



ISSN 0378 - 7702

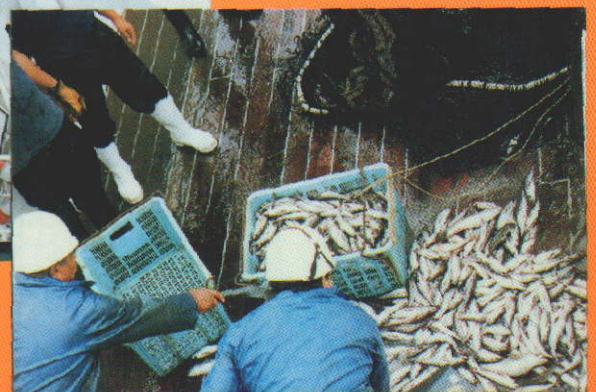
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

Nº 160

Abril, 2001

Crucero de evaluación de la merluza y otros recursos demersales BIC José Olaya Balandra 0004-05, de Huarmey (10°S) a Puerto Pizarro (3°29'S)



Callao, Perú

DISTRIBUCIÓN Y BIOMASA DE LA MERLUZA EN EL OTOÑO 2000

Pedro Ramiro Castillo¹

RESUMEN

CASTILLO, P. R. 2001. Distribución y biomasa de la merluza peruana en el otoño 2000. Inf. Inst. Mar Perú. 160: 43-50.

Mediante la técnica hidroacústica se ha determinado la distribución y la biomasa de la merluza durante el crucero 0004-05, realizado entre el 24 de abril y el 20 de mayo del 2000, de Huarney a Puerto Pizarro, a bordo del BIC José Olaya Balandra. Los datos hidroacústicos se obtuvieron de los trayectos, constituidos por la distancia entre cada punto de los lances pre-establecidos por el método de área barrida. El equipo utilizado fue la ecosonda científica EK-500 SIMRAD en la frecuencia de 38 kHz. El área de distribución se determinó mediante un software de interpolación de datos y para la biomasa mediante el método de estratificación constituido en áreas isoparalitorales. La ecuación de fuerza de blanco utilizada fue: $TS = 20 \log L - 67,6$ dB. Durante el crucero se obtuvo una ecuación proveniente de los datos de los lances en que la captura de la merluza fue mayor del 95 % (*in situ*). La merluza se localizó entre Puerto Pizarro y Chimbote con 4.918 mn^2 en áreas continuas y dispersas, a excepción del área ubicada entre Zorritos y Punta Sal donde fue densa; se detectó entre los 32 y 320 m de profundidad, en fondos que variaron de 36 a 475 m. La ecuación de fuerza de blanco de la merluza (*in situ*) para ejemplares entre 6 y 11 cm de longitud en la frecuencia de 38 kHz fue: $TS = 20 \log L - 72,2$ dB. La biomasa estimada fue de 113.312 toneladas ($\pm 14,61$ %, con nivel de significancia de 0,05 %). La mayor biomasa y densidad se localizó en el área A (3°S con 46.835 t y 76,24 t/mn^2).

PALABRAS CLAVE: merluza peruana, distribución, biomasa, fuerza de blanco, otoño 2000.

ABSTRACT

CASTILLO, P. R. 2001. Distribution and biomass of the Peruvian hake in autumn 2000. Inf. Inst. Mar Perú. 160: 43-50.

Using hydroacoustic technics, during RV José Olaya Balandra 0004-05 cruise, carried out from April 24th to May 20th 2000, the distribution and biomass of Peruvian hake, from Huarney to Puerto Pizarro was studied. The hydroacoustic data were obtained of the track, constituted by the distance between each point of pre-established trawls of the swept area method. The equipment used was the scientific echosounder EK-500 SIMRAD at the frequency of 38 kHz. The distribution area was determined by the interpolation data software; and the biomass, by the stratification method constituted in isoparalitoral areas. The equation of target strength used was: $TS = 20 \log L - 67,6$ dB. With data coming from throws where hake's captures were bigger than 95% (*in situ*) an equation was obtained. The distribution of the hake was located from Puerto Pizarro to Chimbote with 4.918 mn^2 in continuous and dispersed areas with the exception of the area located between Zorritos and Punta Sal where it was also dense; it was detected between 32 and 320 m depth, at bottoms that varied from 36 to 475 m. The equation of target strength of the hake (*in situ*) for specimens between 6 and 11 cm of total length, in the frequency of 38 kHz, was $TS = 20 \log L - 72,2$ dB. The estimated biomass reached 113.312 tons, ($\pm 14,61$ %, at a significance level of 0,05%). The biggest biomass and density was located in the area A (3°S with 46.835 t and 76,24 t/mn^2).

KEY WORDS: Peruvian hake, distribution, biomass, target strength, autumn 2000.

INTRODUCCIÓN

La normalización del ambiente marino a partir de 1999 después de El Niño 1997-98 ha producido migraciones de los recursos hidrobiológicos a sus habituales ambientes; los recursos demersales, especialmente la merluza, mostraron cambios influenciados directamente por la corriente Cromwell. La captura de merluza al final del año 1999 fue de 31.192 toneladas en condiciones de temperatura ligeramente fría en los últimos meses; posteriormente en los primeros meses del 2000 el ambiente no ha registrado fuertes cambios. En este proceso se ha realizado el presente crucero BIC José Olaya Balandra 0004-05

La utilización del método hidroacústico para determinar la biomasa de recursos pesqueros se aplicó en el crucero BIC Humboldt 9705-06 donde se establecieron algunas zonas el muestreo sistemático. El resultado estimado fue casi similar al obtenido por el método de área barrida. En el presente crucero los trayectos fueron irregulares por lo que se prevé un ligero sesgo en el muestreo hidroacústico; sin embargo, se han obtenido datos no repetitivos en la misma zona.

Se presentan los resultados de distribución y biomasa de la merluza durante el otoño 2000, del 24 de abril al 20 de mayo, en el área comprendida entre Huarney y Puerto Pizarro.

¹ Unidad de Tecnología de Detección. Dirección de Investigaciones en Pesca y Desarrollo Tecnológico. IMARPE.

MATERIAL Y MÉTODOS

La evaluación se realizó a bordo del BIC José Olaya Balandra del 24 de abril al 20 de mayo, principalmente en el área comprendida entre los estratos I (36 a 90 m), II (90 a 180 m) y III (180 a 360 m); en ciertas ocasiones se detectó desde 25 a 750 m de profundidad. El muestreo hidroacústico fue de 1 mn del trayecto entre cada lance establecido por el método de área barrida. Se realizaron 100 lances (Figura 1). El equipo utilizado fue la ecosonda científica SIMRAD EK-500 de 38 kHz de frecuencia conectada a una impresora a color para los registros de ecotrazos.

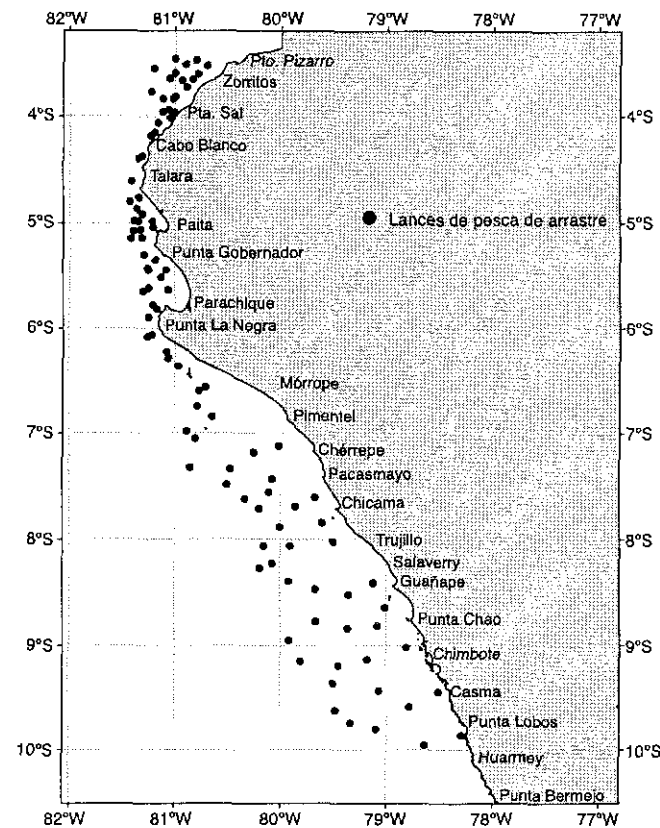


FIGURA 1. Lances de arrastre ejecutados en el crucero.

Se utilizaron los resultados de las calibraciones hidroacústicas realizadas en enero y febrero del 2000. Los datos acústicos fueron colectados con su respectiva posición, hora, corredera, número de transecto, fondo, temperatura superficial del mar y los valores de ecointegración. Estos valores se obtuvieron en diversas capas o estratos de profundidad con respecto del fondo.

El valor de ecointegración total fue previamente discriminado o desagregado de acuerdo a las especies detectadas. Esta identificación de blancos se realizó de acuerdo a los porcentajes de las capturas de los lances de arrastre y por el tipo de registro de la especie. Para delimitar el área de distribución se usó un software de interpolación de datos (Surfer 6,04).

Se utilizó la ecuación de fuerza de blanco (TS) de la merluza para ejemplares entre 29 y 40 cm de longitud, en la frecuencia de 38 kHz, obtenida por MAC LENNAN (1998): $TS = 20 \text{ Log } L - 67,6 \text{ dB}$. Sin embargo, durante el crucero, en algunas áreas, se encontraron ejemplares juveniles (<26 cm de longitud), por lo cual se obtuvo una ecuación de los datos de TS provenientes de los lances de arrastre en las cuales la captura de merluza fue mayor del 95% con respecto a otras especies. El procedimiento se basa en la relación:

$$TS = 20 \text{ Log } L + b_{20}$$

que establece que la fuerza de blanco de una especie cualquiera depende tanto de su longitud total (L) como de su capacidad orgánica para reflejar el sonido (b_{20}) (FOOTE 1987).

El factor b_{20} puede ser determinado por experimentos con peces vivos o a través de la medición "in situ" de la fuerza de blanco. De acuerdo a lo descrito por MAC LENNAN y MENZ (1996) es posible obtener el factor b_{20} por comparación de los histogramas de TS y aquellos correspondientes a la estructura de tallas de una especie dada cuando ambas son colectadas simultáneamente. Se aplica una aproximación estadística utilizando el método de los mínimos cuadrados, el cual basa la obtención del factor b_{20} en la ponderación de cada una de las clases de longitud y de TS (GUTIÉRREZ y HERRERA 1998).

Los estimados de biomasa se obtuvieron mediante el método de estratificación por áreas isoparalitorales ($30' \times 10'$ de latitud/longitud) (Figura 2). La formulación matemática está en MACLENNAN y SIMMONDS (1992) y son las siguientes:

$$w = a L^b$$

donde:

w = Peso promedio de la especie en el lance de arrastre

L = Longitud total promedio de la especie

a y b = constantes

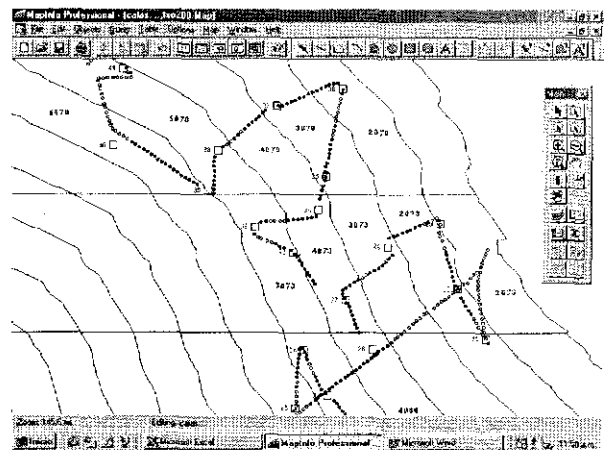


FIGURA 2. Muestreo acústico en áreas isoparalitorales.

Se utilizó la siguiente relación peso-longitud encontradas en este crucero a partir de los datos biométricos (GUEVARA *et al.* 2000):

$$w = 0,0018 L^{3,5019}$$

Luego:

$$\sigma = 4 p 10^{TS/10} \cdot 10\ 000$$

$$\sigma_{kg} = (\sigma / W) \cdot 1000$$

$$\delta = 10 \cdot Sa \cdot (Ci / \sigma_{kg})$$

y, finalmente :

$$B = \delta \cdot A$$

donde :

σ = sección transversal de la especie

σ_{kg} = sección transversal referida kg

δ = densidad

Sa = promedio de ecointegración

Ci = Constante de instrumentación

A = Área

B = Biomasa estimada.

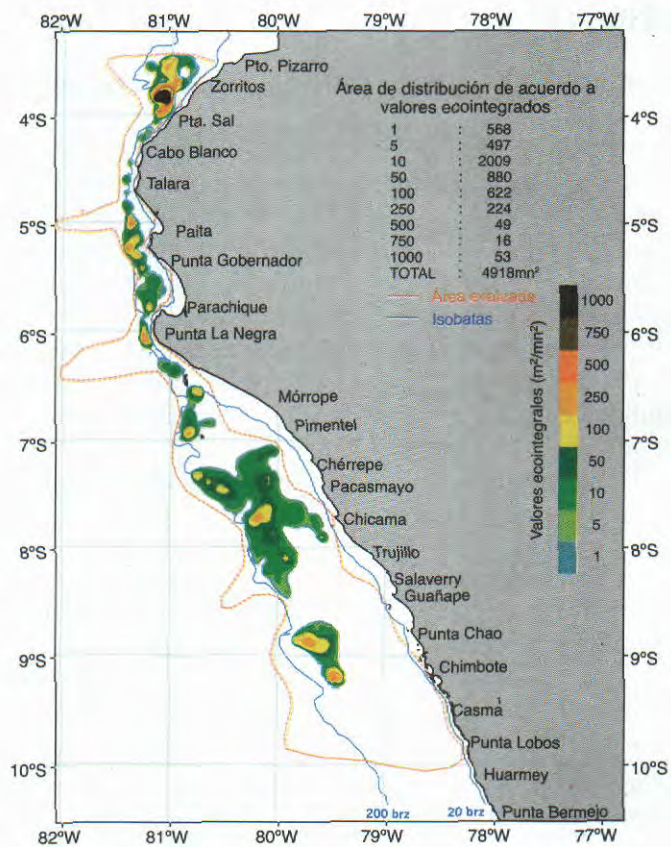


FIGURA 3. Distribución de la merluza en el otoño 2000.

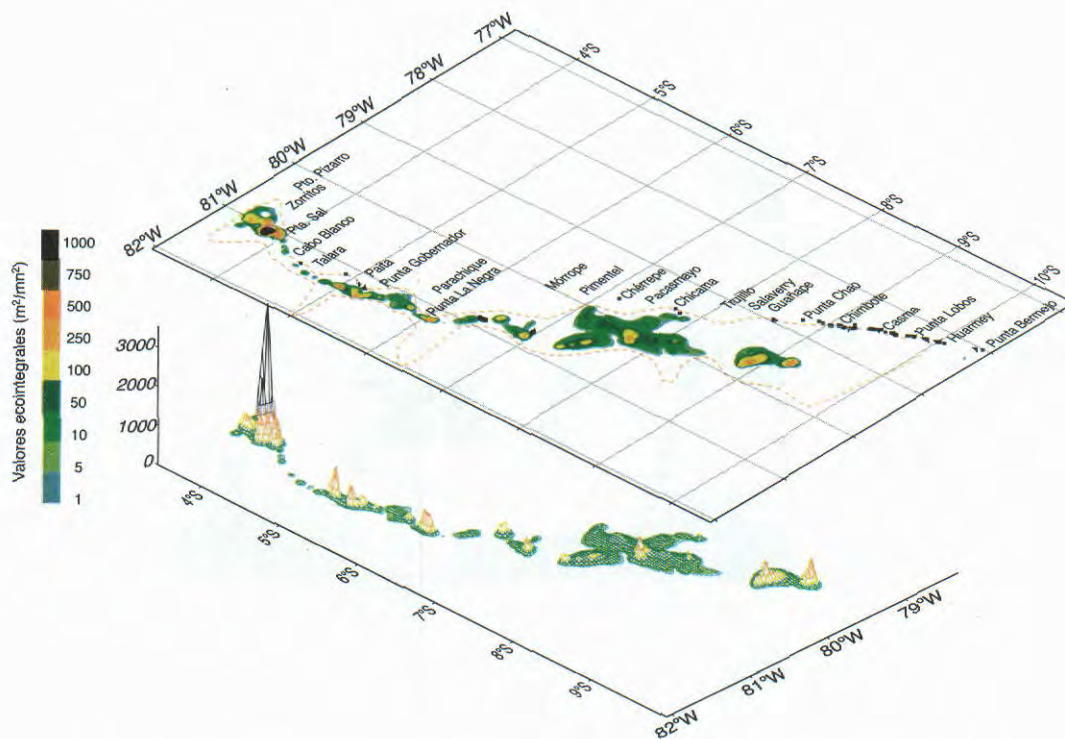


FIGURA 4. Distribución tridimensional de la merluza de acuerdo a los valores de ecointegración. Crucero José Olaya Balandra 0004-05.

RESULTADOS

Distribución de la merluza (*Merluccius gayi peruanus*)

La merluza se localizó entre Puerto Pizarro y Chimbote en diversas áreas continuas, con predominio de concentraciones dispersas, a excepción del área ubicada entre Zorritos y Punta Sal donde se obtuvieron importantes registros de esta especie. Su distribución está ligada a las isobatas de la plataforma, la cual es estrecha entre Punta Sal y la Isla Lobos de Tierra y amplia entre la Isla Lobos de Tierra y Huarmey; en esta zona se detectó con mayor amplitud entre Chérrepe y Trujillo (Figura 3). El área total de distribución fue de 4.918 mn².

Los mayores valores de integración se obtuvieron en el norte (entre Zorritos y Punta Sal) con un área de 53 mn² (Figura 4).

Con respecto a su distribución vertical los registros de merluza se detectaron entre los 32 y los 320 m, en fondos que variaron desde los 36 a 475 m; sin embargo, los altos valores de eointegración se obtuvieron entre los 150 y los 270 m (Figuras 5 y 6). En algunas ocasiones estos cardúmenes se registraron por encima de los 10 metros del fondo.

Ecuación de fuerza de blanco de la merluza

La ecuación calculada por MAC LENNAN (1998) se utilizó entre la zona de Puerto Pizarro a Chicama, y de Chicama a

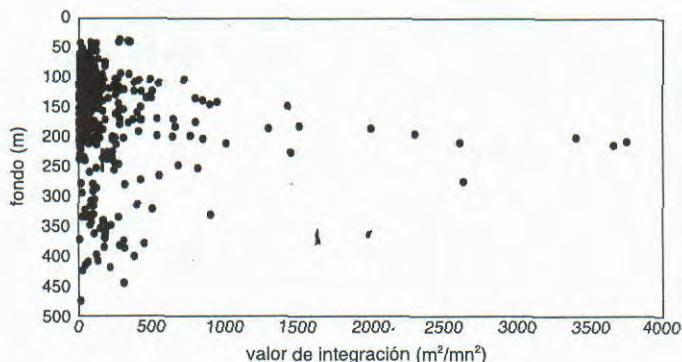


FIGURA 5. Valor de integración de la merluza de acuerdo a la profundidad.

Chimbote se utilizó la ecuación determinada en el presente crucero, debido a que en esta zona se encontraron ejemplares juveniles. De los datos analizados, en el lance Nro. 27 se obtuvo un muestreo representativo con registros óptimos de frecuencia de TS y cuyos resultados se indican en la Figura 7.

La ecuación de fuerza de blanco que corresponde a ejemplares entre 7 y 11 cm de longitud para la frecuencia de 38 kHz es: $TS = 20 \text{ Log } L - 72,2 \text{ dB}$.

Estimado de biomasa de la merluza

La biomasa de la merluza fue estimada en 113.312 toneladas. Latitudinalmente las mayores biomásas se encontraron en las subáreas A y D (6°S, con 46.835 y 17.749 toneladas).

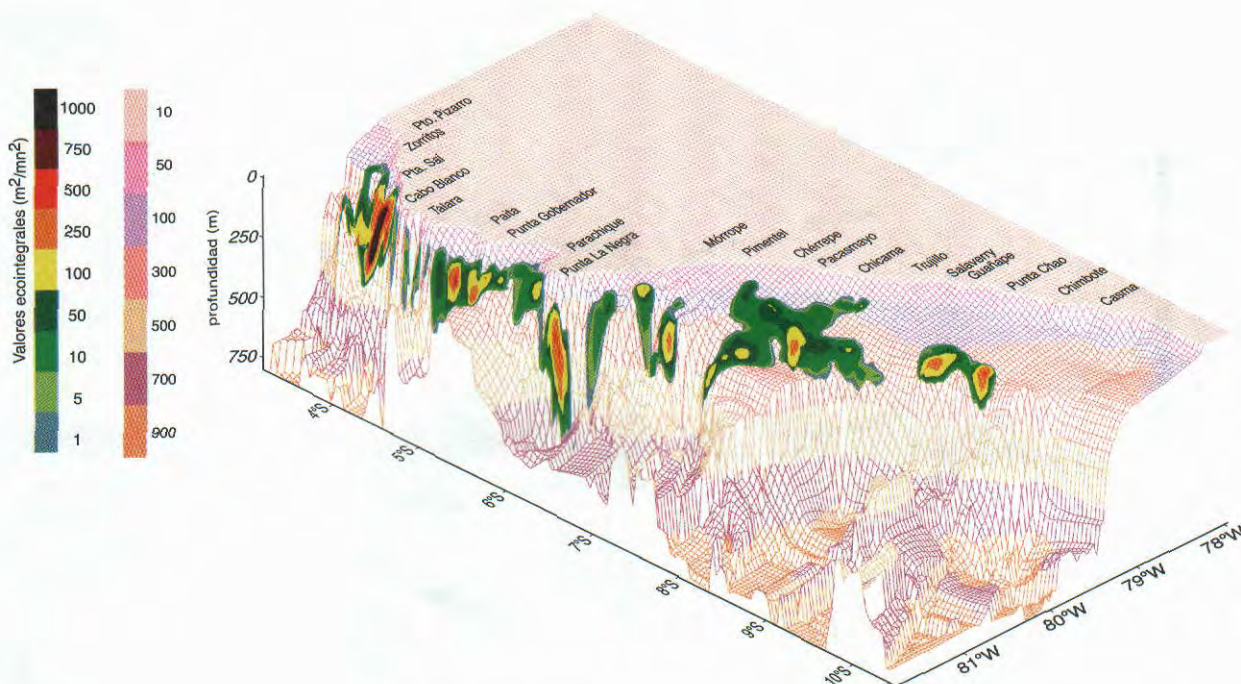


FIGURA 6. Distribución batimétrica de la merluza.

En el área de mayor concentración (subárea A) se obtuvo el 41,33 % de la biomasa total (Tabla 1 y Figura 8).

El límite de confianza de la biomasa fue del 14,61 % a un nivel de significancia de 0,05. El límite superior fue de 129.866 toneladas y el límite inferior de 96.758 toneladas.

Con respecto a la densidad por subárea (grado de latitud) se obtuvo que en el área de mayor abundancia se encontró una densidad alta con 76,24 t/mn², y en la subárea E (7°S) la densidad fue mínima en 6,38 t/mn² en una alta área de distribución (Tabla 2, Figura 8).

Crucero 0004-05 Medición de TS in situ BIC José Olaya Balandra

Lance	27		-60,0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Corr	Hora	Capa	n	-59,3	-57,8	-56,3	-54,8	-53,3	-51,8	-50,3	-48,8	-47,3	-45,8	-44,3	-42,8	-41,3	-39,8	-38,3	-36,8	-35,3	-33,8	-32,3
583	854	2	48	2	4	6	15	23	25	10	2	6	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
584	909	2	72	0	0	7	11	14	39	18	3	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
585	932	2	80	1	1	9	6	14	42	14	9	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1	200	1,76	2,72	15,12	19,92	32,32	73,68	29	10,3	8,8	0,96	1,68	2,48	0	0	0	0	0	0	0
	Comprobac.:		198,72	0,866	1,37	7,609	10,02	16,26	37,08	14,6	5,19	4,43	0,483	0,85	1,25	0	0	0	0	0	0	0
	Total %		100																			

Intervalo	1	2	3	4	5	TOTAL
TS	-53,3	-51,8	-50,3	-48,8	-47,3	
nTS	32,32	73,7	28,96	10,32	8,8	154,1
% TS	20,98	47,8	18,8	6,698	5,711	100
TS x nTS	-1721	-3813	-1455	-503	-416	-51,3
L	7	8	9	10	11	
nL	81	357	228	60	12	738
% L	10,98	48,4	30,89	8,13	1,626	100
L x nL	567	2856	2052	600	132	8,411
b20:	69,82					
b20:	72,35					

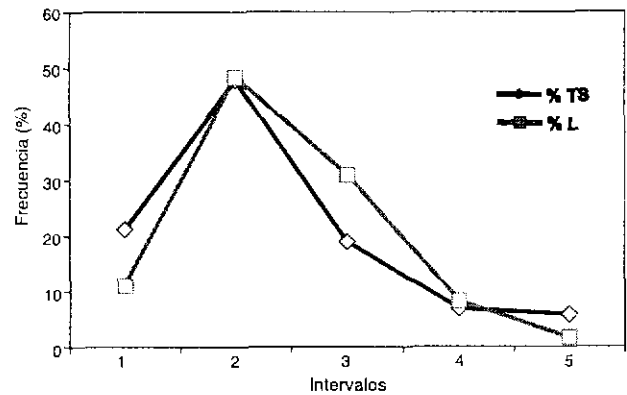


FIGURA 7. Similitud entre los porcentajes de valores de TS obtenidos en el lance con respecto a las tallas del muestreo biométrico.

Ajuste de la función de fuerza de blanco al tamaño del pez y distribución de TS

lance 27 38 kHz

Ingrese valores de b0 y/o Del_b hasta que el mínimo de SSQ se encuentre a b0=b.

La función ajustada es $TS = 20 \log(L) - b$

Datos a ingresar (Hasta 12 intervalos)					
Lj	7	8	9	10	11
Nj	81	357	228	60	12
TSi	-53,3	-51,8	-50,3	-48,8	-47,3
Mi	32,32	73,68	28,96	10,32	8,8

Cuadro de cálculos		
0,1	72,0	0,053841
	72,1	0,053712
	72,2	0,053709
	72,3	0,053837
	72,4	0,054101
		b=72,2

Definiciones

Lj	Puntos promedios de los intervalos de tallas del pez, j=1-n (cm)	Nj	Número de peces en el j'th intervalo de tallas
TSi	Puntos promedios en los intervalos de fuerza de blanco, i=i-m(dB)	Mi	Número de blancos en el i'th intervalo de TS
Del_b	Incremento de 'b'	b0	Valor inicial de 'b' por ejemplo 72

Tabla 1. Biomasa de la merluza (t) latitudinal y por distancia a la costa.

TOTALES (t)	TOTAL (%)	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	10-20	0-10	Grado de latitud sur
46.835	41,33					3.474	29.356	14.004	03° 30' - 04° 00'
46.835	41,33					3.474	29.356	14.004	03° 04'
236	0,21							236	04° 00' - 04° 30'
6.281	5,54						5.956	325	04° 30' - 05° 00'
6.516	5,75						5.956	560	04° 05'
9.268	8,18						6.828	2.440	05° 00' - 05° 30'
3.970	3,50						494	3.476	05° 30' - 06° 00'
13.238	11,68						7.321	5.917	05° 06'
5.463	4,82							5.463	06° 00' - 06° 30'
12.286	10,84				5.848	533	5.905		06° 30' - 07° 00'
17.749	15,66				5.848	533	5.905	5.463	06° 07'
8.301	7,33		3.065	1.026	636	2.195	1.378		07° 00' - 07° 30'
4.325	3,82			2.239	860	580	645		07° 30' - 08° 00'
12.625	11,14		3.065	3.266	1.496	2.775	2.023		07° 08'
2.286	2,02		81	416	1.790				08° 00' - 08° 30'
12.321	10,87		9.571	2.602	147				08° 30' - 09° 00'
14.607	12,89		9.652	3.018	1.937				08° 09'
1.741	1,54			1.741					09° 00' - 09° 30'
	0,00								09° 30' - 10° 00'
1.741	1,54			1.741					09° 10'
113.312			12.717	8.025	9.281	6.782	50.562	25.944	
	100,00		11,22	7,08	8,19	5,99	44,62	22,90	

DISCUSIÓN

La aplicación del método hidroacústico para estimar biomasa de recursos demersales, especialmente a la merluza, es confiable cuando se obtiene un correcto muestreo y análisis. La primera estimación se realizó en 1979 por JOHANNESON y VILCHEZ, posteriormente se aplicó en 1997 por CASTILLO y col. con resultados aceptables. Los estimados de biomasa de merluza fueron similares a los resultados obtenidos por área barrida. La detección de los ecotrazos es satisfactoria porque permite registrar a la especie en todos los niveles en que se encuentra. En muchas ocasiones, durante este crucero 0004-05, la merluza se ubicó por encima de los 10 metros del fondo, y el lance realizado siempre fue en el fondo cuya abertura vertical en promedio es de 4 metros, por lo cual no se obtuvo un adecuado muestreo en cuanto a los porcentajes de la captura. Otro aspecto importante es que la merluza tiene una característica típica en su registro y no forma cardúmenes densos como otras especies, debido a su vejiga natatoria, configuración de su cuerpo, textura, rigidez, tamaño, contenido graso, etc., lo que permite identificarla en el ecograma (registro de la ecosonda), especialmente en las áreas donde no se realizan los lances de arrastre.

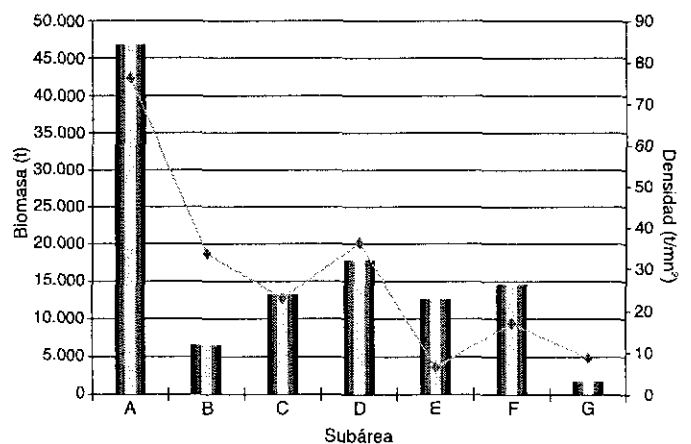


FIGURA 8. Biomasa y densidad de la merluza.

Los trayectos utilizados en el presente crucero han sido muy irregulares, debido a que el objetivo principal fue emplear el método de área barrida con puntos aleatorios pre-establecidos para los lances de arrastre, por ello el trayecto fue variable y en algunas zonas no se obtuvieron adecuados muestreos de exploración hidroacústica. Los resultados de la composición de la captura de los lan-

Tabla 2. Densidad de la merluza por grado de latitud.

Subárea	Grado latitud (L.S)	Área distribución (mn ²)	Biomasa (toneladas)	densidad (toneladas/mn ²)
A	03	614	46.835	76,24
B	04	194	6.516	33,59
C	05	580	13.238	22,82
D	06	490	17.749	36,22
E	07	1.979	12.626	6,38
F	08	858	14.607	17,02
G	09	202	1.741	8,62
TOTAL		4.918	113.312	

ces de arrastre también tuvieron sesgo debido a que no siempre la merluza se encontró en el fondo o muy cerca de él, especialmente en el borde de la plataforma.

Los resultados muestran que la distribución de la merluza se encontró desde Chimbote a Puerto Pizarro en una extensión de 4.918 mn², como consecuencia del enfriamiento del mar. La Extensión Sur de la Corriente de Cromwell se registró desde Puerto Pizarro hasta Punta Falsa a un nivel subsuperficial desde los 100 a 280 metros de profundidad y con un debilitamiento frente a Chicama. Esta corriente, por su contenido de oxígeno, modula la distribución y comportamiento de la merluza. En El Niño 1997-98 la merluza se detectó del Callao a Puerto Pizarro en un área de 5.820 mn², como consecuencia del desplazamiento hacia el sur de la Corriente Cromwell, la cual se registró frente al Callao (CASTILLO y col. 1997).

La ecuación de fuerza de blanco de la merluza obtenida por LILLO *et al.* (1996) utilizada en el crucero 9705-06, es parecida a la ecuación estimada por MAC LENNAN (1998) con datos provenientes de la merluza peruana obtenidos por JOHANNESSON y VÍLCHEZ (1979), en rangos de tallas que fluctuaron entre 29 y 40 cm de longitud. FOOTE (1987) sugirió que para peces gádidos como la merluza, tomando el promedio de muchos experimentos, el b_{20} estaba en -67,4 dB para 38 kHz. Estas ecuaciones son prácticamente parecidas y son válidas para ejemplares adultos; sin embargo, por las condiciones encontradas entre la zona de Chicama y Chimbote, se encontraron poblaciones juveniles de merluza de 4,5 a 26,0 cm con predominio entre los rangos de 6,0 a 11,0 cm de longitud total y que fue posible determinar mediante los registros una ecuación de TS para este tamaño de población con un valor de b_{20} de -72,2 dB. El resultado obtenido de la ecuación de fuerza de blanco para este rango de tallas permite contar con un valor propio y que es necesario continuar con estos análisis debido a que la fuerza de blanco de una especie fluctúa de acuerdo con su tamaño.

La amplia dispersión de la merluza al sur de Punta Sal ha permitido obtener valores de ecointegración bajos. La biomasa estimada por este método refleja lo encontra-

do en esta área de evaluación e inclusive las capturas de los lances de arrastre han sido pobres.

CONCLUSIONES

1. La merluza se localizó entre Puerto Pizarro y Chimbote en un área total de 4.918 mn², distribuida en diversas áreas continuas y dispersas entre Punta Sal y Chimbote, como consecuencia de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell registrada en Punta Falsa. La mayor concentración se localizó entre Zorritos y Punta Sal en un área de 53 mn².

2. La distribución vertical de la merluza se ubicó entre los 32 y los 320 m, en fondos que variaron desde los 36 a 475 m, con altos valores de ecointegración entre los 150 y los 270 m (nivel preferencial).

3. La ecuación de fuerza de blanco para ejemplares de merluza entre 7 y 11 cm de longitud en la frecuencia de 38 kHz es: $TS = 20 \text{ Log } L - 72,2 \text{ dB}$.

4. La biomasa de la merluza fue estimada en 113.312 toneladas ($\pm 14,61 \%$ a un nivel de significancia de 0,05).

5. En las subáreas A (3°S) y D (6°S) se estimaron las mayores biomásas con 46.835 y 17.749 t, respectivamente.

6. La mayor densidad se obtuvo en la subárea A (3°S) con 76,24 t/mn²; y en la subárea E (7°S) la densidad fue mínima con 6,38 t/mn² en una alta área de distribución.

Referencias

- CASTILLO R., F. GANOZA, A. ALIAGA, M. GUTIÉRREZ y R. GUEVARA-CARRASCO. 1997. Distribución, concentración y biomasa de la merluza peruana en otoño de 1997 con el método hidroacústico. Crucero BIC Humboldt 9705-06. Callao a Puerto Pizarro. Inf. Inst. Mar Perú 128: 12-24.
- FOOTE, K. G. 1987. Fish target strength for use in echo integration surveys. Journal of the Acoustical Society of America, 82: 981-987.

- SAMAMÉ, M. y R. GUEVARA-CARRASCO. 2001. El recurso merluza (*Merluccius gayi peruanus*) en el otoño 2000. Inf. Inst. Mar Perú 160: 7-22.
- GUTIÉRREZ, M. y N. HERRERA. 1998. Mediciones *in situ* de TS de diversas especies a finales del invierno de 1998. Crucero BIC Humboldt 9808-09. Inf. Inst. Mar Perú 141: 7-12.
- JOHANNESSON, K., y R. VILCHEZ. 1979. Informe a IMARPE sobre: Estimación Cuantitativa de la Abundancia de Merluza, basada en Métodos de Eco - Integración. Informe Interno IMARPE. FAO/NORUEGA. Centro Regional de Investigaciones Acústicas para América Latina, 26 pp.
- LILLO, S., J. CORDOVA, A. AILLAMAN, 1996. Target Strength measurements of hake and jack mackerel. ICES Journal of Marine Science, 53: 267-271.
- MAC LENNAN, D. 2001. Fuerza de blanco de merluza *Merluccius gayi peruanus*: Una revisión del experimento de JOHANNESSON y VILCHEZ. En: ESPINO, SAMAMÉ y CASTILLO (eds). Forum La merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*); biología y pesquería. Documento de Trabajo: 106-108. IMARPE.
- MAC LENNAN, D., M. GUTIÉRREZ, R. CASTILLO, F. GANOZA, L. ESCUDERO, A. GONZALES, X. CHALÉN y A. ALIAGA. 1998. Fuerza de blanco de la anchoveta *Engraulis ringens* utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz. Inf. Inst. Mar Perú 133: 15-25.
- MACLENNAN D. y J. SIMMONDS. 1992. Fisheries Acoustics. Fish and Fisheries Series 5. First edition. Chapman and Hall editors. London, UK.
- MACLENNAN D. y A. MENZ. 1996. Interpretation of *in situ* target strength data. ICES Journal of Marine Science, 53: 267-271.