



ISSN 0378-7702

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

Volumen 32

Número 2

• **Crucero de Estimación de la Biomasa Desovante de la Anchoqueta por el Método de Producción de Huevos**
BIC Olaya y LP IMARPE V 0108-09

• **Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos BICs Humboldt, Olaya, SNP-2 y LP IMARPE IV 0110-11**



Abril a Junio 2004

Callao, Perú

ABUNDANCIA ACÚSTICA DE RECURSOS MARINOS PERUANOS EVALUADOS EN LA PRIMAVERA 2001

ACOUSTIC ABUNDANCE OF PERUVIAN MARINE RESOURCES EVALUATED DURING THE SPRING 2001

Mariano Gutiérrez T. Salvador Peraltilla N. P. Ramiro Castillo V.
Francisco Ganoza Ch. Aníbal Aliaga R. Naldi Herrera A.,
Gabriel Gaviola del R. Jairo Calderón M.

RESUMEN

GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S, CASTILLO R, GANOZA F, ALLAGA A, HERRERA N, GAVIOLA G, CALDERÓN M. 2004.- Abundancia acústica de recursos marinos evaluados en la primavera 2001. *Inf Inst Mar Perú*. 32(2): 155-165.- El Crucero 0110-11 de Evaluación de Recursos Pelágicos cubrió prácticamente la totalidad del dominio marítimo nacional. Se rastrearon acústicamente 76 transectos con una extensión de 170 a 200 mn y una separación de 15 mn, a bordo de los BICs Humboldt, Olaya y SNP-2 con el apoyo de la LP IMARPE IV. La aplicación del método acústico de eointegración mostró una biomasa de $6,84 \times 10^6 \text{ t} \pm 18,5\%$ para anchoveta. Otros métodos de análisis de la abundancia han representado valores similares, por lo que se considera que el sesgo estadístico inherente a los métodos acústicos de evaluación no es significativo. Se presenta también el resultado de la evaluación de biomasa de jurel, caballa, pota, vinciguerría, múnida, falso volador, bagre, camotillo y anchoveta blanca.

PALABRAS CLAVE: biomasa, evaluación, fuerza de blanco, isoparalitoral, mar peruano, primavera 2001.

ABSTRACT

GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S, CASTILLO R, GANOZA F, ALLAGA A, HERRERA N, GAVIOLA G, CALDERÓN M. 2004.- Acoustic abundance of Peruvian marine resources evaluated during the spring 2001. *Inf. Inst. Mar Perú*. 32(2): 155-165.- The 0110-11 Survey on Hydroacoustic Assessment of Pelagic Resources practically covered the total of the Peruvian marine domain. 76 transects, with an extension from 170 to 200 mn and a separation of 15 mn between each one were acoustically surveyed, on board of RVs Humboldt, Olaya and SNP-2 with the support of FB IMARPE IV. The application of the acoustic method of eointegration showed a biomass of $6,84 \times 10^6 \pm 18,5\%$ tons for anchovy; other methods of abundance analysis have represented similar values, for what it is considered that the inherent statistical bias of the acoustic assessment is not significant. The results of the assessment for horse mackerel, mackerel, giant squid, vinciguerría, carrot lobster, lumptail searobin, catfish, seabass and white anchovy, are also presented.

KEYWORDS: biomass, assessment, target strength, isoparalitoral, Peruvian sea, spring 2001.

INTRODUCCIÓN

Luego de once años, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) ha ejecutado una prospección que ha cubierto la totalidad del dominio marítimo nacional a través del desarrollo del Crucero 0110-11 de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. Esta prospección ha contado con el auspicio y soporte técnico y financiero de la Japan Deep Sea Trawlers Association (JDSTA) en virtud a un convenio de cooperación suscrito con el IMARPE.

El Crucero se llevó a cabo durante la primavera de 2001, del 3

de octubre al 13 de noviembre de 2001, a bordo de los BICs Humboldt, Olaya y SNP-2 con el apoyo de la LP IMARPE IV; su objetivo principal fue evaluar la distribución, abundancia y estado biológico y poblacional de los principales recursos pelágicos en función de las condiciones ambientales.

Además de los principales recursos pelágicos (anchoveta *Engraulis ringens*, sardina *Sardinops sagax*, jurel *Trachurus murphyi* y caballa *Scomber japonicus*) se extendió la investigación hacia otras especies que, ya sea por su naturaleza pelágica o por haber mostrado en épocas recientes una

alta abundancia, se constituyen en predadores, competidores o presas para los pequeños pelágicos antes mencionados.

Esas otras especies son la vinciguerría (*Vinciguerría lucetia*), jibia o pota (*Dosidicus gigas*), múnida *Pleuroncodes monodom*, samasa (*Anchoa nasus*), camotillo (*Diplectrum* sp.), bagre (*Cathorops* sp.) y falso volador (*Pryonotus stephanophrys*).

El presente documento muestra los resultados de los análisis de abundancia o biomasa estimados en base a la colección de datos acústicos a lo largo del área prospectada de Tacna a Tumbes, de 0 a 200 mn de

distancia a la costa. Se muestran también los límites de confianza de las evaluaciones individuales y los resultados de las calibraciones e intercalibraciones realizadas entre las naves participantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del muestreo

El Crucero 0110-11 de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos fue diseñado para cubrir prácticamente la totalidad del dominio marítimo peruano desde Tacna hasta Tumbes, y desde la costa hasta 200 mn mar afuera. El diseño de la grilla de Crucero es de tipo sistemático-paralelo, con 76 transectos de 170 y 200 mn orientados en forma perpendicular a la línea de costa; la separación entre transectos (intertransectos) fue de 15 mn.

La zona entre 0 a 120 mn de la costa fue rastreada por los BICs Humboldt y SNP-2, con trayectos más extensos para el Humboldt, a fin de permitir la ejecución de análisis de la zona costera en forma independiente, además de compensar la menor velocidad del BIC SNP-2. La velocidad de crucero fue de 10 nudos, algo superior a la velocidad máxima del SNP-2.

El BIC Olaya prospectó la zona comprendida entre 120 y 200 mn, con trayectos suplementarios en las zonas de quiebre de la línea de costa (Punta Falsa y San Juan) (Figura 1).

La LP IMARPE V rastreó, sin derrotero definido, la zona costera dentro de las 5 mn, a fin de ampliar el muestreo biológico en una zona caracterizada por su alta diversidad especiológica, además de coleccionar información acústica suplementaria en razón de que los BICs tienen ingreso restringido a zonas someras en razón de su calado.

La Unidad Básica de Muestreo acústico (UBM) fue de una milla náutica (1,0 mn) de acuerdo con un patrón establecido en 1994 según las recomendaciones de FOOTE (1995).

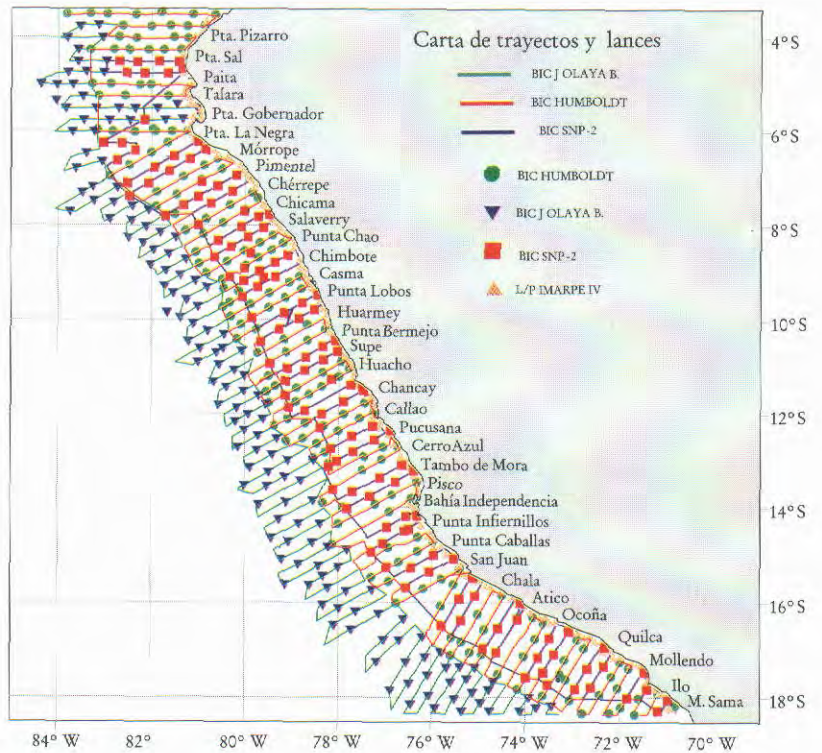


Figura 1. Carta de Trayectos y Lances del Crucero 0110-11.

Características de los equipos acústicos empleados

Los tres BICs estuvieron equipados con ecosondas científicas digitales de similares prestaciones. Los BICs Olaya y SNP-2 utilizaron ecosondas SIMRAD EK500; la del BIC Olaya operó a 38 y 120 kHz de emisión sonora, y la del BIC SNP-2 únicamente utilizó la de 120 kHz. El BIC Humboldt utilizó una ecosonda SIMRAD EK60 con frecuencias de 38 y 120 kHz. Todos los transductores utilizados fueron del tipo split beam.

Para evaluar las especies de mayor distribución vertical (pota y vinciguerría) se utilizó la frecuencia sonora de 38 kHz debido a su mayor alcance; para las otras especies se usó la de 120 kHz.

El equipamiento acústico utilizado se complementó con el uso de una estación informática en cada

nave, cada una de las cuales contó con una licencia del software Echoview para los análisis de ecointegración y morfología de los cardúmenes. El equipamiento se completó con el uso de esferas de cobre y accesorios de calibración.

Para colección de datos acústicos se utilizó el programa EchologEK en las computadoras conectadas a las ecosondas EK500. A bordo del Humboldt se utilizó el software BI500 para la adquisición de los datos y su posterior importación desde Echoview. En todas las ecosondas se ajustaron los telegramas de manera tal de registrar 500 muestras de información hasta 750 m en el caso de 38 kHz y un número similar de muestras hasta 250 m en el caso de los 120 kHz. Toda la data exportada ha sido grabada en discos compactos para facilitar análisis posteriores.

Especies evaluadas

Se han evaluado acústicamente las especies que, pelágicas o no, ya sea por su abundancia o por su importancia comercial, justifican su inclusión en este tipo de estudio. Ellas son ocho: dos Engraulidae: "anchoveta" (*Engraulis ringens* Jenyns) y "samasa" o "anchoveta blanca" (*Anchoa nasus* (Kner y Steindachner)); un Ariidae: "bagre con faja" (*Galeichthys peruvianus* Lutken); un Photichthyidae: "vinciguerría", "portador de luces", "portador de linternas" o "pez luminoso" (*Vinciguerría lucetia* (Garman)); un Triglididae: "vocador", "falso volador" o "cabrilla voladora" (*Prionotus stephanophrys* Lockington); un Carangidae: "jurel", "furel", "chicharro", "jurelillo" o "cairel" (*Trachurus murphyi* Nichols); un Scombridae: "caballa", "verle" (*Scomber japonicus* Houttuyn); un Serranidae: "camotillo" o "camote" (*Diplletrumm* spp.).

Discriminación de ecotrazos

La discriminación de ecotrazos se ha realizado sobre dos criterios: (1°) ecotrazos típicos donde la identificación es plena y no se requiere aplicar un porcentaje ponderado basado en las capturas de los lances cercanos; (2°) resultados de los lances de comprobación en los casos donde los ecotrazos no son claramente identificables o donde se aprecia una mezcla o dispersión importante en la distribución espacial de los ecotrazos, situación que suele darse en horas de oscuridad para sardina, jurel, caballa, pota y vinciguerría. En este caso se pondera la captura obtenida en el lance más cercano en función al cuadrado de la estructura de tallas cuando el 100 % de la captura corresponde a individuos de la misma clase; se utiliza el promedio simple cuando esta condición no se presenta.

Para la identificación de ecotrazos, y para el muestreo biológico de especímenes, se ha efectuado una cantidad importante de lances de pesca (Tabla 1).

Tabla 1. Actividades realizadas durante el Crucero 0110-11

ACTIVIDAD	HUMBOLDT	JOSE OLAYA	SNP - 2	IMARPE IV	TOTAL
Millas navegadas	7,280	7,095	5,233	2,561	22,169
Millas prospectadas	6,080	5,895	4,033	1,361	17,369
Lances de pesca	180	156	134	151	621
Captura total (kg)	8,068	1,331	2,718	944	13,060
Transectos cubiertos	69	78	35		182
Estaciones hidrográficas	40	23			63
Estaciones superficiales	605	572	333	151	1,661
Estaciones con CTD	47	32			79
Lances con red Hensen	147	81			228
Lances con red de fitoplancton	121	78	50		249

Calibraciones e intercalibraciones

Las calibraciones se llevaron a cabo con la finalidad de ajustar las lecturas de ecointegración a un valor de referencia conocido para cada una de las frecuencias de sonido utilizadas; sólo de esta manera es posible iniciar una evaluación acústica sobre bases fiables. Para ello se utilizaron esferas de cobre suspendidas bajo los transductores de los barcos participantes midiendo su Fuerza de Blanco (TS) y comparándolo con su valor de laboratorio, que es de -33,6 dB para 38 kHz y de -40,4 dB para 120 kHz. Los procedimientos están descritos en ICES (1987) y las ecuaciones utilizadas lo están en SIMRAD (1997).

Habiendo calibrado el TS de las esferas, se estimó en forma teórica la ecointegración media (NASC) de éstas, para un intervalo de tiempo (o de pulsos emitidos) dado, valor que es comparado con la medición efectiva de la retrodispersión acústica de las mismas. La relación entre ambos valores se conoce como *constante instrumental* (C_i), y debe ser igual a 1, si la calibración de la esfera estuvo correctamente realizada. De no ser así se deberá variar la ganancia Sv del *transductor* hasta que la relación entre el NASC teórico y el NASC leído se igual o muy próximo a la unidad. Las ecuaciones para este proceso están contenidas en ICES (1987) y en SIMRAD (1997).

Las intercalibraciones sirven también para establecer la compatibilidad entre las mediciones acústicas de los barcos participantes. Si las

ecosondas estuvieron bien calibradas se puede esperar que las mediciones sean similares cuando se insonifican blancos de similares características. Sin embargo, por rigurosidad metodológica, es conveniente realizar una intercalibración que en forma práctica se realiza con los barcos participantes navegando por algunas horas en forma paralela, y sincronizando sus intervalos de muestreo tanto horizontal como verticalmente.

De acuerdo a MACLENNAN y SIMMONDS (1992), en forma ideal las lecturas de los barcos deben ser similares, lo cual es muy difícil de lograr en mar abierto, pero es sobre todo fundamental que la tendencia de las curvas de NASC para cada barco sean similares. Sólo así es posible promediar las ecuaciones de NASC en dos ejes para lograr una relación de la forma $y = ax + b$ para cada embarcación; de este modo, las lecturas de cada barco pueden ser corregidas teniendo el promedio como referencia. Si las mediciones de NASC y la tendencia son distintas, entonces es evidente que alguna o todas las ecosondas estuvieron mal calibradas.

Estimación de la abundancia y límites de confianza

La abundancia o biomasa ha sido estimada en toneladas. Para ello, los promedios de ecointegración (NASC) por especies y para cada UBM han sido estratificados según áreas isoparalitorales, de acuerdo a

GUTIÉRREZ Y PERALTILLA (1999), donde la proyección de la línea de costa cada 10 mn y la proyección de los paralelos de latitud cada 30 minutos, configuran una zonificación marítima en la que cada área así delimitada posee una codificación que facilita la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para una rápida, precisa y confiable estimación de parámetros estadísticos. De esta manera se ha obtenido para cada estrato un NASC promedio y la magnitud de su área en mn².

La estimación de la abundancia ha sido realizada aplicando lo descrito por MACLENNAN y SIMMONDS (1922), donde los valores NASC permiten estimar el número de peces detectados en cada UBM al aplicar las ecuaciones de Fuerza de Blanco (TS) para la determinación de la sección transversal de retrodispersión (σ_{BS}).

FOOTE (1987) propuso la utilización de ecuaciones de TS de la forma:

$$TS = 20 \text{ Log } L - b_{20} \text{ (ecuación 1)}$$

donde L es longitud del pez en cm y b_{20} (en dB) es un factor dependiente de las características reflectivas del blanco. MACLENNAN y SIMMONDS (1922) presentan la estimación de la biomasa como función de la densidad o número de peces:

$$p = \text{NASC} / \sigma_{BS} \text{ (ecuación 2)}$$

$$\sigma_{BS} = 4 p 10^{TS/10} \text{ (ecuación 3)}$$

La biomasa es entonces calculada dentro de cada estrato isoparalitoral en base al peso medio de cada pez, lo cual se estima de la siguiente manera:

$$w = a L^b \text{ (ecuación 4)}$$

donde a y b son constantes.

Aplicando las cuatro ecuaciones anteriores a los promedios de NASC y tallas por especies, para cada área isoparalitoral de la cual

conocemos su magnitud, tenemos que la biomasa es igual a:

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{\text{NASC}_i}{10^{(20 \text{Log } L_i - b_{20})}} a_i L_i^b A_i \text{ (ecuación 5)}$$

Los límites estadísticos de confianza de la evaluación han sido estimados en base a lo descrito por BAZIGOS (1975). Para ello, los promedios de NASC son ponderados en función a la varianza de los datos acústicos dentro de cada estrato y su correspondiente área. Los resultados parciales son a su vez ponderados en función al área y eointegración media total para obtener un indicador estadístico de la precisión de la evaluación.

Ecuaciones de TS utilizadas

Las ecuaciones de TS y que han sido esta vez utilizadas para la estimación de la abundancia se anotan en la Tabla 2.

Para la estimación de la biomasa de jurel se ha utilizado la ecuación propuesta por FOOTE (1987) para clupeidos: $TS = 20 \log L - 71.9$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calibración de las ecosondas

Se llevaron a cabo dos calibraciones para las naves participantes, al principio y al final de la prospección, con la excepción del BIC Humboldt, en el cual no fue posible realizar la calibración final debido a que debió cubrir una comisión especial relacionada con el mantenimiento a boyas oceanográficas.

Los resultados de la primera calibración fueron mantenidos a lo largo del crucero; la segunda calibración mostró pequeñas diferencias respecto a la primera, y por lo tanto el sesgo que se pueda introducir en la magnitud de las biomasa calculadas es despreciable. Los resultados de la primera calibración, llevada a cabo en el Puerto de Matarani (17°S) el día 7 de octubre de 2001 se incluyen en la Tabla 3.

Intercalibración

Se realizaron dos intercalibraciones entre las tres embarcaciones al inicio del crucero y otra al final entre los

Tabla 2. Ecuaciones de TS utilizadas para la estimación de la abundancia de recursos pelágicos

Según GUTIÉRREZ y MACLENNAN (1998):		
Anchoveta, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 76,25$	10,0-13,0 cm (ecuación 6)
Sardina, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 74,10$	12,0-20,0 cm (ecuación 7)
Caballa, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 70,80$	26,0-30,0 cm (ecuación 8)
Según GUTIÉRREZ y HERRERA (1999):		
Samasa, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 86,57$	10,0 a 14,5 cm (ecuación 9)
Caballa, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 83,09$	10,0 a 20,0 cm (ecuación 10)
Vinciguerría, 38 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 82,04$	3,5 a 6,5 cm (ecuación 11)
Según GUTIÉRREZ (1999):		
Anchoveta, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 81,80$	6,0 a 8,5 cm (ecuación 12)
Anchoveta, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 78,50$	11,5 a 14,5 cm (ecuación 13)
Según GUTIÉRREZ (2000):		
Anchoveta, 120 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 82,20$	5,5 a 9,5 cm (ecuación 14)
Pota, 38 kHz:	$TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 87,20$	12,0 a 24,0 cm (ecuación 15)
Según MACLENNAN et al (1998)		
Anchoveta, 120 kHz:	$TS = 20 \text{ Log } L \text{ (cm)} - 77,50$	15,10 cm (ecuación 16)

BICs Humboldt y Olaya. La primera se realizó antes del inicio del rastreo acústico, durante la navegación entre Matarani y Los Palos, Tacna. Los resultados de dicha intercalibración han sido utilizados para corregir las lecturas de ecointegración de las embarcaciones.

La Figura 2 muestra los resultados de la primera intercalibración, la cual tuvo una duración de tres horas con intervalos de 1 mn y una velocidad de 10 nudos. La tendencia es similar en los tres casos y el promedio es prácticamente coincidente con el del BIC SNP-2.

La Figura 3 muestra un ejemplo de regresión lineal para la estimación de las correspondientes ecuaciones de intercalibración.

Para efectos de la estimación de biomasa, las lecturas discriminadas por especies en cada barco fueron corregidas utilizando el promedio de NASC de los tres embarcaciones, es decir aplicando la ecuación de correlación correspondiente, tanto a 38 como a 120 kHz. Las ecuaciones determinadas y utilizadas fueron las siguientes:

120 kHz:
 BIC Humboldt $Y = 1,395X + 20,227$ (ecuación 17)
 BIC Olaya $Y = 1,062X + 13,827$ (ecuación 18)
 BIC SNP -2 $Y = 0,668X + 0,9484$ (ecuación 19)

38 kHz:
 BIC Humboldt $Y = 1,2572X + 0,1739$ (ecuación 20)
 BIC Olaya $Y = 0,737X + 11,92$ (ecuación 21)

Tabla 3. Resultados de la primera calibración en Puerto Matarani el 7 octubre 2001.

BIC Humboldt		
Frecuencia	120 kHz	38 kHz
Ecosonda	EK60	EK60
Transductor	ES-120-7	ES-38
Ganancia TS	24,90 dB	25,40 dB
Ganancia Sv	25,10 dB	26,50 dB
Longitud de pulso	0,256 ms	1,024 ms
Ancho de Banda	8710 Hz	2425 Hz
2 way beam angle	-20,80 dB	-20,50 dB
3dB beam width along	7,9 g	6,9 g
3dB beam width atwart	7,4 g	6,9 g
Constante instrumental	1,0	1,0
BIC José Olaya Balandra		
Frecuencia	120 kHz	38 kHz
Ecosonda	EK500	EK500
Transductor	ES-120-7	ES-38B
Ganancia TS	22,28 dB	25,94 dB
Ganancia Sv	22,07 dB	25,47 dB
Longitud de pulso	0,3 ms	1,0 ms
Ancho de Banda	1200 Hz	380 Hz
2 way beam angle	-20,50 dB	-20,80 dB
3dB beam width along	7,3 g	7,0 g
3dB beam width atwart	7,2 g	6,9 g
Constante instrumental	1,0104	0,9479
BIC SNP-2		
Frecuencia	120 kHz	
Ecosonda	EK500	
Ganancia TS	23,86 dB	
Ganancia Sv	23,51 dB	
Longitud de pulso	1,0 ms	
Ancho de Banda	12000 Hz	
2 way beam angle	-20,70 dB	
3dB beam width along	7,0 g	
3dB beam width atwart	7,1 g	
Constante instrumental	1,0230	

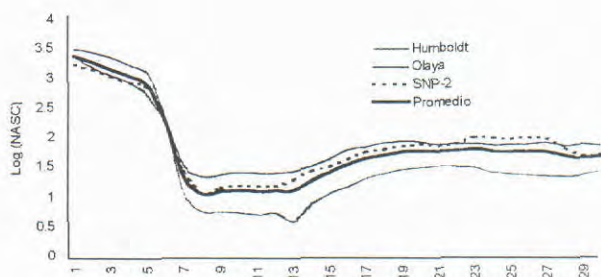


Figura 2. Intercalibración acústica de los BICs Humboldt, Olaya y SNP-2.

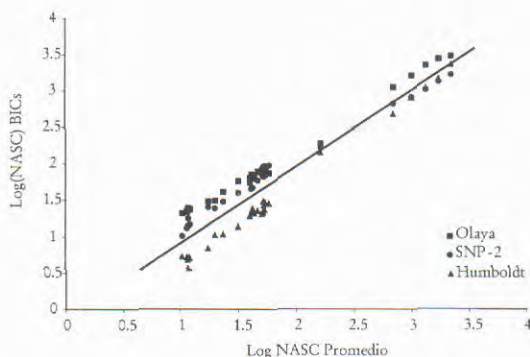


Figura 3. Intercalibración de los BICs Humboldt, Olaya y SNP-2 para la frecuencia de número de intervalo 120 kHz.

Estimados de biomasa y límites estadísticos de confianza

La identificación de ecotrazos permitió fraccionar la señal total integrada por UBM, y también en sentido vertical, tal como se describió en el capítulo anterior, a fin de establecer el aporte de cada especie a la ecointegración total. La estimación de NASC se realiza, normalmente, para las celdas delimitadas por los límites de UBM y por líneas horizontales que delimitan estratos de 20 o 25 m.

Estos valores, obtenidos por especies, son corregidos utilizando las ecuaciones 17 a 21. Los nuevos valores se utilizan para la estimación de la abundancia a través de las ecuaciones 2 a 5, que son función de la aplicación del conjunto de ecuaciones 6 a 16 (TS). En adelante se presentarán los resultados por especies y áreas isoparalitorales, excepto los de sardina, especie que estuvo prácticamente ausente del área de estudio.

Biomasa de anchoveta

La biomasa de anchoveta ha sido estimada en $6,8 \times 10^6 \text{ t} \pm 18,5\%$. La mayor abundancia fue observada entre 4 y 5°S, y la menor estuvo distribuida entre 14 y 18°S. Las ecuaciones de TS utilizadas son aquellas presentadas con números 6, 12, 13, 14 y 16 de acuerdo con las tallas medias estimadas para cada área. (Figura 4).

Los resultados de la abundancia de anchoveta muestran un inusual desplazamiento de la especie hacia el norte (GUTIÉRREZ et al. 2004). Esta circunstancia ameritó un análisis especial a fin de dar mayor consistencia a la evaluación realizada.

Para ello se analizaron los valores NASC bajo otros dos métodos de estratificación: por transectos y por cuadrantes estadísticos de 30 por 30 minutos.

El método por transectos ha sido aplicado de acuerdo con lo descrito por JOLLY Y HAMPTON (1990). Este

método implica la estimación de un Factor de Conversión (CF) que depende tanto del peso medio como de la sección transversal de retrodispersión del pez evaluado:

$$CF = W(L) / \sigma(L) \text{ (ecuación 22)}$$

La densidad (ton/mn²) por UBM se estima de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\rho = NASC \cdot CF \text{ (ecuación 23)}$$

Por tanto, la biomasa está dada por la densidad media y número de UBM por transecto y el área cubierta en cada uno de éstos:

$$B = \sum_{i=1}^n \bar{\rho} \cdot A_i$$

(ecuación 24)

Los resultados de la aplicación de este método de estimación se aprecian en la Tabla 4. La biomasa total ha sido calculada en $7,27 \times 10^6 \text{ t}$, un 6% más en comparación con la estimación original.

MACLENNAN (1996) describió la aplicación de la estimación de biomasa por cuadrados estadísticos efectuada por IMARPE entre 1992 y 1994. Este método se basa en la estimación del NASC medio para cada cuadrante de 30 por 30 minutos. La biomasa se calcula a través de la siguiente expresión:

$$B = \sum_{i=1}^n \left[\frac{NASC_i}{\sigma_i} \cdot W_i \right] \cdot 30^2$$

(ecuación 25)

El resultado de esta estimación arrojó $6,93 \times 10^6 \text{ t}$, un 1% de diferencia respecto a la estimación original. La Tabla 4 presenta los resultados de este análisis.

Las estimaciones mostradas no muestran los sesgos inherentes a los

métodos acústicos de evaluación, donde tanto las áreas inaccesibles como aquella existente desde la superficie hasta 3 ó 4 m debajo de los transductores, son zonas no incluidas en la evaluación. De otro lado, independientemente de los sesgos atribuibles a la estimación del TS, el método acústico por lo general subestima la magnitud de la abundancia. Sin embargo, si la metodología y procedimientos han sido los mismos para una serie de prospecciones, tales como las llevadas a cabo desde 1997, la variación en la abundancia ha de estar correctamente representada (MACLENNAN 1998).

Biomasa de jurel

La biomasa del jurel fue estimada en $4,74 \times 10^5 \text{ t} \pm 28,74\%$. Las mayores biomásas se observaron en 14°S (107.838 t) y 12°S (146.792 t). Con respecto a la biomasa por distancia a la costa, se encontraron los mayores valores de 90 a 100 mn (21,38%; 101.257 t) y de 110 a 120 mn (19,39%; 91.848 t) (Figura 5 y Tabla 5). Para los valores de biomasa se utilizó la ecuación $TS = 20 \log L - 71,9$

Biomasa de caballa

Para la caballa se estimó una biomasa de $78.314 \text{ t} \pm 32,84\%$, con un mínimo de 52.589 t y un máximo de 104.041 t. La caballa se ubicó entre 7 y 14°30'S, las máximas biomásas se encontraron 8 y 12°S, con 21.636 t y 18.940 t. Las mayores biomásas con respecto a la distancia de costa se encontraron de 140 a 150 mn (17.159 t; 21,91%), y de 150 a 160 mn (12.094 t; 15,44%) (Figura 6). La fórmula que se utilizó para la obtención de la biomasa fue la presentada con el número 8.

Biomasa de bagre

La biomasa del bagre alcanzó $110.016 \text{ t} \pm 43,98\%$. Su abundancia se localizó entre 6 a 18°S. Las máximas biomásas de ubicaron en 11°S

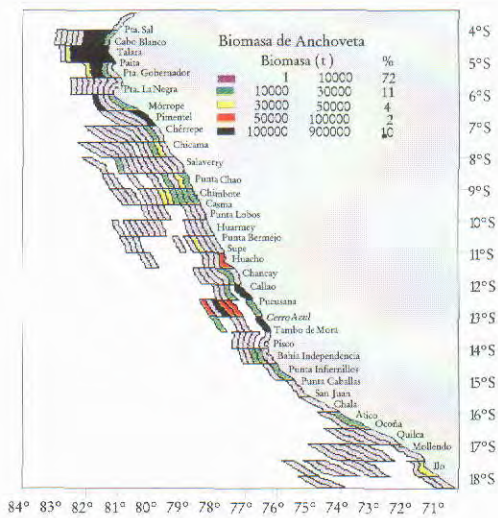


Figura 4. Distribución de biomasa de anchoveta por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

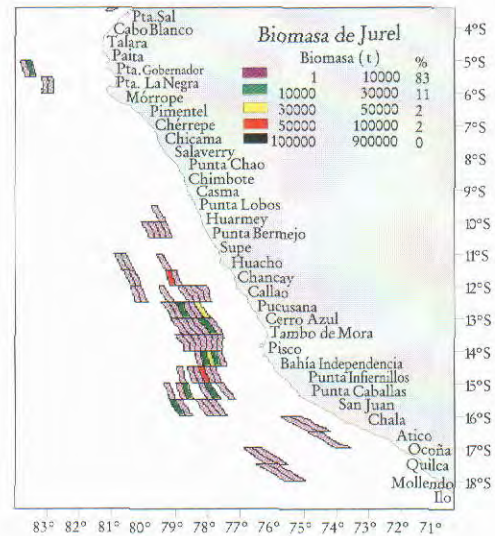


Figura 5. Distribución de biomasa de jurel por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

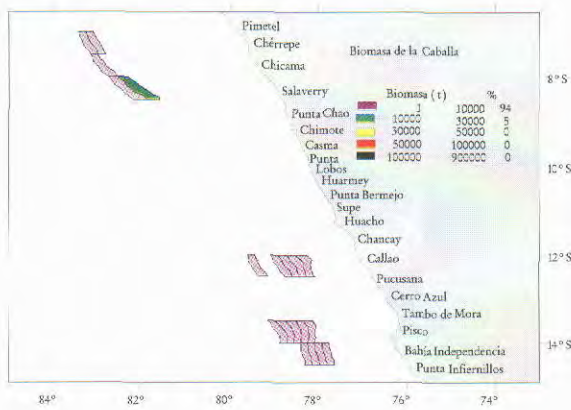


Figura 6. Distribución de biomasa de Caballa por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

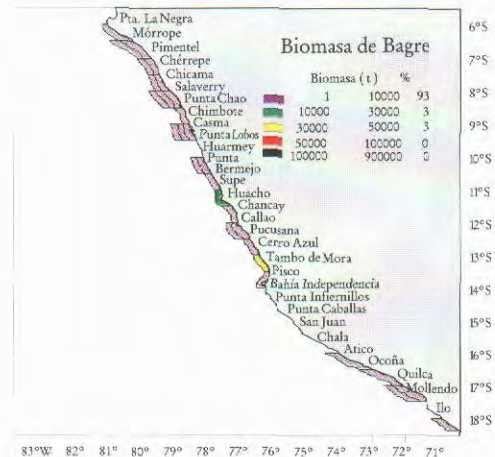


Figura 7. Distribución de biomasa de bagre por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

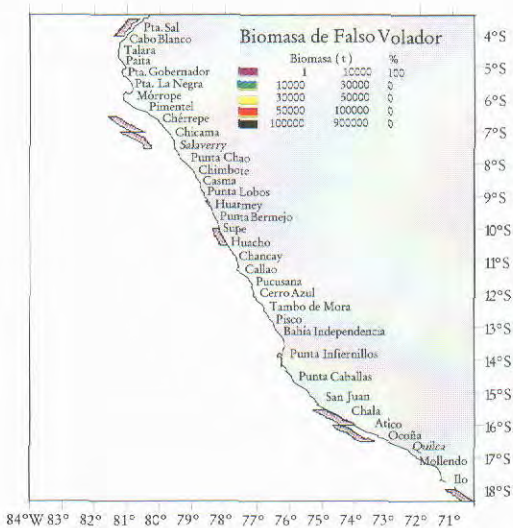


Figura 8. Distribución de biomasa de falso volador por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

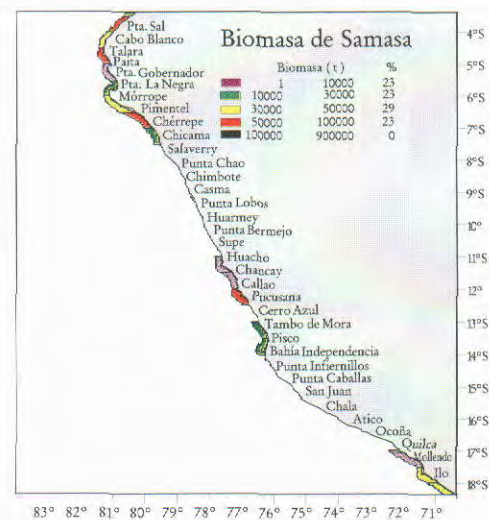


Figura 9. Distribución de biomasa de samasa por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

propuesta por GUTIÉRREZ (1999) para el krill antártico: $TS = -20 (\text{Log } L) - 89,26$.

CONCLUSIONES

1. La estimación de abundancia de anchoveta fue de $6,84 \times 10^6 \text{ t} \pm 15,75\%$; otras estimaciones efectuadas por otros métodos de análisis han mostrado un resultado similar.

2. No se ha incluido en la estimación las zonas inaccesibles y la zona ciega bajo el transductor. Independientemente de esta subestimación, la fluctuación de la abundancia para la serie de prospecciones iniciada en 1997 ha de estar correctamente representada por haberse utilizado similar metodología y procedimientos.

3. La biomasa de jurel fue de $4,74 \times 10^5 \text{ t} \pm 28,74\%$.

4. La biomasa de caballa fue de $7,83 \times 10^4 \text{ t} \pm 32,85\%$.

5. La biomasa de bagre fue de $1,10 \times 10^5 \text{ t} \pm 43,98\%$.

6. La biomasa de falso Volador fue de $1,19 \times 10^4 \text{ t} \pm 62,71\%$.

7. La biomasa de samasa fue de $5,56 \times 10^5 \text{ t} \pm 10,60\%$.

8. La biomasa de camotillo fue de $7,17 \times 10^4 \text{ t} \pm 74,40\%$.

9. La biomasa de vinciguerra fue de $5,66 \times 10^6 \text{ t} \pm 7,43\%$.

10. La biomasa de pota fue de $8,64 \times 10^5 \text{ t} \pm 72,48\%$.

11. La biomasa de múnida fue de $2,8 \times 10^6 \text{ t} \pm 14,39\%$.

Agradecimientos

Los autores desean dejar constancia de su agradecimiento al Bachiller ALBERTO RUIZ OTERO por su valioso aporte, tanto durante el crucero como para el procesamiento de datos del crucero.

Referencias

BAZIGOS. 1974. Applied Fishery statistics. FAO Fish. Tech. Rep. 135:164pp.

Tabla 3. Estimación de la biomasa por el método de transectos

Transecto	N	Suma NASC	Promedio NASC	Promedio Densidad	Biomasa (t)	Area (mn ²)
1	7	196	28	13	1,380	105
2	22	132	6	3	926	330
3	28	164	6	8	3,307	420
4	42	1,375	33	44	27,681	630
5	58	71	1	2	1,420	870
6	72	0	0	0	0	1,080
7	90	0	0	0	0	1,350
8	83	0	0	0	0	1,245
9	98	118	1	2	2,400	1,470
10	112	109	1	1	2,221	1,680
11	109	272	2	3	5,477	1,635
12	128	4,393	34	46	89,121	1,920
13	136	1,537	11	15	31,235	2,040
14	127	0	0	0	0	1,905
15	139	190	1	1	2,456	2,085
16	154	0	0	0	0	2,310
17	162	49	0	0	771	2,430
18	183	0	0	0	0	2,745
19	192	0	0	0	0	2,880
20	205	0	0	0	0	3,075
21	195	0	0	0	0	2,925
22	189	87	0	0	443	2,835
23	191	104	1	0	528	2,865
24	161	110	1	0	558	2,415
25	232	3,362	14	5	17,627	3,480
26	253	0	0	0	0	3,795
27	228	491	2	1	2,573	3,420
28	154	4,171	27	9	21,864	2,310
29	181	4,223	23	8	22,140	2,715
30	203	1,122	6	2	6,425	3,045
31	184	1,143	6	3	7,365	2,760
32	199	2,662	13	6	17,153	2,985
33	187	626	3	1	4,037	2,805
34	190	0	0	0	0	2,850
35	190	21,217	112	66	187,166	2,850
36	192	43,173	225	130	373,394	2,880
37	176	11,439	65	38	100,915	2,640
38	202	543	3	1	3,842	3,030
39	177	792	4	2	4,982	2,655
40	184	5,371	29	11	29,997	2,760
41	190	3,630	19	7	20,275	2,850
42	158	1,349	9	3	7,534	2,370
43	178	1,525	9	18	49,246	2,670
44	169	5,345	32	150	379,008	2,535
45	181	529	3	14	37,507	2,715
46	167	515	3	15	36,493	2,505
47	161	247	2	1	1,377	2,415
48	144	1,134	8	5	9,831	2,160
49	183	5,195	28	65	179,760	2,745
50	198	4,733	24	32	95,745	2,970
51	168	2,427	14	8	21,039	2,520
52	168	39,571	236	109	274,197	2,520
53	165	64,683	392	164	405,924	2,475
54	161	2,268	14	7	16,105	2,415
55	167	2,268	14	6	14,209	2,505
56	157	3,334	21	9	21,040	2,355
57	157	8,646	55	24	55,690	2,355
58	164	12,018	73	31	75,597	2,460
59	169	2,283	14	6	14,771	2,535
60	159	3,760	24	10	24,252	2,385
61	175	1,437	8	3	8,869	2,625
62	153	28,451	186	67	154,878	2,295
63	166	7,295	44	16	39,710	2,490
64	157	564	4	1	3,071	2,355
65	179	14,644	82	30	79,716	2,685
66	203	1,977	10	4	10,763	3,045
67	170	2,689	16	9	22,949	2,550
68	165	2,248	14	8	19,191	2,475
69	173	1,080	6	4	9,222	2,595
70	149	16,066	108	61	137,134	2,235
71	193	97,009	503	290	840,303	2,895
72	163	85,661	526	305	744,900	2,445
73	145	178,786	1,233	715	1,554,696	2,175
74	140	107,771	770	446	937,158	2,100
75	174	74	0	0	646	2,610
76	162	0	0	0	0	2,430
77	199	0	0	0	0	2,985
Total	12245	820,452	5,161	3,064	7,272,211	183,675

Tabla 4. Biomasa por cuadrantes

TOTALES	TOTAL	Grado de Longitud Oeste																		Grado de							
(t)	(%)	62°30'	62°00'	61°30'	61°00'	60°30'	60°00'	59°30'	59°00'	58°30'	58°00'	57°30'	57°00'	56°30'	56°00'	55°30'	55°00'	54°30'	54°00'	53°30'	53°00'	52°30'	52°00'	51°30'	51°00'	50°30'	Grado de
(t)	(%)	Latitud Sur																									
791	0.01	03°30' - 04°00'																									
1867543	27.27	04°00' - 04°30'																									
1613513	23.27	04°30' - 05°00'																									
3901462	57.00	04° - 05°																									
362849	5.09	05°00' - 05°30'																									
36934	0.54	05°30' - 06°00'																									
391543	5.6	05° - 06°																									
101003	1.46	06°00' - 06°30'																									
412990	5.94	06°30' - 07°00'																									
52994	0.07	06° - 07°																									
29763	0.43	07°00' - 07°30'																									
81904	1.18	07°30' - 08°00'																									
11388	0.02	07° - 08°																									
161312	2.33	08°00' - 08°30'																									
753290	11.29	08°30' - 09°00'																									
944002	14	08° - 09°																									
150498	2.1	09°00' - 09°30'																									
37253	0.54	09°30' - 10°00'																									
197751	2.8	09° - 10°																									
17192	0.25	10°00' - 10°30'																									
55345	0.80	10°30' - 11°00'																									
72637	1	10° - 11°																									
116083	1.67	11°00' - 11°30'																									
37896	0.54	11°30' - 12°00'																									
153789	2.2	11° - 12°																									
196631	2.83	12°00' - 12°30'																									
394700	5.69	12°30' - 13°00'																									
591331	8.6	12° - 13°																									
305116	4.43	13°00' - 13°30'																									
16996	0.24	13°30' - 14°00'																									
357716	5.2	13° - 14°																									
42869	0.61	14°00' - 14°30'																									
27396	0.39	14°30' - 15°00'																									
69816	1	14° - 15°																									
2977	0.04	15°00' - 15°30'																									
55	0.00	15°30' - 16°00'																									
3033	0	15° - 16°																									
12669	0.18	16°00' - 16°30'																									
4756	0.07	16°30' - 17°00'																									
17625	0	16° - 17°																									
3631	0.05	17°00' - 17°30'																									
6530	0.09	17°30' - 18°00'																									
10164	0	17° - 18°																									
9629	0.08	18°00' - 18°30'																									
6936316	100.00	30308	103926	2540721	389362	188227	400815	103996	529832	459348	124426	304584	168002	65983	346695	37880	38622	45451	147	1407	19940	330	407	37	6905	5364	Total (t)
		0.44	14.98	36.63	5.61	2.71	5.78	1.49	7.54	6.63	1.79	4.39	2.28	0.95	5.00	0.55	2.00	0.66	0.00	0.02	0.27	0.00	0.01	0.00	0.09	0.06	Total (%)

Tabla 5. Biomasa del Jurel latitudinal y por distancia a la costa

TOTALES	TOTAL	Grado de Latitud Sur																	
(t)	(%)	180-190	170-180	160-170	150-160	140-150	130-140	120-130	110-120	100-110	90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	Grado de
(t)	(%)	Latitud Sur																	
183	0.04	03°30' - 04°00'																	
183	0.04	03° - 04°																	
10879	2.30	05°00' - 05°30'																	
7536	1.59	05°30' - 06°00'																	
18419	3.89	05° - 06°																	
736	0.17	09°00' - 09°30'																	
796	0.17	09°30' - 10°00'																	
9592	2.05	09° - 10°																	
9692	2.05	10°00' - 10°30'																	
9590	2.02	10°30' - 11°00'																	
52722	11.13	11°00' - 11°30'																	
62272	13.15	11°30' - 12°00'																	
17312	3.66	11° - 12°																	
90526	19.11	12°00' - 12°30'																	
107838	22.77	12°30' - 13°00'																	
26332	5.98	12° - 13°																	
26010	5.49	13°00' - 13°30'																	
54342	11.47	13°30' - 14°00'																	
74342	15.70	13° - 14°																	
77495	16.30	14°00' - 14°30'																	
146792	30.99	14°30' - 15°00'																	
42575	8.99	14° - 15°																	
25804	5.45	15°00' - 15°30'																	
68382	14.44	15°30' - 16°00'																	
2053	0.43	15° - 16°																	
254	0.05	16°00' - 16°30'																	
2307	0.49	16°30' - 17°00'																	
775	0.16	16° - 17°																	
1305	0.28	17°00' - 17°30'																	
2580	0.54	17°30' - 18°00'																	
473600	100.00	17153	3071	17479	27437	4229	22571	29611	91849	61198	101257	37846	52832	2138	2746	1411	896	183	(t)
		3.62	0.65	3.63	5.79	0.89	4.77	6.25	19.39	12.92	21.38	7.99	11.16	0.45	0.58	0.30	0.19	0.04	%

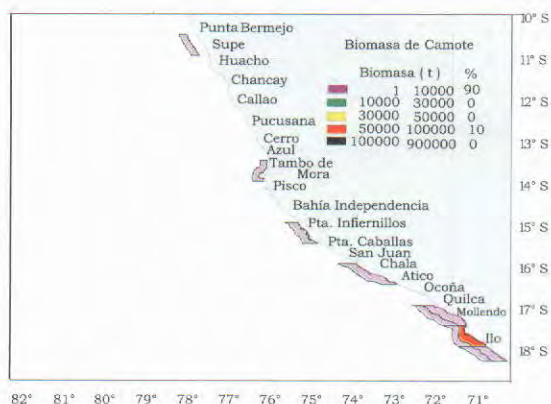


Figura 10. Distribución de biomasa de camotillo por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

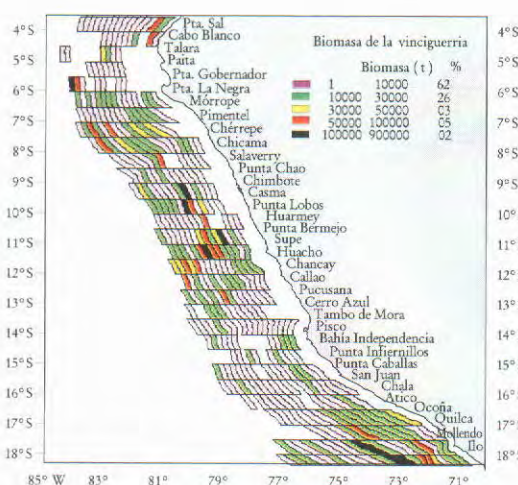


Figura 11. Distribución de biomasa de vinciguerría por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

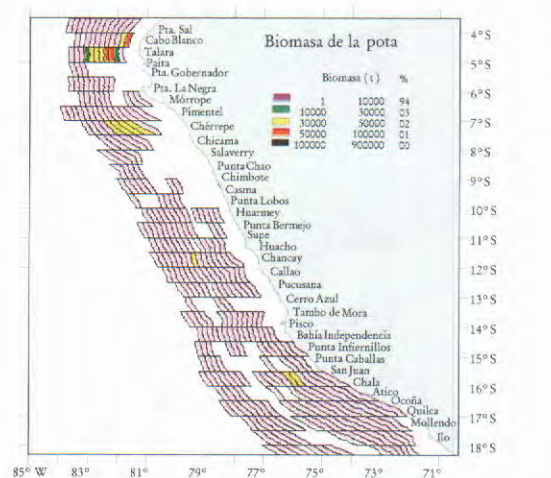


Figura 12. Distribución de biomasa de pota por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

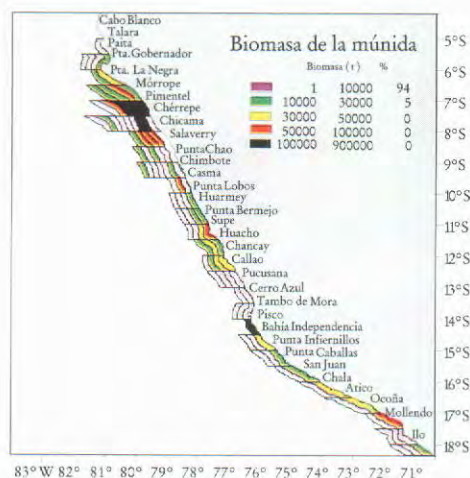


Figura 13. Distribución de biomasa de múnida por áreas isoparalitorales. Crucero 0110-11.

FOOTE K G. 1987. Fish target strength for use in echo integration surveys. *Journal of the Acoustical Society of America* 82: 981-987.

FOOTE K. 1995. Report on visit to The Peruvian Marine Institute. A review of results of acoustic cruises. Internal Report. 25 pp. Proyecto FAO-MIPE. November 1995.

GUTIÉRREZ M. 1999. Mediciones in situ de TS para el krill *Euphausia superba* a 120 kHz. Verano Austral 1998. Perú ANTAR IX. *Inf. Inst. Mar Perú* 144: 7-22.

GUTIÉRREZ M, CASTILLO PR, GANOZA F, HERRERA N, PERALTILLA S, ALIAGA A. 2004. Análisis de la distribución y abundancia de algunos recursos pelágicos acústicamente evaluados en la primavera 2001. *Inf Inst Mar Perú* 32(2): 173-184.

GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S. 1999. Aplicación de un sistema de información geográfica y de la carta electrónica isoparalitoral en las evalua-

ciones hidroacústica de la biomasa de recursos pesqueros en el mar peruano. *Inf Inst Mar Perú* 146: 25-29.

GUTIÉRREZ M. 1999. Mediciones in situ de TS a finales de la primavera 1998. Crucero BIC José Olaya Balandra 9811-12. *Inf. Inst. Mar Perú* 146:7-10

GUTIÉRREZ M. 2000. Mediciones in situ de TS a finales del verano de 1999. Crucero BIC José Olaya Balandra 9902-03. *Inf. Inst. Mar Perú* 147:7-10.

GUTIÉRREZ M, MACLENNAN DN. 1998. Resultados preliminares de las mediciones de Fuerza de Blanco in situ de las principales especies pelágicas. *Inf. Inst. Mar Perú* 135: 16-19.

GUTIÉRREZ M, HERRERA N. 1998. Mediciones de TS in situ de diversas especies a finales del invierno de 1998. Crucero BIC José Olaya Balandra 9808-09. *Inf. Inst. Mar Perú* 141: 7-12

ICES. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estima-

tion: a practical guide. Cooperative Research Report 144.

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

MACLENNAN D. 1996. Informe de la visita al Instituto del Mar del Perú relacionada con la revisión de información acústica. Informe Interno IMARPE. 20 pp. Octubre de 1996.

MACLENNAN D N, SIMMONDS E. J. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman and Hall Fish and Fisheries Series N° 5.

MACLENNAN D, GUTIÉRREZ M, CASTILLO R, GANOZA F, ALIAGA A, ESCUDERO L, GONZALES A, CHALÉN X. 1998. Fuerza de Blanco de anchoveta (*Engraulis ringens*) utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz. *Inf. Inst. Mar Perú* 133: 15-25.

SIMRAD. 1997. Simrad EK500 Scientific Sounder Operator's Manual. P217OE.