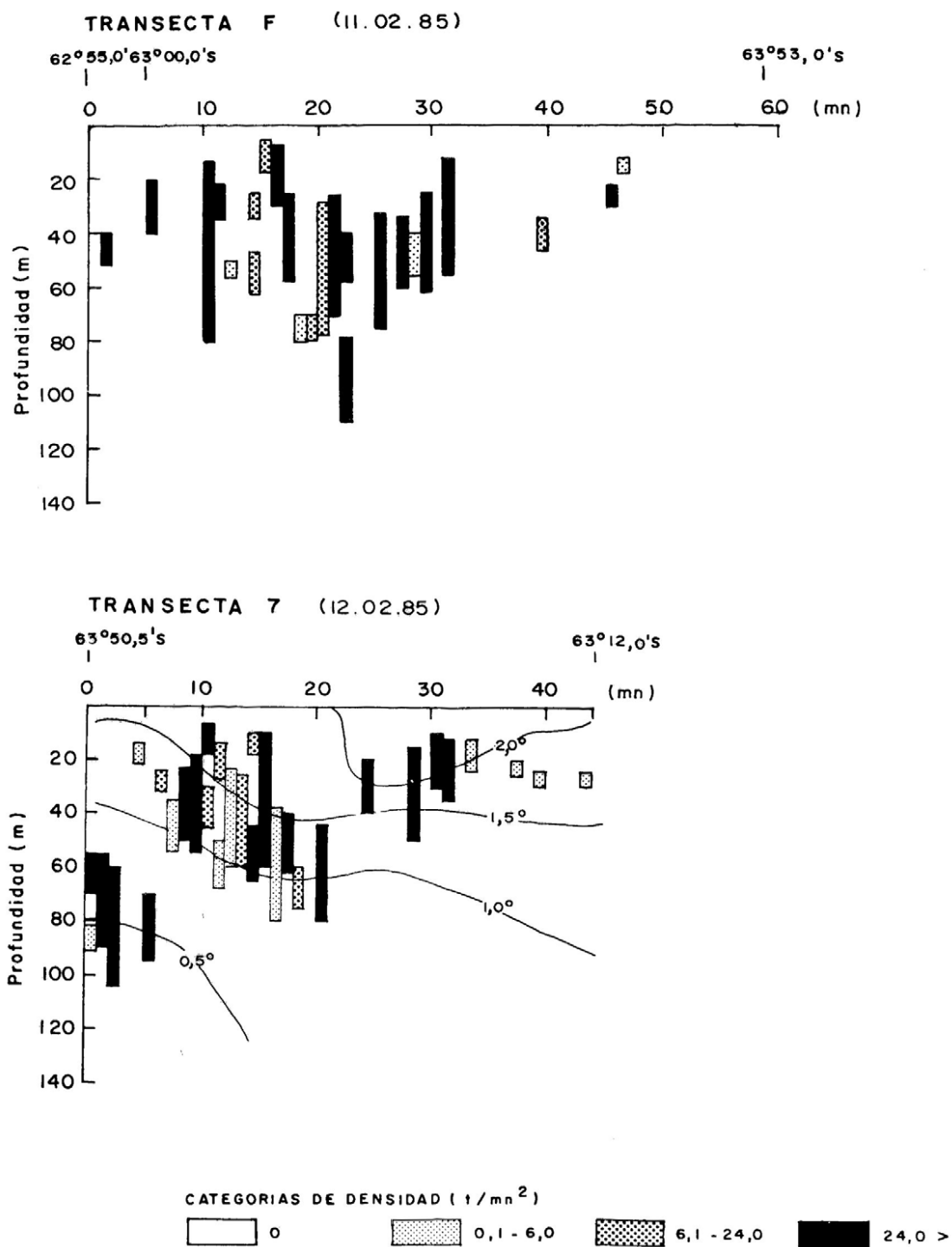


Fig. 14. Distribución vertical de krill en las transectas F y 7 e isotermas medidas durante el SIBEX-II.

En el Atlántico, la mayor biomasa fue detectada alrededor de la isla Elefante con 3,26 millones de toneladas, siguiéndole los valores obtenidos en el mar de Weddell con estimaciones cercanas a los 5,0 millones de toneladas. La biomasa alcanzada en el estrecho Bransfield y norte de las islas Shetland del Sur fue 1,38 millones de toneladas (Hampton, 1986), resultado que coincide ampliamente con los de Lillo y Guzmán (1982), quienes estimaron en el mismo período para el estrecho Bransfield y zona del paso Drake 0,9 y 0,18 millones de toneladas, respectivamente.

El valor obtenido durante esta expedición se encuentra dentro de estos órdenes de magnitud, observándose un aumento del 47% respecto a la biomasa detectada en el estrecho Bransfield por Lillo y Guzmán (1982). No obstante estas variaciones, las densidades promedio calculadas en 1981 son levemente mayores ( $153 \text{ t/m.n.}^2$ ) que las obtenidas en este crucero, resaltando la mayor dispersión de la especie en esta oportunidad.

La tendencia del krill a formar supercardúmenes de gran extensión (Everson, 1982) y con densidades que puedan variar alrededor de  $16 \text{ kg/m}^2$  (Mathisen y Macaullay, 1983), o de  $195 \text{ ejem./m}^2$  (Naito *et al.*, 1986), explican las diferencias registradas en la biomasa obtenida durante el desarrollo del proyecto FIBEX entre los sectores Indico y Atlántico.

De acuerdo con la información registrada acústicamente, se ha determinado que la distribución general de la especie está circunscrita a las aguas ubicadas al sur de la Convergencia Antártica. Las altas densidades pueden ser relacionadas, en términos generales, con las isoterms menores a  $0^\circ\text{C}$ , principalmente  $0^\circ$  a  $-1,5^\circ\text{C}$  (Naganobu e Hirano, 1982) y con las áreas donde el flujo de agua es lento, dada la pobre habilidad natatoria del krill (Koch y Stein, 1977; Maslennikov y Solyankin, 1980; Naganobu e Hirano, 1986). Este patrón de comportamiento coincide en parte con lo observado en este crucero, con excepción del krill distribuido en las aguas provenientes del mar de Bellingshausen, que presentan una mayor temperatura que las registradas en el estrecho Bransfield (Sievers, 1982; Kelly y Blanco, 1982). Esta situación también fue observada por Naganobu e Hirano (1982) en las cercanías de las islas Sandwich del Sur y Georgia del Sur en 1981.

Respecto a la distribución horizontal del krill detectado en el verano austral de 1985, es posible observar que durante la misma estación de 1981 este crustáceo se localizó preferentemente en el centro del estrecho Bransfield, a diferencia de lo observado en el verano de 1985 en que se ubicó principalmente en las áreas costeras de ese estrecho.

Considerando la hipótesis planteada por Maslennikov y Solyankin (1980) y Naganobu e Hirano (1986), en cuanto a que el flujo de corriente determina el movimiento migratorio del krill y de acuerdo con la dirección de este flujo en el estrecho Bransfield (Sievers, 1982; Kelly y Blanco 1986), esta especie tendría una migración en el sentido occidente-oriente, proveniente principalmente del mar de Bellingshausen, para llegar al área de isla Elefante y al mar de Weddell. Sin embargo, los antecedentes disponibles sobre las fuertes migraciones día/noche (Kalinowski y Witek, 1980; Guzmán, 1981; Everson, 1982; Lillo y Guzmán, 1982; Mathisen y Macaulay, 1982; Hampton, 1986) señalan que esta especie posee una capacidad locomotora propia, que disminuiría su dependencia de las corrientes.

Batimétricamente, esta especie se localiza principalmente entre los 10 y 200 metros de profundidad, detectándose generalmente las mayores concentraciones en los primeros 100 metros. En relación a esto, Lillo y Guzmán (1982) señalan que alrededor del 50% de la biomasa detectada en el verano de 1981, en el estrecho Bransfield, se ubicó en el estrato 100 a 200 metros, lo que presenta algunas diferencias con lo observado en el verano de 1985, en que las profundidades máximas alcanzadas no sobrepasaron los 140 metros.

Es importante destacar que en el verano de 1985, la salinidad y oxígeno disuelto fueron superiores que los informados en periodos anteriores (Sievers, 1982; Kelly y Blanco, 1986); esta situación también fue observada en las temperaturas del mar (Kelly y Blanco, 1986), situación que puede ayu-

dar a explicar las diferencias en la distribución del krill en el estrecho Bransfield entre los veranos de 1981 y 1985.

Se debe señalar que en el verano de 1985, se detectó la presencia en cantidades importantes de otros eufáusidos, entre los que se destacó el género *Thysanoessa*. Los especímenes de este género se localizaron con mayor intensidad en el sector central del estrecho Bransfield y hacia la isla Low. Lamentablemente, no fue posible efectuar la estimación de su biomasa, debido a la carencia de información para calcular su intensidad de blanco ( $\overline{TS}$ ).

Cualquier técnica de cuantificación que utilice muestreos, incluyendo la acústica, está afectada principalmente por errores de tipo sistemáticos y aleatorios o de muestreo. El primero determina el sesgo y el segundo la precisión que se pretenda alcanzar (Bazigos, 1975; Johannesson y Mitson, 1983).

Los errores de tipo aleatorios se miden aplicando la estadística convencional y están en función de la distribución y agregación del recurso; oportunidad del muestreo; cobertura geográfica del muestreo; comportamiento del recurso día/noche y de los métodos de análisis estadísticos de los datos. En este sentido, el error del estimado de biomasa de un 31,5%, alcanzado en este cruce puede ser calificado como satisfactorio y dentro de los límites considerados normales, dado el carácter altamente gregario presentado por el krill.

El error del estimado acústico total, informado por Hampton (1986) en el FIBEX, fue de 49,8, fluctuando entre 20,1% y 82,5% para los sectores Atlántico y Pacífico, respectivamente. Estos niveles de error también los informa Nast (1982) quien, muestreando con una red de plancton RMT 1  $\pm$  8 en el mar de Weddell en el verano de 1981, obtuvo una biomasa de  $1,36 \pm 86\%$  millones de toneladas. Nast *et al.* (1982) compara los estimados de biomasa de krill mediante red de plancton en los veranos de 1975/76 y 1980/81, en la confluencia Weddell-Scotia, logrando valores de  $2,53 \pm 75\%$  y  $0,76 \pm 77\%$  millones de toneladas, respectivamente.

Entre los errores de tipo sistemáticos, el que presenta la mayor influencia en el cálculo de la biomasa es el relacionado con la determinación de la intensidad de blanco ( $\overline{TS}$ ). Este valor depende de factores tales como el tamaño del krill, la frecuencia y la ubicación del blanco en el haz acústico.

El  $\overline{TS}$  utilizado en este caso fue  $-63,4$  dB para ejemplares de 42,6 milímetros de longitud promedio. Este valor fue determinado sobre la base de la ecuación propuesta por Protaschuk y Lukashova (1982), para un ecosonda de 120 KHz de frecuencia y ejemplares con un rango de longitud de 30 a 60 milímetros.

De acuerdo con los resultados publicados por diversos autores, expuestos en la Tabla 5, el  $\overline{TS}$  considerado se encuentra dentro de los rangos aceptados, teniendo presente los diversos métodos y condiciones de medición.

En la Tabla 6 se comparan los  $\overline{TS}$ ,  $\overline{TS}_{kg}$  y  $\hat{C}_b$  obtenidos mediante los métodos de Hampton (1983), Kalinowski *et al.* (1980), Guzmán *et al.* (1982) y Protaschuk y Lukashova (1982), observándose que los resultados alcanzados mediante el último procedimiento, no sobrepasan los 1,2 dB respecto al de Hampton (1983) y Kalinowski *et al.* (1980) y son 1,06 dB mayor que los de Guzmán *et al.* (1982). Estos mismos rangos se reflejan en los  $\overline{TS}_{kg}$ , por lo cual los resultados más cercanos a su valor de  $\overline{TS}_{kg} = -32$  dB/kg, que puede ser considerado estándar, son los obtenidos por Guzmán *et al.* (1982) y Protaschuk y Lukashova (1982).

Dado lo anterior, el  $\hat{C}_b$  utilizado en este trabajo es un 21,3% y 23,7% menor que los calculados por Guzmán *et al.* (1982) y Hampton (1983), respectivamente.

Todo lo antes expuesto confirma lo adecuado del método aplicado en el cálculo del  $\overline{TS}$  y por lo tanto en la estimación de la biomasa de krill en el estrecho Bransfield.

Tabla 5

INTENSIDAD DE BLANCO ( $\overline{TS}$ ) ESTIMADA PARA DIVERSAS ESPECIES DE EUFAUSIDOS

$\overline{TS}$ (dB)	Rango de long. ejemplares (mm)	Frec. (khz)	Método determinación de la densidad	Autor - Año
72,2 a - 64,7	12,1 - 17,0	102	Capturas con red plancton	Pieper, 1971**
65,0	35	120	Capturas con red plancton	Saemoto, 1980*
-78,0 a -73,0	19,0 - 23,0	103,5	Un ejemplar preservado	Greenlaw, 1977*
-80,0 a 72,5	18,5	120	Capturas con red plancton	Saemoto, 1980*
78,7 a 67,3	11,6 - 18,6	120	Capturas con red plancton	Pieper, 1980**
-59,7	18,0	120	Cal. directa ejemplares preservados	Guzmán, 1981
-70,2 a 82,0	31,6	120	Capturadas con arrastre de media agua	Guzmán, 1981
-81,3	37 - 39		Capturas con red plancton	Everson, 1982
-82,0	30		Calculado	Greenlaw <i>et al.</i> , 1980
75	60		Calculado	Greenlaw <i>et al.</i> , 1980
68,1	W = 0,62 g	200	Análisis de ecogramas para determinación del volumen insonificado	Nakayama K., <i>et al.</i> , 1986
( $\overline{TS}_{kg} = -36,0$ )	(L = 20 mm)			
$\overline{TS} = 2,2 L - 72$				
62,0	46,0	159	Ejemplares preservados	Kalinowski J. <i>et al.</i> , 1980
$\overline{TS} = 75,1 + 23,05 \log L$		200	ejemplares ubicados en monofilamento nylon	Doi, T., 1982
65,1	46	120	Determinación fotográfica	Guzmán, 1982
$\overline{TS} = 100,82 + 20 \log L$	45	50		Hampton, 1983
-67,8				
$\overline{TS} = 97,2 + 20 \log L$	45	120		Hampton, 1983
-64,1				

(\*) En Everson 1982.

(\*\*) En Guzmán *et al.* 1982.

Tabla 6

COMPARACION DE  $\overline{TS}$ ,  $\overline{TS}_{kg}$  Y  $\hat{C}_b$  MEDIANTE CUATRO METODOS

	$\overline{TS} = 2,1 L - 72,3$ 1/	Guzmán <i>et al.</i> , 1982	$\overline{TS} = 97,2 + 20$ log. L 2/	$\overline{TS} = 2,3 L - 72$ 3/
L (mm)	42,6	46,0	42,6	42,5
W (g)	0,71	—	0,71	0,71
$\overline{TS}$ (dB)	-63,4	-65,1	-64,6	-62,2
$\overline{TS}_{kg}$ (dB/kg)	-31,9	-32,96	33,1	30,7
$\hat{C}_b$ (t/m.n. <sup>2</sup> /mm)	3,03	3,85	3,97	2,29

1/ Protaschuk y Lukashova (1982)  $f = 120$  khz

2/ Hampton (1983)  $f = 120$  khz

3/ Kalinowski J. *et. al.*, 1980  $f = 159$  khz

## CONCLUSIONES

La biomasa del krill en el estrecho Bransfield durante el verano austral de 1985 fue un 47% superior a la estimada en igual período y zona en 1981, alcanzando un valor de 1.721.040 toneladas.

El recurso se distribuyó preferentemente en los sectores costeros y en la boca oriental de ese estrecho, desde los 10 a 140 metros de profundidad, lo que difiere a lo detectado en 1981.

La densidad promedio de krill calculada en este estudio es similar a la alcanzada en 1981.

Los ejemplares de menor tamaño tendieron a ubicarse en la boca oriental y centro de aquel estrecho, formando agregaciones de alta densidad.

El krill se localizó preferentemente en 8,0 cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup> de oxígeno disuelto y 34,1 a 34,5‰ de salinidad. La fracción del recurso ubicado en la boca oriental y centro del estrecho Bransfield estuvo asociada a temperaturas menores a 0°C, mientras que en el sector poniente la especie fue detectada en isotermas mayores a 0°C.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestra gratitud a las siguientes instituciones y personas:

Al Instituto Antártico Chileno, por el financiamiento y facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, y al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), por permitirnos participar en este proyecto.

A don Armando Mujica R., investigador del IFOP, por sus atentas correcciones al manuscrito; al profesor de la Universidad de Concepción Sr. Marco A. Retamal, por proporcionarnos información de gran utilidad; a la Srta. M. Yolanda Morales, secretaria de la División Recursos del IFOP, y a los integrantes de las secciones Dibujo y Diseño e Imprenta del IFOP.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAZIGOS, G. P., 1975. The statistical efficiency of echo surveys with special reference to Lake Tanganyica, FAO Fish. Tech. Pap. (139): 52 p.
- DOI, T., 1982. Target strength, distribution pattern and abundance of krill *Euphausia superba* in the Antarctic observed by "Kaiyo-Maru" in the 1981 season. Symposium on Fisheries Acoustics (Bergen, Norway, 21-24 June 1982), Paper 26, 14 págs.
- EVERSON, I., 1982. Diurnal variations in mean volume backscattering strength of an Antarctic krill (*Euphausia superba*) Patch. Journal of Plankton Research. 4 (1).
- FOOTE, K. G., 1981. Absortion term in time varied gain functions. Fisk Dir. Skr. Ser. Harunders, 17: 191-213.
- GUZMÁN, O., 1981. Programa investigaciones del recurso krill. Cuantificación del krill antártico (*Euphausia superba*) en estrecho Bransfield, mediante técnicas hidroacústicas. Corporación de Fomento de la Producción. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile.
- HAMPTON, I., 1983. Preliminary report on the FIBEX Acoustic Work to estimate the abundance of *Euphausia superba*. Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue, 27: 165-175.
- HAMPTON, I. 1986. Report of ad hoc acoustics working group post-FIBEX Data Interpretation Workshop. Universidad de Hamburgo, 20 sept. - 19 oct.
- HANSEN, R., W. MADOW y W. HURWITZ, 1953. Sample survey methods and theory. Vol. I. Ed.: John Wiley and Sons, Inc. USA. 638 págs.
- JOHANNESON, K. A. y R. B. MITSON, 1983. Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. FAO Fish. Tech. Pap. (240): 249 p.
- KALINOWSKI, J., A. DYKA y L. KILIAN, 1980. Target Strength of Krill. Pol. Polar Res. 1 (4): 147-153.
- KALINOWSKI, J. y Z. WITEK, 1980. Diurnal vertical distribution of krill aggregations in the Western Antarctic. Pol. Polar Res. 1 (4): 127-146.
- KELLY, R. y J. BLANCO. 1986. Hidrografía del estrecho Bransfield durante el verano austral 1985 (SIBEX-Fase II, Chile). Ser. Cient. INACH 35: 7-30.
- KOCH, K. y M. STEIN. 1977. Krill and hydrographic conditions off the Antarctic Peninsula. Sonderdruck aus Bd. 26 (1977/78), H. 1-2, S. 79-95.
- LILLO, S. y O. GUZMÁN, 1982. Estudio de la abundancia, distribución y comportamiento del krill en el estrecho Bransfield y paso Drake, mediante técnicas hidroacústicas. Ser. Cient. INACH, 28: 23-55.
- MASLENNIKOV, V. V. y YE V. SOLYANA, 1980. Role water dynamics in the maintenance of an *Euphausia superba* Dana population in the Weddell Sea. Oceanology, 20 (2): 192-195.
- MATHISEN, O. y M. C. MACAULAY, 1983. The morphological features of a super swarm of krill, *Euphausia superba*. National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan. July. 153-164 pp.
- NAGANOBU, M. y T. HIRANO. 1982. Geographical distribution of the Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana, and its environmental structure. National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan, October. pp 1-4.

- NAGANOBU, M. y T. HIRANO, 1986. Environmental factors for geographical distribution of *Euphausia superba* Dana. Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue, 40: 191-193.
- NAITO, Y., A. TAMIGUCHI y E. HAMADA, 1986. Some observations on swarms and mating behavior of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Mem. Nat. Inst. Polar Res., Spec. Issue, 40: 178-182.
- NAKAYAMA, K., K. SHIRAKIHARA e Y. YOMAKI, 1986. Target strength of krill "in situ" at the frequency of 200 Khz. Mem. Natl. Inst. Polar Res. Issue, 40: 153-161.
- NAST, F. 1982. The assessment of krill (*Euphausia superba* Dana) biomass from a net sampling programme. Meeresforsch. 29: 154-165.
- NAST, F., T. POMMERANZ y M. STEIN, 1982. A comparison of krill abundance between the 1975/76 and 1980/81 seasons around the Weddell - Scotia confluence. International Council for the Exploration of the Sea. 11 p.
- NIELSON, R. L., I. HAMPTON e I. EVERSON. Calibration of hydroacoustic instruments. Biomass Handbook N° 1. 52 p.
- PROTASCHUK, V. A. y T. A. LUKASHOVA, 1982. Determination on Antarctic krill acoustic back scattering cross section. Symposium on Fisheries Acoustics (Bergen, Norway, 21-24 June 1982), paper N° 66, 11 pp.
- RETAMAL, M. 1986. Some biological aspects on *Euphausia superba* population (en preparación).
- SHIRAKIHARA, K., K. NAKAYAMA e Y. KOMAKI, 1966. Acoustic estimation of krill biomass in R. V. Kaiyo Maru SIBEX-I Survey area (Indian Sector of the Southern Ocean). Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue, 40: 140-152.
- SIEVERS, H, 1982. Descripción de las condiciones oceanográficas físicas, como apoyo al estudio de distribución y comportamiento del krill. Ser. Cient. INACH, 28: 87-136.
- SIMRAD, 1972. Simrad echointegrator QM operations and maintenance, SIMRAD P 574 E. 43 págs. Oslo.
- STEPNOWSKI, A. y J. BURCZYNSKY, 1981. The analysis of the calibration constant in the hydroacoustic system of fish abundance estimation. In: Suomala, J. B. ed. 1981. Meeting on hidroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-29 June 1979. 11: Contributed Papers, discussion and comments. The Charles Stark Draper Laboratory, Inc. Cambridge, Mass., U.S.A., 964 pp.