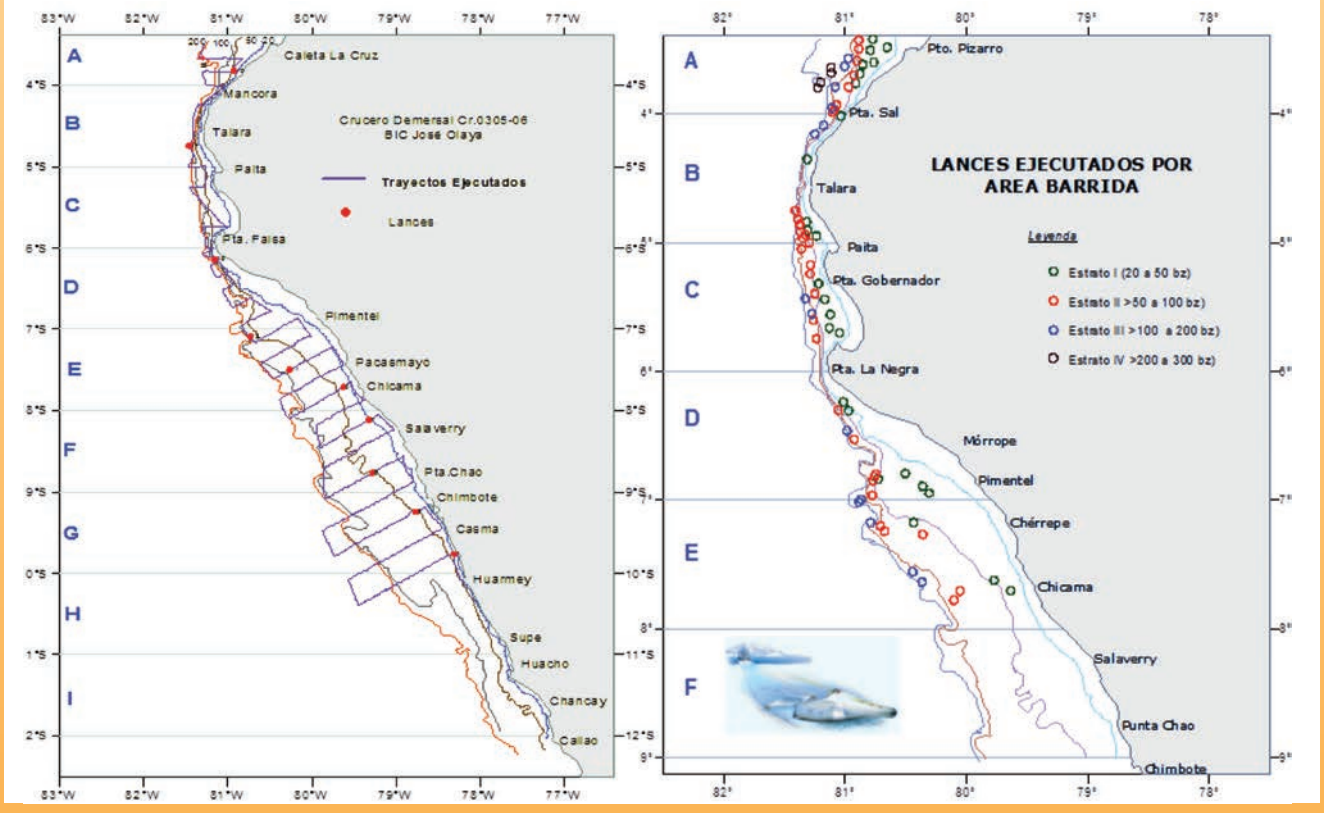
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 38, Número 2

La merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* Ginsburg evaluada en el otoño del 2003



Abril - Junio 2011
Callao, Perú

POBLACIÓN Y ABUNDANCIA DE LA MERLUZA PERUANA ESTUDIADA POR EL MÉTODO DE ÁREA BARRIDA EN OTOÑO 2003: CRUCERO BIC OLAYA 0305-06

POPULATION AND ABUNDANCE OF PERUVIAN HAKE STUDIED BY SWEPT AREA METHOD IN AUTUMN 2003: CRUISE RV OLAYA 0305-06

Carlos Benites Rodríguez [1] *Flor Fernández Ramírez*[1]

RESUMEN

Benites C, Fernández F. 2011. Población y abundancia de la merluza peruana estudiada por el método de área barrida en otoño 2003: Crucero BIC Olaya 0305-06. Inf Inst Mar Perú. 38(2): 185-192.- Este informe corresponde a la evaluación de la merluza peruana por el método de área barrida, desde Puerto Pizarro al sur de Punta Malabrigo, entre el 4 al 18 de junio 2003. Se evaluó la recuperación del recurso después de casi nueve meses de suspensión de pesca comercial. Los resultados más importantes fueron: (1) Incremento de la densidad poblacional a profundidades entre 100 y 200 m en las subáreas B (4-5°S, con 36,53 t/mn^2) y D (6-7°S, con 118 t/mn^2); (2) La biomasa total llegó a 168.000 t, cifra mayor a las del verano 2003 y otoño 2002; (3) Incremento del stock desovante hasta 77.000 t, pero menor a la cantidad mínima requerida para garantizar su renovación y sustentabilidad en el tiempo; (4) La estructura poblacional conformada por ejemplares de 9 a 60 cm de LT, tamaños modales en 12, 19 y 29 cm de LT, y edades de 0 a 7 años con predominio de ejemplares jóvenes de uno (69%) y dos años de edad (24%), que evidenció buen reclutamiento en otoño.

Palabras clave: merluza peruana *Merluccius gayi peruanus,* población, biomasa, indicadores biológicos, indicadores poblacionales, stock desovante.

ABSTRACT

Benites C, Fernández F. 2011. Population and abundance of Peruvian hake studied by swept area method in autumn 2003. Cruise RV Olaya 0305-06. Inf Inst Mar Peru. 38(2): 185-192.- This report is the evaluation of the Peruvian hake by swept area method from Puerto Pizarro to south of Punta Malabrigo, during 4 to 18 June 2003. We assessed resource recovery after nearly nine months of suspension of commercial fishing. The most important results were: (1) Increase in population density at depths between 100 and 200 m in subareas B (4-5°S, 36.53 t/nm^2) and D (6-7°S, with 118 t/nm^2), (2) The total biomass reached 168,000 t, up from the summer 2003 and fall 2002, (3) Increased the spawning stock to 77,000 t, but lower than the minimum amount required to ensure its renewal and sustainability over time, (4) the population structure composed of individuals between 9-60 cm TL, with modal sizes 12, 19 and 29 cm length, and age of 0-7 years with predominance of juveniles of one (69%) and two years of age (24%), which showed good recruitment in the fall.

Keywords: Peruvian hake, *Merluccius gayi peruanus*, population, biomass, biological indicators, population indicators, spawning stock.

INTRODUCCIÓN

La merluza peruana es un recurso que fue declarado en estado de recuperación biológica en mayo del 2003 (Reglamento de Ordenamiento Pesquero de la merluza: DS 016-2003-PRODUCE del 30 mayo 2003). Esto implicó mantener el *statu quo* de la actividad pesquera desde setiembre 2002, que fue considerado necesario para lograr que la población de esta especie pueda recuperar gradualmente el nivel máximo de equilibrio, y el restablecimiento de tan importante actividad económica pesquera.

En base a estudios de otras pesquerías en el mundo, se conoce que las poblaciones sobreexplotadas se caracterizan por tener una mortalidad total muy alta, principalmente por pesca, y una reducción del tamaño promedio de los peces que permite el aumento en la velocidad individual de crecimiento en peso, pero sin compensar las pérdidas producidas por la pesca; por lo tanto, el reclutamiento resulta la única alternativa de crecimiento o recuperación de la población. Dicho reclutamiento será más exitoso si se mantiene una población desovante saludable.

En el caso de la merluza peruana, *Merluccius gayi peruanus*, los parámetros evaluados durante dos décadas, permitieron diagnosticar que se había llegado a la sobreexplotación del recurso, caracterizada por:

- Bajo nivel poblacional
- Disminución de la fecundidad parcial
- Bajo nivel de biomasa de reproductores
- Reducción de la talla
- Reducción de la edad promedio de la población de 40 cm de longitud y 4 años de edad promedio, al inicio de los años 80; a 25 cm y 2 años de edad, a fines del 2001 e inicios del 2002.
- Reducción de la edad de máximo reclutamiento entre las décadas de los años 1980 y 1990, de 4 a 3 años respectivamente, y en los años 2000 a las edades de 2 y 1 año.
- Se reconoce también en estos cambios la influencia de las condiciones ambientales El Niño, La Niña y la ESCC (Samamé et al. 2002).

1. Dirección de Recursos Demersales y Litorales. IMARPE. Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú

MATERIAL Y MÉTODOS

El Crucero de Investigación de los Recursos Demersales y Estudios Paleoceanográficos en el otoño del 2003, Crucero BIC Olaya 0305-06, (20 de mayo al 18 de junio), tuvo la particularidad de comprender tres etapas con objetivos específicos (Benites 2011):

Primera Etapa de estudios paleoceanográficos, de Callao a Pisco del 20 al 24 de mayo 2003;

Segunda Etapa de rastreo acústico, de Huarmey a Puerto Pizarro del 25 de mayo al 3 de junio 2003, y

Tercera Etapa de evaluación por área barrida, de Puerto Pizarro al sur de Punta Malabrigo, del 4 al 18 de junio 2003.

Muestreos biométricos y biológicos

La captura de cada lance se pesó por separado, la del sobrecopo y la del copo. De cada una de estas partes, se tomó una muestra representativa en función al volumen capturado. Las muestras fueron de 1 a 3 cajas, y el peso de cada caja de 60 kg aproximadamente. Cuando la captura no fue tan grande se muestreó todo lo capturado.

Para la composición por especies, se efectuaron mediciones biométricas y biológicas de las especies más representativas de la captura. En el caso de la merluza, que es la especie principal y con dimorfismo sexual, los ejemplares se separaron y analizaron por sexo.

Los muestreos biométricos fueron al azar simple, tomando como base la longitud total al centímetro y registrándose los datos en el formulario respectivo.

En el muestreo biológico, que es un muestreo sistemático estratificado, se revisó tres ejemplares por cada cm de longitud y por sexo en cada lance de pesca. Los datos se recopilan en el formulario de muestreo biológico que contiene: longitud total; peso total y eviscerado; pesos del hígado, del estómago y de la gónada; sexo y grado de madurez sexual según Johanssen (1924).

También se colectaron otolitos para estudios de edad; gónadas para el seguimiento histológico del desarrollo ovocitario y estómagos para estudios de ecología trófica.

Método de Área Barrida para la Evaluación de Merluza

Los fundamentos, así como los procedimientos generales para la planificación y evaluación directa de recursos demersales por el Método de Área Barrida, se encuentran en Alverson y Pereyra (1969) y Mackett (1973). Los aspectos metodológicos de la aplicación de este método en el Perú, han sido descritos por Samamé et al. (1983), Espino y Wosnitza-Mendo (1984), Guevara-Carrasco et al. (1996). Este último da a conocer los principales problemas que se presentan en su aplicación, describiendo algunos pasos para mejorarlo durante la ejecución del crucero de evaluación de merluza en 1995.

El Método del Área Barrida y Muestreo Estratificado al Azar, se basa en las capturas obtenidas con red de arrastre de fondo en el área de distribución de la merluza, dónde es posible determinar el "área barrida" en el lance de pesca. Se toma en cuenta para ello, un tiempo estandarizado de arrastre y la abertura de las alas de la red, con los cuales se determina la densidad media o abundancia relativa del recurso. La captura media (en peso o en número de ejemplares) por unidad de esfuerzo o por unidad de área es un índice de abundancia de la población (es decir se supone que es proporcional a la abundancia). Este índice puede convertirse en una medida absoluta de la biomasa, a través del método de área barrida.

El plan de trabajo para la ejecución del crucero, tomó en cuenta la subdivisión del área de evaluación en pequeñas unidades de muestreo de 4 mn^2 (2' x 2'), para facilitar la selección aleatoria de los lugares de arrastre en cada estrato, además del tradicional procedimiento de zonificación por subáreas de acuerdo a la latitud (A, B, C, D y E) y estratos de profundidad (I, II, III y IV). Así mismo, la información de la etapa del rastreo acústico en el área de distribución, complementado con pesca de comprobación mediante arrastre de media agua, permitió obtener índices de abundancia relativa, que conjuntamente con la extensión del área sirvieron para estimar el número de lances dentro de cada estrato.

Estimación de la Biomasa por el Método de Área Barrida

La estimación de la biomasa se obtiene de la captura en el área barrida por un factor de eficiencia. El factor de eficiencia se obtiene de la proporción de peces retenidos en la fracción de agua muestreada. El estimado de la abundancia total puede ser calculado a partir de las muestras obtenidas mediante la ecuación propuesta por Alverson y Pereira (1969).

Cálculo del área barrida

Según la metodología explicada en Sparre y Venema (1997), el cálculo del área barrida para cada lance es:

$$a = f * v * b,$$

donde:
a = área barrida (mn^2)
f = tiempo efectivo del arrastre o duración del lance (horas)
v = velocidad durante el lance (mn/h)
b = abertura horizontal de la red (distancia entre las alas mn)

Cálculo de la densidad por área barrida:

La densidad por unidad de área o densidad por especie se calcula según:

$$d_i = \frac{C_i}{a_i * e_i}$$

donde:
d_i = densidad de una especie por unidad de área o densidad (peso/mn^2) en el lance i
C_i = captura en peso de especie (toneladas, t) en el lance i
a_i = área barrida (mn^2) en el lance i
e_i = factor de eficiencia total en el lance i

El factor de eficiencia total (e_i) está dado por la relación:

$$e = \alpha * \beta,$$

dónde:
α = factor de eficiencia vertical; proporción del recurso que está al alcance de la red.
β = factor de retención; proporción del recurso que está al alcance de la red y es efectivamente retenida por ella.

El valor de (e_i) en este crucero fue calculado para cada lance, haciendo uso de sensores RX 400 Scanmar colocados en la relinga superior de la boca de la red, de ecosonda científica y los resultados de la pesca.

INGRESAR DATOS BASICOS GENERALES_

Lance	Subarea	Estrato	Prof(m)	Latitud	Longitud	INICIO	FIN	Velocidad	Abert.Alas (m	Eficiencia	Capt. Merluza (kg) CM-Total	CM-Copo
1	A	1	68.2	3.5057	80.7945	6.23	6.30	3.20	15.33	0.10	22.3	0.3
2	A	1	67.4	3.4202	80.7762	8.03	8.33	3.00	15.09	0.20	0.0	0.0
3	A	2	100.4	3.4285	80.8908	11.00	11.16	2.80	15.16	0.23	0.3	0.2
4	A	2	106.5	3.4943	80.8912	13.47	14.17	3.00	15.50	0.20	125.4	13.0
5	A	2										
6	A	1										
7	A	1										
8	A	1										
9	A	1										
10	A	1										
11	A	2										
12	A	3										
13	A	3										
14	A	4										
15	A	4										
16	A	4										
17	A	4										
18	A	2										
19	A	3										
20	A	2										
21	A	2										
22	B	1										
23	B	3										
24	A	3										
25	B	3										

ÁREA DE CALCULOS DE DENSIDAD_

Área Barrida Duración	Área (mn	Dens. Merluza (t/mn² M-Total	M-Copo	Dens. Total (t/mn²) T-Total	T-Copo	Dens. Esp. 1 (t/mn² E1-Total	E1-Copo	Dens. Esp. 2 (t/mn² E2-Total	E2-Copo	Dens. Esp. 3 (t/mn² E3-Total	E3-Copo	Abund. Relat. Merluza kg/lance	kg/hora	kg/mn²
7	0.0031	72.03	0.84	180.06	11.11	83.65	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	222.6	1908.0	72033.8
30	0.0122	0.00	0.00	36.33	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
16	0.0061	0.18	0.12	87.30	5.00	61.39	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1	4.1	180.0
30	0.0126	49.93	5.18	360.31	22.94	266.71	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	626.8	1253.5	49929.2
30	0.0131	34.45	3.47	170.02	8.11	41.30	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	452.0	904.0	34455.0
30	0.0121	18.62	0.77	221.78	5.59	162.96	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	226.1	452.1	18617.0
30	0.0123	0.00	0.00	60.96										
30	0.0121	1.07	0.23	13.55										
22	0.0083	1.33	0.09	44.62										
20	0.0079	0.00	0.00	10.28										
12	0.0053	13.17	0.99	36.55										
30	0.0130	2.72	0.37	3.90										
30	0.0141	0.67	0.19	6.21										
30	0.0136	4.30	0.00	6.85										
30	0.0131	4.66	0.57	5.55										
30	0.0132	15.47	1.19	21.57										
30	0.0133	15.80	1.27	17.98										
30	0.0123	25.27	3.58	100.83										
30	0.0129	33.08	7.09	81.45										
30	0.0118	27.63	7.49	42.13										
30	0.0135	36.11	7.61	50.06										
22	0.0097	0.00	0.00	223.88										
30	0.0135	71.85	21.33	101.17										
16	0.0070	19.32	4.23	45.47										
30	0.0125	17.47	2.47	22.20										

MERLUZA (Copo + Sobrecopo)

Subarea	Estrato	Lances	Densidad (t/mn2)	Varianza	Extension (mn2)	Eficiencia	Biomasa (t)
	1	7	13.3	717	320.03	0.39	4254.1
A	2	7	26.7	263	195.37	0.40	5212.2
	3	4	14.0	232	561.33	0.53	7831.1
	4	4	10.1	41	225.99	0.28	2273.4
			15.0		1302.72		19570.8
	1	5	30.9	1376	131.95	0.16	4081.3
B	2	7	36.1	1168	156.74	0.58	5655.1
	3	3	32.1	1210	134.14	0.23	4310.7
	4	0					
			33.2		422.83		14047.2
	1	5	16.6	315	330.24	0.88	5474.4
C	2	6	31.2	278	348.46	0.62	10876.6
	3	2	5.1	0	158.92	0.38	807.6
	4	0					
			20.5		837.62		17158.6
	1	6	34.9	2457	751.23	0.82	26184.0
D	2	5	116.5	12599	313.47	0.82	36531.5
	3	4	3.4	7	133.41	0.66	456.8
	4	0					
			52.7		1198.11		63172.2
	1	3	2.9	26	1226.91	1.00	3611.0
E	2	5	27.3	1550	1579.74	0.82	43204.9
	3	3	9.9	149	511.76	1.00	5069.1
	4	0					
			15.6		3318.41		51885.0
Total		76			7079.69		165833.7

Figura 1. Hoja de cálculo para estimación de la biomasa.

Cálculo de la densidad por estrato

La biomasa media por unidad de área o densidad media ($\bar{d}_h$) está dada por:

$$\bar{d}_h = \frac{1}{n_h}\sum_{i=1}^{n_h} d_i$$

que reemplazando

$$d_i = \frac{C_i}{a_i * e_i}$$

Queda la expresión:

$$\bar{d}_h = \frac{1}{n_h}\sum_{i=1}^{n_h} \frac{C_i}{a_i * e_i}$$

donde:

d_h = densidad media de una especie en el estrato h

n_h = número de lances en el estrato h

C_i = captura de la especie en el lance i

a_i = área barrida en el lance i

e_i = factor de eficiencia total en el lance i

d_i = densidad en el lance i

Cálculo de la biomasa por estrato:

La biomasa en el estrato (B_h) está dado por:

$$B_h = A_h * \bar{d}_h,$$

donde:

B_h = biomasa de la especie (peso) en el estrato h

A_h = área del estrato h (mn²)

dh = densidad media de la especie en el estrato h (peso/mn²)

Luego, la biomasa total de la especie en el área de investigación será:

$$B = \sum_{h=1}^{L} B_h = \sum_{h=1}^{L} A_h * \bar{d}_h$$

Los cálculos de biomasa de merluza se realizan en una plantilla de datos, creada en el aplicativo computacional Excel programado y estandarizado por IMARPE para la evaluación de recursos demersales proveniente de Cruceros por el Método del Área Barrida y Muestreo Estratificado al Azar, el mismo que toma en cuenta todas las formulaciones indicadas arriba. La plantilla en Excel creada, contempla tres hojas de cálculo que son utilizadas exclusivamente para el ingreso de la información básica, áreas de cálculo, y las estimaciones finales, respectivamente, las que permiten agilizar todas las operaciones y procesos que demanda dicha estimación, obteniéndose la biomasa en tiempo real (Fig. 1).

RESULTADOS

Estructura poblacional

Por tamaños

El análisis de la estructura por tamaños se realizó tomando en cuenta la población total de merluza tanto en número de individuos como en biomasa; caracterizándose por presentar una población sustentada básicamente por ejemplares jóvenes; el rango de tamaños no fue tan amplio como en cruceros anteriores, estando en esta oportunidad entre los 9 y 60 cm de longitud total (LT).

La estructura total de la población presentó una moda principal en 19 cm y dos modas secundarias en 29 y 12 cm (Fig. 2); el porcentaje de incidencia de ejemplares menores de 35 cm fue del 98%, siendo esto una manifestación de que la estructura del stock continúa predominantemente juvenil.

El análisis de la estructura poblacional de merluza por subáreas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.- Estructura poblacional de merluza por subáreas, otoño 2003.

Subárea	Millones Indiv.	Rango tallas (cm)	Modas (cm)	% de ejemp. <35 cm*
A	122	12-58	25 y 28	96,1
B	73	15-60	24 y 29	92,2
C	108	13-55	23	93,1
D	687	13-43	20	97,5
E	813	9-35	19, 29 y 12	99,9

*talla mínima de captura

La estructura poblacional mostró la estratificación latitudinal de tamaños, es decir, los más grandes al norte y los más pequeños al sur, que es la tendencia del patrón convencional observada en esta especie (Fig. 3); aunque en este crucero la longitud media en la subárea A fue un tanto menor que en la subárea B. En la medida que los individuos alcanzaban mayores tallas, se profundizaban; por ello, las hembras de mayor talla se encontraron a mayor profundidad; situación que evidencia una relación directa entre las dos variables.

Por edades

La estructura de la población por rango de longitud fue transformada a edades mediante la clave talla

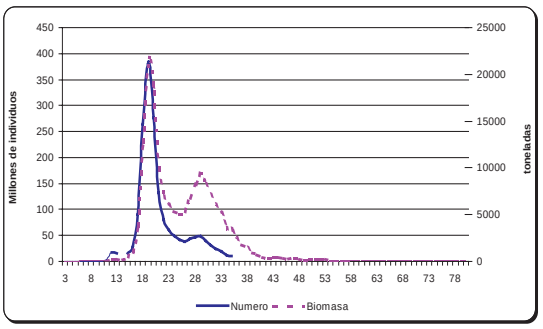


Figura 2.- Estructura de la población de merluza, otoño 2003

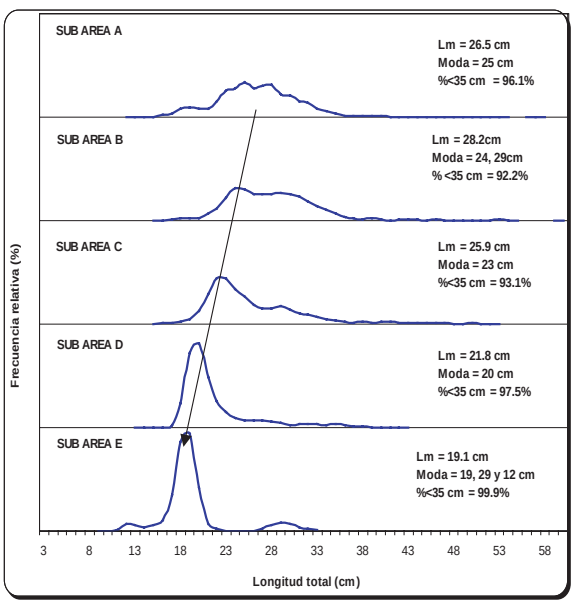


Figura 3.- Estructura poblacional de la merluza por subáreas, otoño 2003

- edad obtenida con información del mismo crucero. La población estuvo constituida por ejemplares de 0 a 7 años de edad, con mayor representación de los individuos de uno (69%) y dos años de edad (24%). (Fig. 4). La población juvenil confirma el gran reclutamiento ocurrido en el otoño 2003 y el gran potencial pesquero que iría creciendo en su migración anual hacia el norte del litoral.

La distribución de edades de la población de merluza en el otoño del 2003 por subáreas, muestra que el Grupo de edad uno fue el que tuvo el mayor predominio en las subáreas D y E a diferencia del grupo de dos años que presentó una distribución equiparable en todas las subáreas.

La distribución de la biomasa por edades estuvo principalmente representada por el grupo de 2 años con el 64% (107.319 t) y el grupo de tres años con el 24% (39.555 t) (Fig. 4). Al analizar esta distribución por subáreas, se observa que el grupo de edad de 2 años es predominante en las subáreas D, E y A.

Proporción sexual

En toda el área evaluada la proporción sexual de merluza fue de 1,27 a favor de las hembras, con ciertas variaciones en función a la profundidad y a los grados latitudinales en que se encontraban distribuidas.

En relación a la talla, hasta cerca de los 15 cm, la proporción sexual de merluza se presentó en la misma proporción para ambos sexos (50% ♂ y 50%♀). A partir de los 15 cm, los machos porcentualmente se incrementan ligeramente hasta los 23 cm, mientras que las hembras, en forma progresiva, alcanzan el 90% a los 32 cm. Los machos a los 38 cm representan el 30%; y después de esta talla las hembras se fueron incrementan-

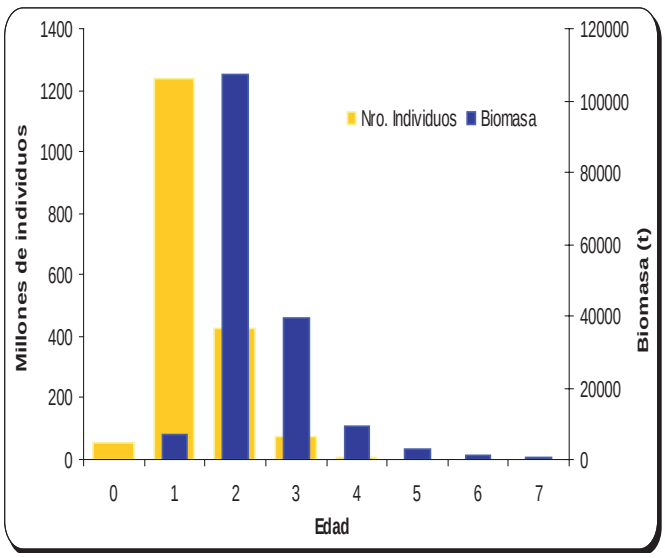


Figura 4.- Estructura por edades de la población de merluza, otoño 2003

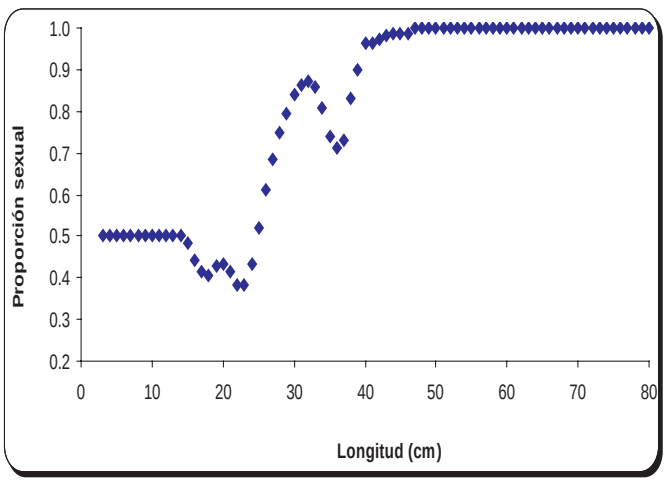


Figura 5.- Proporción sexual de hembras según talla, otoño 2003

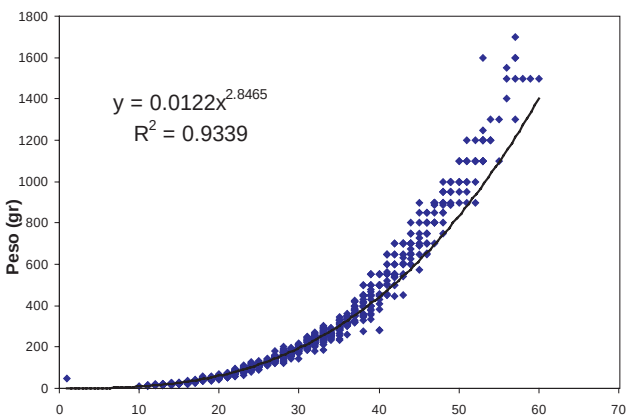


Figura 6.- Relación longitud-peso de merluza durante el otoño 2003.

do y a los 42 cm los ejemplares presentes en las capturas fueron 100% hembras (Fig. 5).

Según Lleonart y Guevara-Carrasco (1995), en general, la proporción sexual es un atributo poblacional dependiente de la estructura demográfica y como tal puede variar de año a año, dependiendo de la abundancia y explotación. En el caso de la merluza peruana, esta variación especialmente se ha dado en el rango <40 cm en años previos a 1992, en el que el mayor porcentaje de machos se presentaba en el rango de 35 a 40 cm, tendiendo las hembras a dominar a partir de los 50 cm; a diferencia de lo encontrado en el presente crucero, en el que los machos solo dominan ligeramente en algunos rangos de longitud temprana.

Relación longitud - peso

El crecimiento relativo en peso en función a la longitud de merluza, muestra alguna variación con respecto a lo observado durante el crucero de otoño 2000 (Guevara-Carrasco et al. 2001) que se muestran en los valores encontrados.

El análisis de los datos permitió obtener los valores de "a" y "b" al establecer la relación longitud peso de la merluza (Fig. 6), cuyos valores para los sexos combinados fueron:

a = 0,006

b = 3,0614

Si bien estos valores con un coeficiente de determinación r^2 = 0,9894, mostraron un crecimiento en peso favorable para la especie, aun no pudiendo ser comparativos con cruceros anteriores, denota un crecimiento alométrico negativo en relación a la curva patrón de Lleonart y Guevara-Carrasco (1995) cuyo valor es inferior a 3.

Densidades medias (t/mn²) y biomasa de merluza

Las mayores densidades se encontraron entre 100 y 200 m de profundidad, lo cual coincide con los resultados del crucero de otoño 2002, y tiene menor asociación con el verano 2003 (Fig. 7).

Comparando las mejores densidades de merluza según la latitud, se observó que en otoño 2003, se encon-

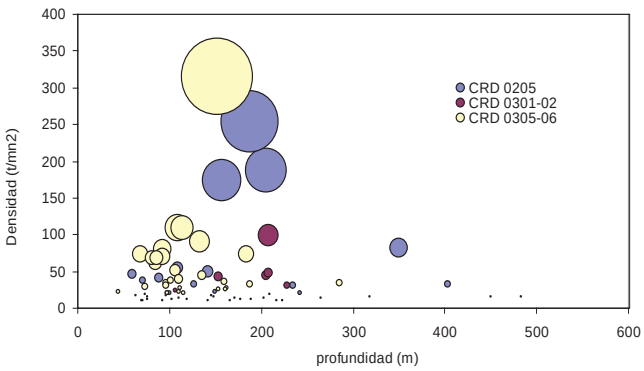


Figura 7.- Distribución de la merluza según profundidad, otoño 2003

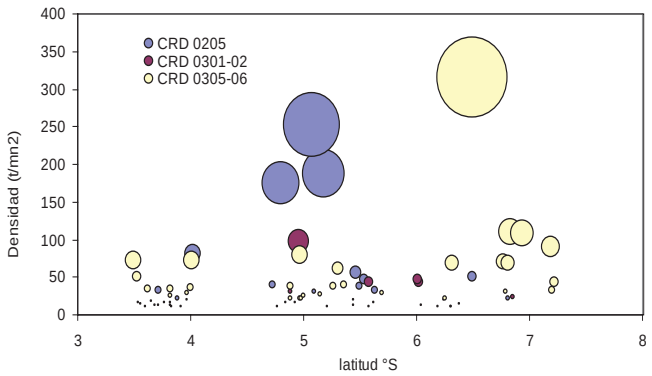


Figura 8.- Distribución de la merluza según latitud, otoño 2003

traron en los 6°S (subárea D) y 7°S (subárea E); en el crucero de otoño 2002 y en el verano 2003 (menos perceptible), estuvieron en los 4°S (subárea B) y 5°S (subárea C) (Fig. 8).

Las mayores densidades de merluza se encontraron en el estrato II (50 – 100 bz) y el estrato I (20 – 50 bz), y en los 6°S (subárea D) con 118 t/mn^2 y 4°S (subárea B) con 36,53 t/mn^2 (Tabla 2).

Tabla 2.- Densidad media de merluza (t/mn^2) por estratos de profundidad (bz), otoño 2003.

Subáreas	Estratos de profundidad (brazas)			
	I (20-50 bz)	II (50-100 bz)	III (100-200 bz)	IV (200-400 bz)
A(3°30′- 3°59′S)	13,46	27,01	14,13	10,19
B (4°00′- 4°59′S)	31,32	36,53	32,54	
C (5°00′- 5°59′S)	16,79	31,61	5,15	
D (6°00′- 6°59′S)	35,29	118,01	3,47	
E (7°00′- 7°59′S)	2,98	27,69	10,03	

En otoño 2003 se encontraron mayores valores de densidad que en verano. Si se comparan con las de años anteriores (2000 al 2003), hay variación en la distribución de los valores dentro de las subáreas. Sin embargo, en la subárea D se alcanzó mayor valor que los años precedentes, y en D y E se obtienen los mayores valores de densidad que el crucero de otoño del año 2000 (Tabla 3).

Tabla 3.- Densidad media de merluza (t/mn^2) por subáreas según Cruceros. Periodo 2000 - 2003

Subáreas	Periodo 2000 - 2003			
	0005-06	0105-06	0205-06	0305-06
A	28,45	9,62	11,9	15,02
B	11,75	10,67	42,6	33,22
C	2,60	31,64	38,5	20,48
D	32,31	27,00	6,8	52,73
E	3,39	24,08	2,0	15,64

Estimación de la varianza de la densidad en los estratos.

Siendo:

$$S_h^2 = \left[\sum_{1}^{nh} (y_{hi} - y_{mh})^2 \right] / (n_h - 1)$$

con:

$$y_{mh} = (\sum_{1}^{nh} y_{hj}) / n_h$$

donde:

y_{hj} : densidad observada en la unidad muestral j-ésima, del estrato h

L : número total de estratos

N_h : tamaño muestral en el estrato h.

S_h^2 : estimación de la varianza de la densidad en el estrato h.

Ver cálculo en la Tabla 4.

Precisión del Estimador de la Biomasa

En un muestreo estratificado, el estimador de la biomasa tiene la forma general:

$$B_{est} = \sum_h A_h y_{mh}$$

Siendo A_h el área correspondiente al estrato h.

Ver cálculo en la Tabla 5.

Un estimador insesgado de la varianza de B_{est} está dado por:

$$V(B_{est}) = \sum_h A_h^2 [(N_h - n_h)/N_h] S_h^2 / n_h$$

Ver cálculo en la Tabla 6

Un intervalo de confianza para B_{est} está dado por:

$$B_{est} \pm t_{(\alpha, n-1)} \sqrt{[V(B_{est})]}$$

Siendo t el desvío obtenido de la tabla de distribución normal, determinado en función del coeficiente de confianza considerado (para el 95% t = 1,96).

$$167.920 \pm 1.96 \sqrt{1332396399.4}$$

Luego:

167,920±71,544 t

El error relativo de muestreo de la B_{est}, es definida mediante la razón de su error de muestreo (desviación típica del estimador) y su valor esperado, es decir mediante el coeficiente de variación del estimador cuya expresión es:

$$C.V = \frac{\sqrt{[V(B_{est.})]}}{B_{est}} * 100$$

Luego:

$$C.V = \frac{\sqrt{1332396399.4}}{167.920} * 100 = 21{,}7\,\%$$

La semi amplitud del intervalo de confianza expresado como porcentaje de la biomasa, puede considerarse como una medida relativa del error cometido al estimar la biomasa a partir de la expresión . $B_{est} = \sum_h A_h y_{mh}$ .Este error relativo expresado en términos porcentuales, según lo hemos definido, está dado por:

$$\Delta(n) = 100 * t \sqrt{[V(B_{est})]} B_{est}$$

$$\Delta(n) = 100 * 71.544 / 167.920 = 42{,}6\%$$

La Biomasa estimada de merluza en el área evaluada fue de 167,920 ± 71,544 t,, con un error relativo de estimación de 21,7% para un intervalo de confianza del 95%, corres-

Tabla 4. Cálculo de la varianza densidad observada por estratos profundidad Cr. 0305-06.BIC Olaya

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	A-1	A-II	A-III	A-IV	B-I	B-II	B-III	C-I	C-II	C-III	D-I	D-II	D-III	E-I	E-II	E-III
DENSIDADEES (t/mn^2)	72,94	0,18	2,76	4,36	0,00	3,04	72,75	45,81	30,02	5,47	32,41	318,75	4,13	0,00	90,98	24,17
	0,00	50,56	0,68	4,72	34,67	19,36	17,69	1,41	25,78	4,82	127,98	7,20	6,70	8,94	43,64	4,59
	18,85	34,89	33,50	15,67	25,19	28,30	7,18	8,00	53,86		0,00	37,73	2,60	0,00	1,07	1,33
	0,00	13,33	19,56	16,0	93,28	35,64		22,29	29,72		0,00	82,23	0,44		0,07	
	1,08	25,59			3,46	110,84		6,42	45,18		0,00	81,12			2,71	
	1,35	27,98				35,49			5,08		51,37					
	0,00	36,57				23,07										
n_h	7	7	4	4	5	7	3	5	6	2	6	5	4	3	5	3
Varianza de Densidad	735,1	269,6	238,3	42,5	1411,2	1198,1	1240,4	323,5	284,6	0,2	2518,9	12917,7	6,9	26,6	1588,8	152,7

Tabla 5.- Cálculo del estimador de Biomasa Cr. 0305-06 BIC Olaya

ESTRATO	AREA	Lances (n_h)	Densidad (Y/mh t/mn^2	Extensión mn^2	Biomasa t
1	A-I	7	13,5	320	43,08
2	A-II	7	27,0	195	5278
3	A-III	4	14,1	561	7930
4	A-IV	4	10,2	226	2302
5	B-I	5	31,3	132	41,33
6	B-II	7	36,5	157	5726
7	B-III	3	32,5	134	4365
8	C-I	5	16,8	330	5543
9	C-II	6	31,6	348	11013
10	C-III	2	5,1	159	818
11	D-I	6	35,3	751	26513
12	D-II	5	118,0	313	36991
13	D-III	4	3,5	133	463
14	E-1	3	3,0	1227	3656
15	E-II	5	27,7	1580	43748
16	E-III	3	10,0	512	5133
TOTAL		76		7,080	167,920

Tabla 6.- Calculo de la varianza del estimador de Biomasa Cr. 0305-06. BIC Olaya

Estrato		Cuadrículas (Nh)	Lances (nh)	Extensión ah (mn^2)	Varianza S^2h	Varianza Biomasa $V(B_{est})$
1	A-I	80	7	320	735,06	9813855,4
2	A-II	49	7	195	269,62	1260136,1
3	A-III	140	4	561	238,30	18235378,3
4	A-IV	56	4	226	42,55	504411,8
5	B-I	33	5	132	1411,23	4169557,2
6	B-II	39	7	157	1198,06	3450052,7
7	B-III	34	3	134	1240,45	6783552,6
8	C-I	83	5	330	323,47	6630433,8
9	C-II	87	6	348	284,64	5363087,9
10	C-III	40	2	159	0,21	2466,3
11	D-I	188	6	751	2518,85	229356618,7
12	D-II	78	5	313	12917,73	237594594,3
13	D-III	33	4	133	6,77	26460,6
14	E-1	307	3	1227	26,64	13238800,6
15	E-II	395	5	1580	1588,79	782952988,7
16	E-III	128	3	512	152,65	13014004,5
Total		1770	76	7080		1332396399,4

pondiendo los mayores porcentajes a las subáreas D (38%) y E (31%), que guardan una correspondencia casi directa con el mayor número de la población de merluza en las referidas áreas.

Esta cifra estimada de biomasa guarda relación con los estimados preliminares de biomasa efectuados por el método acústico (120.200 t; límite superior 143.200 t y límite inferior de 97.200 t, pero que se considera subestimada, pues el muestreo estaba orientado al otro método, no habiendo rastreado una mayor extensión de área y además que la fuerza del eco no es la misma tratándose de merluza juvenil, arrojando valores bajos debido al fenómeno de enmascaramiento producido por el fondo hacia los cardúmenes.

Biomasa desovante

Para la estimación de la biomasa desovante, se construyó primero la ojiva de madurez, la misma que se elaboró con los estadios de madurez gonadal catalogados macroscópicamente utilizando la escala de Johanssen. En este proceso solo se consideraron las hembras, teniendo en cuenta que con estadios I y II se consideran individuos inmaduros y los de estadios III al VIII individuos maduros. Se empleó la metodología explicada por Vazzoler (1979), ajustando los datos a una ecuación logística de la forma siguiente:

$$P_i = \frac{100}{1+e^{a+b*LT}}$$

donde:

P_i = porcentaje de hembras sexualmente maduras
LT = longitud total en cm
a y b = constantes

El ajuste de la función de madurez se realizó según el método de mínimos cuadrados no lineales, resuelto mediante el método numérico Newton, incluido en la subrutina Solver de la planilla de cálculo Excel.

Estando la merluza en una fase de recuperación y dado que en este crucero se observó una población mayormente joven, con fines de obtener los estimados de biomasa desovante se consideró conveniente utilizar la ojiva de madurez promedio histórica, la que al ser aplicada a la biomasa total dio como resultado un estimado 77.000 t de biomasa desovante.

CONCLUSIONES

1. La población de merluza se caracterizó por la presencia de ejemplares jóvenes que evidencian un buen reclutamiento, con 3 cohortes de tamaño modal en 12, 19 y 29 cm. Su estructura poblacional estuvo conformada por ejemplares entre 0 y 7 años de edad, estando mejor representados los individuos de 1 año (69%) y 2 años de edad (24%). Asimismo la población muestra la estratificación latitudinal por tamaños: los pequeños al sur y los más grandes al norte, que es la tendencia del patrón convencional observada en esta especie.

2. La biomasa total estimada de merluza en el otoño 2003, fue de 168 mil toneladas, de la cual el stock desovante alcanza un volumen de 77.000 t, que es mayor a los estimados de los 2 últimos cruceros, pero menor a la cantidad mínima requerida para garantizar su renovación y sustentabilidad en el tiempo.

3. Las densidades de las capturas (t/mn^2) y abundancia relativa (kg/lance-hora) muestran que los altos valores se presentaron en el estrato II (50-100 bz) y en la subárea D (6-7° S) y E (7-8°S).

Agradecimientos.- Expresamos nuestro agradecimiento a la señora Ing. Pesq. Jacqueline Palacios y al señor Lic. Estad. Luis Pérez Cerdeña, por su valiosa colaboración en el procesamiento de los datos y análisis de la información correspondiente.

REFERENCIAS

Alverson DL, Pereyra WT. 1969. Demersal Exploration in the Northeastern Pacific Ocean An Evaluation of Exploratory Fishing Methods and Analytical Approaches to Stock Size and Yield Forecast. J. Fish. Res. Bd. Canada, 26: 1985-2001.

Benites C. 2011. Características generales del crucero de investigación de recursos demersales y estudios paleoceanográficos de otoño 2003. BIC Olaya 0305-06. Inf Inst Mar Perú. 38(2): 171-175.

Espino M, Wosnitza-Mendo C. 1984. Manuales de evaluación de peces N°1. Área Barrida. Inf. Inst. Mar Perú 86. 32 pp.

Johanssen AC. 1924. On the Summer and Autumn Spawning Herring of the North Sea. Medd.Fomm. Ma vunders Ser.Fisheri.Bd. VI.5.

Guevara-Carrasco R, Castillo R, González A. 1996 Aspectos Metodológicos de la Evaluación Directa de la Merluza *Merluccius gayi peruanus* con el Método del Área Barrida (Cr.BIC SNP-1, 9505-06). Inf. Inst. Mar Perú 117: 8-15.

Guevara-Carrasco R. 2000. Distribución y Concentración de la Merluza *Merluccius gayi peruanus* en enero 1999. Crucero BIC José Olaya Balandra 9901. Inf. Inst. Mar Perú 153: 18-22pp.

Guevara-Carrasco R, Gonzales A, Rodríguez A. 2001. Características Biológicas de la Merluza *Merluccius gayi peruanus* en otoño 2000. Inf. Inst. Mar Perú 160: 37-42pp.

Lleonart J, Guevara-Carrasco R. 1995 Ordenación de la pesquería Perú. Estado de la merluza, otras especies demersales y especies costeras FAO Doc. Campo 2. 90 pp

Mackett D J. 1973. Manual of Methods for Fisheries Resource Survey and Appraisal. Part 3. Standard Methods and Techniques for Demersal Fisheries Resources Surveys. FAO Fish. Tech. Pap. (124): 38p.

Samamé M, Espino M, Castillo J, Mendieta A, Damm U. 1983. Evaluación de la población de merluza y otras especies demersales en el área de Puerto Pizarro-Chimbote. Crucero BIC HUMBOLDT 8103-04, marzo-abril, 1981. Bol. Inst. Mar Perú – Callao, 7(5): 109-192.

Samamé M, Guevara-Carrasco R. 2001. El recurso merluza *Merluccius gayi peruanus* en el otoño del 2000. Inf. Inst. Mar Perú, 160:23-35.

Samamé M, Guevara-Carrasco R, Fernández F. 2002 Evaluación y Diagnóstico del Recurso Merluza *Merluccius gayi peruanus* en el Litoral Peruano (Noviembre del 2002). Informe Inst. Mar Perú-Callao. Documento interno, 13 pp.

Sparre P, Venema S. 1997. Parte 1: Manual Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Doc.Téc.Pesca 306/1 Rev.2. 345- 354 pp.

Vazzoler A. 1979. Manual de métodos para estudios biológicos de populacoes de peixes Reproducao e crescimento. Conselho Nacional de Desenvolvimiento Científico y Tecnológico, pp. 29-36.