

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU



ISSN 0378 - 7702

INFORME

Nº 120

Setiembre, 1996

**Estudio de la selectividad en merluza
(*Merluccius gayi peruanus*) con red de
arrastre de fondo en el área de Paita**



**Con apoyo del Programa de
Cooperación Técnica para la Pesca
CEE-VECEP ALA 92/43**

Callao, Perú

II: EXPERIMENTO MODELO DE SELECTIVIDAD CON RED DE ARRASTRE DE FONDO

Carlos Salazar¹ Eulalio Carrillo¹ Renato Guevara-Carrasco² Raúl Castillo³

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del estudio de selectividad en merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) con una red de arrastre de fondo, en el área pesquera de Paita (03° a 05° S), basado en el método de copo cubierto (POPE *et al.* 1975) con diferentes tamaños de malla (poliamida PA - nylon), 90, 105, 110 y 120 mm. Se observó que la diferencia entre el factor de selección calculado por los distintos análisis para las mallas 105 (106) mm y 110 (114) mm no fue significativa, razón por la cual fueron seleccionadas para aplicar los modelos matemáticos adicionales de GULLAND 1970 y BARANOV 1960, determinándose el tamaño óptimo de malla de 110 mm. El factor de selección (FS) para la malla de 90 (90,8) mm fue igual a 3,41; para la malla de 105 (106) mm, igual a 3,03; para la malla de 110 (114) mm, fue igual a 2,99; para la malla de 120 (122) mm, fue igual a 2,84.

PALABRAS CLAVE: Selectividad, arrastre de fondo, merluza peruana, *Merluccius gayi peruanus*.

ABSTRACT

In this second part of the study of selectivity of Peruvian hake, *Merluccius gayi peruanus*, in fishing ground off Paita (03° a 05° S), the method of cover cod end (POPE *et al.* 1975) was employed, using different mesh sizes (PA, nylon) of 90, 105, 110 and 120 mm. It was observed that selection factor (SF) obtained for meshes of 105 (106) mm and 110 (114) mm were not significantly different. So we applied additional mathematical models of GULLAND 1970 and BARANOV 1960, for estimating the optimal mesh size in 110 mm. The selection factor for 90 (90,8) mm mesh size was 3,41; for 105 (106) mm was 3,03; for 110 (114) mm. was 2,99; and for 120 (122) was 2,84.

KEY WORDS: Selectivity, bottom trawl, Peruvian hake, *Merluccius gayi peruanus*.

INTRODUCCIÓN

Las artes de pesca son selectivas en relación con el tamaño de los peces capturados. La importancia del estudio de la selectividad del arte, nace de la necesidad de contar con herramientas técnicas de control y regulación de las pesquerías. En la pesca de arrastre de fondo, el tamaño de malla de la red es uno de los factores más importantes para determinar el esquema de respuesta selectiva frente a los recursos. Se debe tener en cuenta que las experiencias de selectividad están orientadas a conocer la abertura de malla interna o luz de malla adecuada para capturar especies que han alcanzado el tamaño mínimo de captura, lo cual actuaría sobre aquella fracción de biomasa que produzca un buen rendimiento, considerando que la población no capturada debe tener capacidad para restituir esa biomasa que se ha extraído, tanto por el crecimiento de sus individuos como por su capacidad de reproducción.

La merluza sustenta la pesquería de arrastre de fondo en el Perú, con volúmenes de desembarque que superan las 100 mil toneladas anuales. La pesquería de la merluza está regulada por el De-

creto Supremo No. 012-84-PE, donde se establece, entre otras, en 90 mm el tamaño de malla a nivel del copo de la red en 90 mm; y en 35 mm de longitud total, el tamaño mínimo de captura, permitiendo un porcentaje de tolerancia de 20% de captura incidental de peces de menor tamaño a lo establecido (R.M. 430-92-PE).

Los reportes de captura de merluza peruana en los últimos cuatro años, indican la alta disponibilidad de ejemplares juveniles que plantea el problema de una creciente pesca incidental que transgrede la legislación existente (GUEVARA-CARRASCO 1995). En este contexto, se recurre a estudios de selectividad con redes de arrastre de fondo, para contar con bases técnico científicas que permitan actualizar la Ley existente.

En el Perú existen pocos trabajos publicados sobre selectividad en merluza. Los estudios realizados en distintas épocas y con tamaños de mallas de 50, 80 y 90 mm (WOSNITZA-MENDO *et al.* 1985), muestran resultados contradictorios. Esto es, obteniéndose con malla de 50 mm una longitud media de retención de 37,8 cm; y con la de 90 mm, de 25,5 cm. Por otro lado, LLEONART Y GUEVARA (1995); utilizando datos de 1987 de los cruceros de evaluación

1. Dirección General de Investigaciones en Pesca. IMARPE
2. Dirección General de Investigaciones de Recursos Hidrobiológicos. IMARPE
3. Laboratorio Costero de Paita. IMARPE

de recursos demersales con copo y sobrecopo, estimaron como longitud media de retención 36,5 cm, con un factor de selección promedio de 4,06. De la misma manera, con datos de la flota comercial y calculando la curva de selección con el método de análisis de cohortes por tallas, se halló que la longitud media de retención varió entre 39,5 y 45,8 cm, en 1989; y entre 30,1 y 37,5 cm en 1993.

Estudios de selectividad en otras especies de merluzas, realizados por ARANA (1970), BOHL *et al.* (1971), CLAY (1979), indican diversos factores, distintos al tamaño de malla, que afectan la selectividad, entre ellos el volumen de la captura, los perímetros del cuerpo del pez, los diferentes materiales utilizados en la construcción de los copos, la posición del sobrecopo; etc. Asimismo haciendo una revisión de estudios de selectividad en el género *Merluccius*, BOHL *et al.* (1971) y ROBLES *et al.* (1979), encontraron que el factor de selección varía entre 2,6 y 5,6, proponiendo que parte de esta variabilidad puede deberse a que estas especies provienen de distribuciones espacio-temporales distintas, que reflejan de alguna manera cambios de largo plazo en el comportamiento de los stocks de merluza.

Ante esta situación, se llevó a cabo estudios sobre selectividad con red de arrastre de fondo en el área pesquera de Paita, que es la principal zona de distribución del stock de merluza (ESPINO *et al.* 1995).

El estudio comprendió dos etapas. En la primera, del 14 al 18 de febrero de 1996, a bordo de embarcaciones comerciales, se determinaron los tamaños de mallas con que opera la flota y las ojivas naturales de selección.

En la segunda etapa, a la que se refiere el presente informe, se realizó, del 24 de febrero al 4 de marzo de 1996, el experimento de selectividad, empleando el método de copo cubierto (POPE *et al.* 1975). Se presentan a continuación los resultados del estudio para la determinación del tamaño de malla y estimado de factores de selectividad con redes de arrastre de fondo, para la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*).

MATERIAL Y MÉTODOS

La ejecución de este estudio se realizó en áreas habituales, donde actúa la flota de arrastre de fondo para la pesquería de la merluza. El área de estudio comprendió desde 3° S (Máncora) y 5° S (Paita) hasta las 30 millas náuticas (mn) de distancia de la costa y batimétricamente entre 60 y 183 m (fig. 1).

El arte de pesca utilizada fue una red de fondo de cuatro tapas, con una longitud de 58 m sin

copo, con una relinga superior de 24,5 m y una inferior de 33,2 m de longitud. La estructura de las alas y de los primeros paneles está armada con paño de hilo torcido de color negro Td 210/96 de Poliamida PA (nylon), el tubo es de polipropileno PP (fig. 2). En general la red tiene mallas con nudo simple con 0,47 de coeficiente de abertura horizontal (U_1) y 0,88 de coeficiente de abertura vertical (U_2) ambos dependientes del porcentaje de embande de armado ($E = 50\%$) que es usado como patrón para el estudio en referencia.

Específicamente, para aplicar el método de "copo cubierto" (fig. 5) propuesto por POPE *et al.* (1975), se diseñó y construyó copos de diferentes tamaño de malla: 90, 105, 110 y 120 mm de Td210/48, Td210/96, Td210/72 y Td210/144 respectivamente, con un sobrecopo (cubierta), de 13 mm de tamaño de malla de Td 210/18, de material poliamida PA (nylon) de hilo torcido. El esquema de dimensiones del copo y sobrecopo se presenta en la fig. 3.

El trabajo se realizó a bordo de la embarcación Huamanga, arrastrero por popa, con N° de matrícula PT-5687 CM, de propiedad del Centro de Entrenamiento Pesquero de Paita (CEP-Paita), con las siguientes características:

Eslora	: 16,72 m
Manga	: 3,90 m
Puntal	: 1,67 m
Tonelaje bruto	: 44,63 t
Arqueo japonés	: 18,00 t
Arqueo intern.	: 31,00 t
Motor principal de régimen continuo	
Modelo	: GHA-HTE;
Potencia	: 240 hp y 2.000 rpm ;
Fabricante	: Yanmar Diesel Engine Co. Ltd.
Hélice de paso controlable	
Modelo	: CPCM-30/24;
Diámetro	: 1.000 mm;
Paso	: 600 mm;
N° de palas	: 3 palas;
Fabricante	: Kamone Propeller Co. Ltd.

Los equipos de medición empleados han sido: - medidor especial Vernier, para medición de mallas (fig. 4); - ictioperímetros, para medir contornos del cuerpo del pez; - ictiómetros de longitud y alturas.

Procesamiento y análisis de datos de selectividad

Se emplearon diversos métodos de estimación para obtener parámetros de selectividad, según se describe brevemente a continuación:

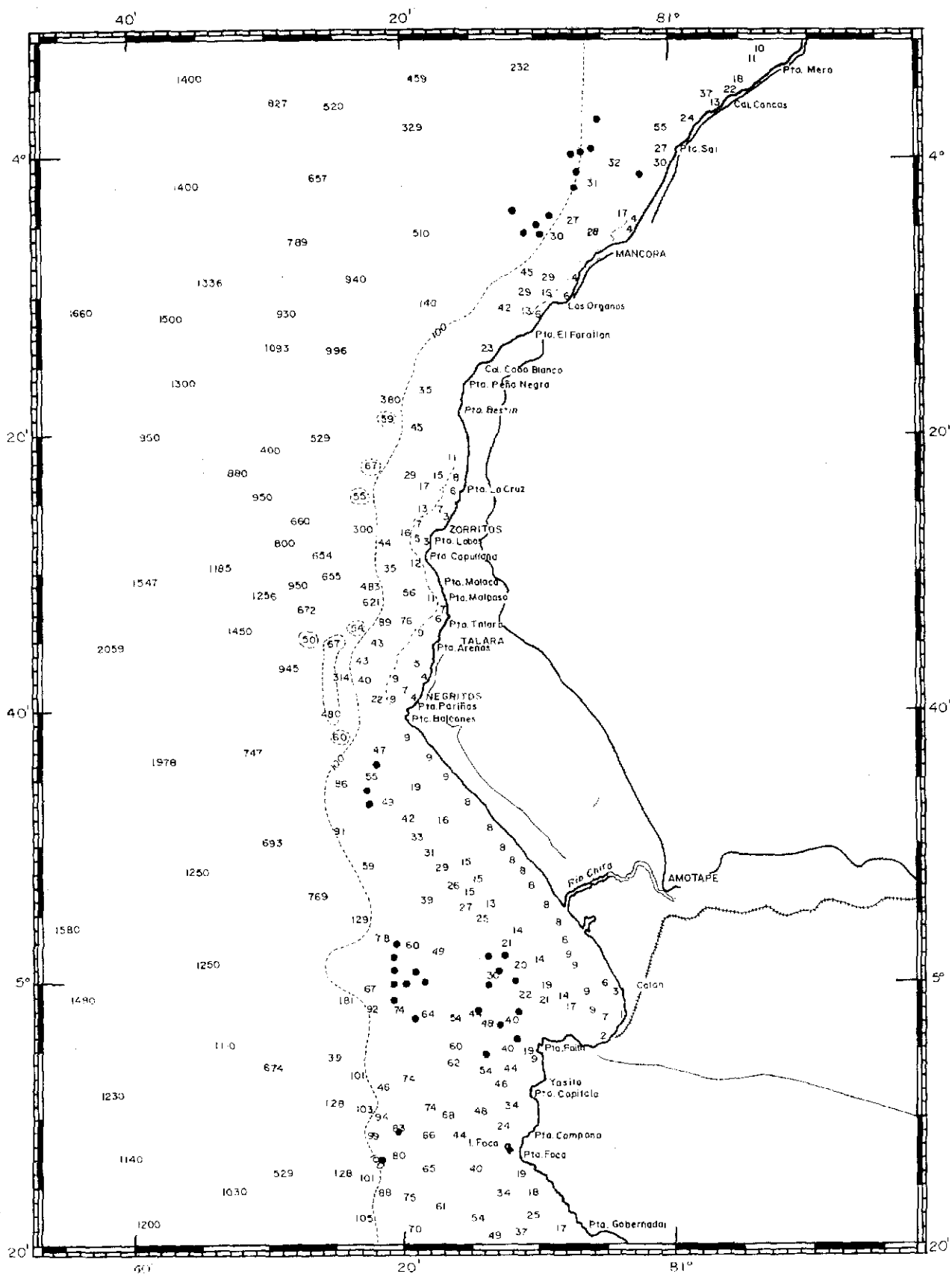


Fig. 1.- Area de estudio de la selectividad en merluza con red de arrastre de fondo. Paita, 14 febrero a 4 marzo 1996.

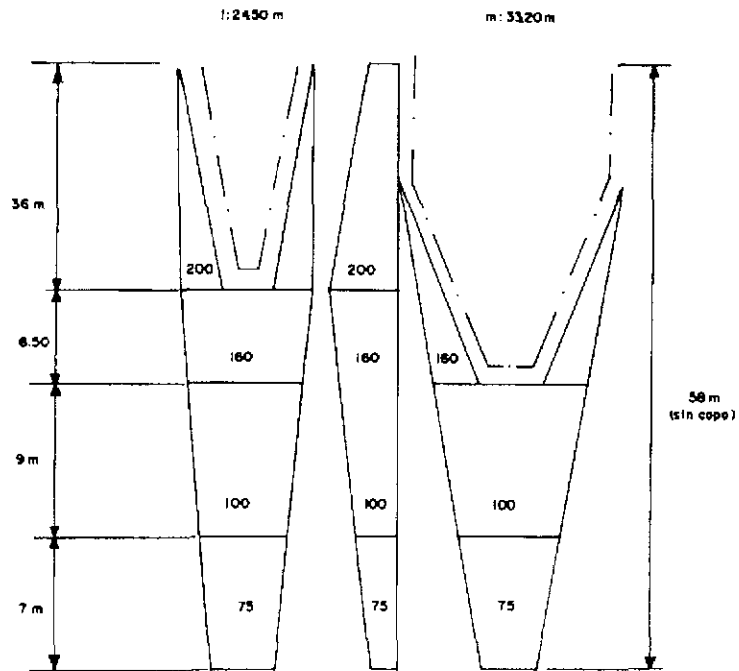


Fig. 2.- Plano de la red de fondo de cuatro tapas.
l = relinga superior, m = relinga inferior.

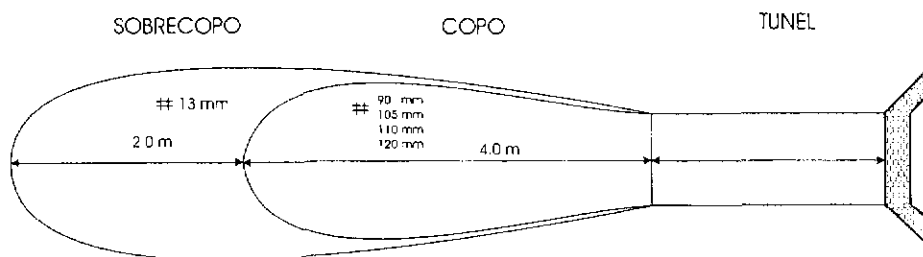


Fig. 3.- Esquema de dimensiones del copo y sobrecopo.

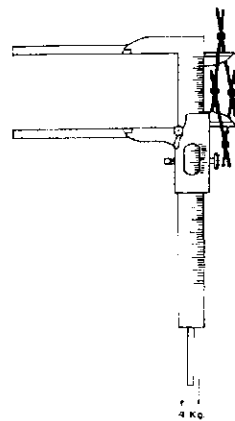


Fig. 4.- Medidor especial de mallas tipo Vernier.

a. *Ojivas naturales o a mano alzada* (HOLDEN 1971).- Es el trazado de curvas de tipo sigmoidea y consiste en relacionar los datos de longitud y los porcentajes de retención de peces capturados.

b. *Ajustes a una curva logística* (PALOHEIMO Y CADIMA 1964, KIMURA 1977; y HOYDAL, RORVIK Y SPARRRE 1982).- Se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$y(L) = \frac{1}{(1 + e^{(S_1 \cdot L - S_2)})}$$

donde:

S₁: Intercepto
S₂: Constante
L: Longitud del pez

y se lineariza con:

$$\ln\left(\frac{1}{S-1}\right)$$

donde:

S = Porcentaje de retención

c. *El método de las medias móviles (Moving average)* (POPE *et al.* 1975).- Permite estimar tallas de retención al 25% y 50% ó a la probabilidad deseada. Consiste en suavizar datos, asignando a cada valor la media aritmética entre lo observado y los observados adyacentes anterior y posterior. Las tallas correspondientes a una probabilidad dada se estiman luego por interpolación lineal.

Luego de determinado el valor de la longitud a la primera captura o L50%, para cada tamaño de malla se calcularon los siguientes parámetros:

- Rango de Selección (RS)
- Factor de Selección (FS)
- Rango de Longitudes (RL)
- Factor de Perímetros (FP)
- Porcentaje ocupado por los peces al escapar a través de las mallas.

d.- *El modelo de Gulland, 1970*.- En forma adicional, para obtener la curva de selectividad se comparó las frecuencias de retención de dos copos de diferente tamaño de malla, a través de la siguiente expresión:

$$C^*(L) = e^{-E(L-\bar{L})^2}$$

donde:

C*(L)=Frecuencia relativa de retención.
 \bar{L} = Valor medio de L
L = Longitud Total
E = Constante

En la que :

L = h.m

donde:

h = constante
m = tamaño de malla

Entonces la ecuación final esta dada por:

$$C^*(L) = e^{-E(L-h \cdot m)^2}$$

Obtenidas las curvas de selección C*(L) de las frecuencias de retención se obtuvo L₀, longitud en la cual la eficiencia de captura para ambas redes es igual, para ser utilizado en el cálculo del tamaño de malla óptimo (BARANOV 1960).

$$K = \frac{2(m_1 \cdot m_2)}{L_0(m_1 + m_2)}$$

donde:

K = factor constante de selección para la especie dada

m₁ = tamaño de malla menor

m₂ = tamaño de malla mayor

L₀ = abscisa del punto de intersección para ambas redes

El valor del tamaño de malla óptimo se calcula con la expresión:

$$M = K \cdot \bar{L}$$

donde:

M = Tamaño óptimo de malla en mm

K = Factor constante de selección de malla

L = Longitud media del pez al ser capturado

Mediciones en referencia a las pruebas de selectividad

Antes y después de cada lance, se realizaron mediciones de las mallas del copo (medición en paño seco y húmedo respectivamente), con un medidor de mallas tipo Vernier especial, (fig. 4), ambos con una fuerza extensora longitudinal standard de 4 kg, con la finalidad de obtener el estiramiento por efecto de la tensión de arrastre y como sistema habitual, se midió a lo largo de una línea de 20 mallas. Los sectores que se eligieron para tales mediciones fueron la parte superior e inferior a 2 metros de la parte terminal del copo; dejándose de medir las mallas cercanas del final del copo por las posibles deformaciones que puedan producirse como consecuencia del esfuerzo ante las capturas, ocasionando sesgos.

Los cambios de copo (fig. 6) estuvieron supeditados a la estrategia de muestreo utilizada diariamente, que generalmente eran de dos lances para cada tamaño de malla.

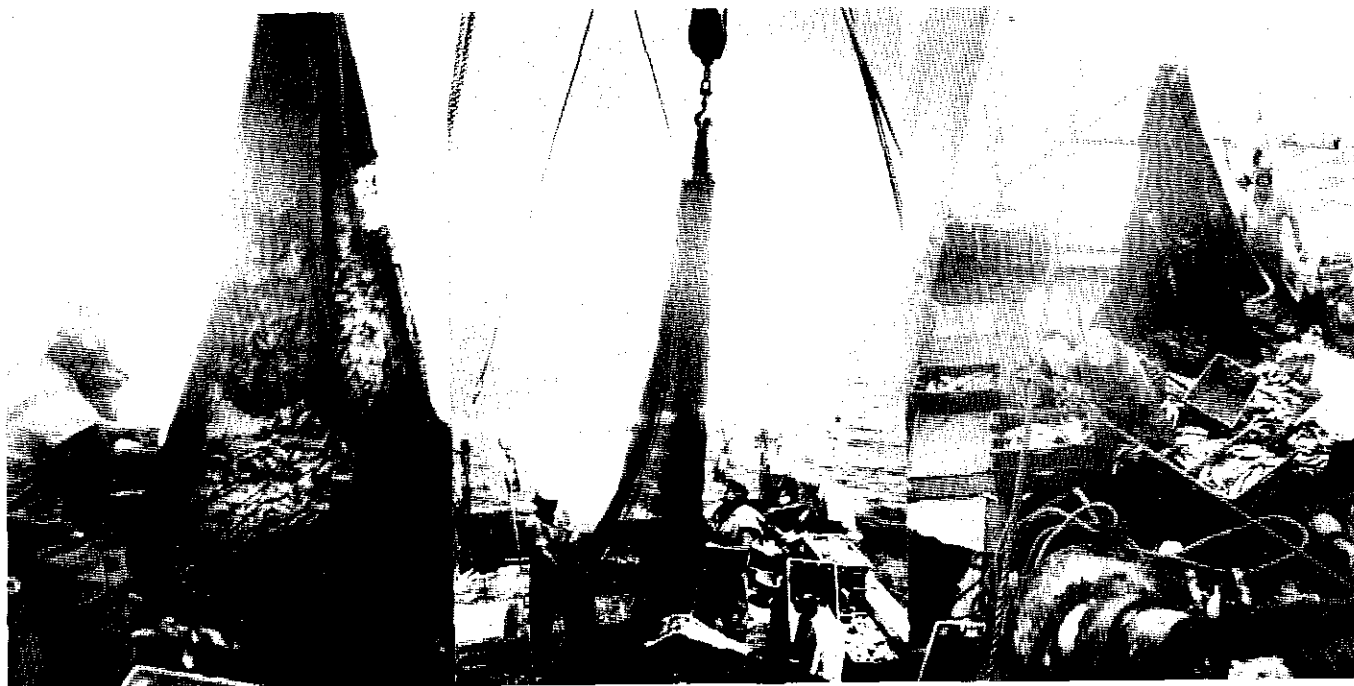


Fig. 5.- Retención de merluza en el copo y sobrecopo.

Fig. 6.- Colocación del copo experimental.

Fig. 7.- Selección de muestras del copo y sobrecopo.

Una vez finalizada cada operación de pesca, de las capturas obtenidas en el copo y el sobrecopo se tomó una muestra al azar colocándolas en bandejas (fig. 7), anotándose los datos concernientes a los estudios de selectividad, tales como:

- Longitud del pez: la longitud total del ejemplar (fig. 8).
- Altura del cuerpo: a nivel de la sección mayor del cuerpo del pez (fig. 9).

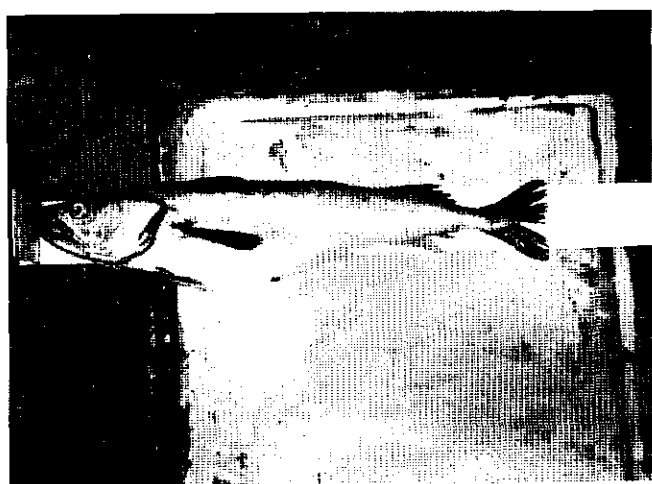


Fig. 8.- Medición del pez con ictiómetro.

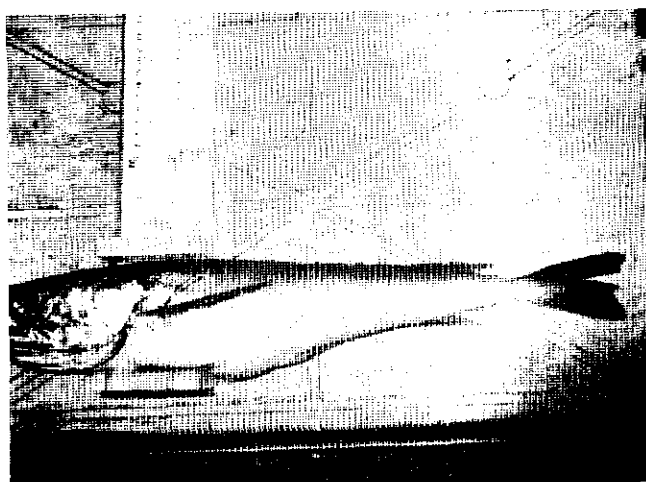


Fig. 9.- Medición del pez con ictiómetro de altura.

- Perímetros: se midieron a nivel del preopérculo, opérculo y de la altura mayor del cuerpo del pez, con un ictiómetro (cinta métrica de plástico, con agarradera de material acrílico) (figs. 10, 11, 12).



Figs. 10, 11, 12.- Medidas del pez con ictioperímetro. 10, medida preopercular. 11, medida opercular. 12, medida de altura mayor.

RESULTADOS

Comportamiento del arte de pesca y operatividad

Se ha determinado los valores de los parámetros de comportamiento del equipo de pesca, que son los siguientes:

- Velocidad de arrastre = 2,5 - 3,0 nudos
- Tiempo de arrastre efectivo = 20 minutos
- Proporción longitud de cable y profundidad = 3,6:1
- Abertura vertical de boca de la red = 15 m
- Abertura de las puertas de arrastre = 8 - 45,5 m
- Abertura horizontal de la boca de la red = 4,5 - 25,37 m
- Area de la boca de la red = 90 - 285 m²
- Volumen de agua filtrada = 112,5 - 356m³/seg

Descripción de la captura

Composición de las capturas

Utilizando diferentes tamaños de malla en el copo, se procedió a pesar la captura retenida en el copo y sobrecopo. En aquellos casos, cuando la captura era mayor de 500 kg, se estimaba el volumen total. Del total de 42 operaciones de pesca, dos lanzes fueron de prueba (tabla 1).

Las capturas variaron según cada subárea (tabla 2).

En la subárea A (tabla 2) la captura total fue 9,051 t, correspondiendo a merluza (*Merluccius gayi*

TABLA 1.- Operaciones de pesca según subáreas. Estudio de selectividad en merluza con redes de arrastre de fondo. Paíta, 24 febrero a 4 marzo 1996.

Tamaño teórico de la malla (mm)	Subáreas de pesca		
	A 3°-4°S S	B 4°-5°S S	C 5°-6°S S
90	1	4	2
105	0	9	3
110	1	4	6
120	1	5	4
Total	3	22	15

TABLA 2.- Composición de la captura (t) según subáreas. Estudio de selectividad en merluza con redes de arrastre de fondo. Paita, 24 febrero a 4 marzo de 1996.

	Nombre científico	Nombre común	Subáreas		
			A	B	C
1	<i>Anchoa nasus</i>	anchoveta blanca	0	0	0
2	<i>Aphos porosus</i>	pez fraile	0	0,885	0,526
3	<i>Argentina aiecaea</i>	pez argentina	0,047	0,094	0
4	<i>Brotula ordwayi</i>	brctula	0	0	0
5	<i>Caulolatilus cabezon</i>	peje blanco	0,009	0,163	0,061
6	<i>Cephalopholis acanthistius</i>	mero colorado	0	0	0
7	<i>Chirolophius forbessi</i>	bocón	0,077	0,057	0
8	<i>Citharichthys platophrys</i>	lenguado	0	0	0
9	<i>Ctenosciaena peruviana</i>	bereche	0	0	0,004
10	<i>Cylopsella querna</i>	lenguado con carino	0	0	0,001
11	<i>Cynoscion analis</i>	cachema	0	0,600	0
12	<i>Cynoscion altipinnis</i>	cachema	0	0,128	0
13	<i>Diplectrum conceptione</i>	camotillo	0	0,004	0,002
14	<i>Etropus ectenes</i>	lenguado boca chica	0,001	0,048	0,001
15	<i>Galeichthys peruvianus</i>	bagre con faja	0	0	0
16	<i>Genypterus maculatus</i>	congrío negro	0	0	0,017
17	<i>Gymnothorax wieneri</i>	morena colorada	0	0,020	0
18	<i>Harriota</i> sp.	peje rata	0	0,088	0
19	<i>Hippoglossina macrops</i>	lenguado ojón	0,068	2,068	1,655
20	<i>Hippoglossina tetraphthalmus</i>	lenguado cuatro ocelos	0	0,110	0
21	<i>Hemanthias peruanus</i>	doncella	0,001	0,049	0,003
22	<i>Kathetostoma averruncus</i>	buldog	0	0,015	0
23	<i>Larimus pacificus</i>	bereche	0,060	6,105	0,001
24	<i>Lepophidium negropinna</i>	congrío aleta pintada	0,028	1,685	0,007
25	<i>Merluccius gayi peruanus</i>	merluza	8,076	69,046	67,774
26	<i>Mustelus whitneyi</i>	tollo	0,069	0,206	0,002
27	<i>Narcine</i> sp.	raya eléctrica	0	0,027	0
28	<i>Ophichthus pacifici</i>	anguila	0	0	0,004
29	<i>Paralabrax humeralis</i>	cabrilla	0	0,341	0,233
30	<i>Paralichthys adspersus</i>	lenguado	0	0,005	0
31	<i>Paralonchurus peruanus</i>	coco	0	0,154	0
32	<i>Paralonchurus rathbuni</i>	suco	0	0	0
33	<i>Peprilus medius</i>	pampanito, chiri	0	4,382	0,001
34	<i>Persitedion bargiger</i>	pez cocodrilo	0,027	0,247	0
35	<i>Pontinus sierra</i>	diablico	0,096	0,309	0,120
36	<i>Porichthys margaritatus</i>	fraile luminoso	0	0,073	0
37	<i>Prionotus stephanophrys</i>	falso volador	0,099	9,647	0,493
38	<i>Psammobatis caudispina</i>	raya espinosa	0,008	0,119	0,004
39	<i>Raja ecuatorialis</i>	raya	0,024	0	0
40	<i>Raja velezi</i>	raya bruja	0,022	0,091	0
41	<i>Rhinobatos planiceps</i>	guitarra	0,010	0,055	0
42	<i>Sciaena deliciosa</i>	lorna	0	0	0
43	<i>Seriolaella violacea</i>	cojinoba	0	0,016	0
44	<i>Schedophilus haedrichi</i>	cojinoba del norte	0,049	0,062	0
45	<i>Squatina armata</i>	angelote	0,180	0,815	0
46	<i>Synodus scituliceps</i>	pez iguana	0	0	0
47	<i>Torpedo tremens</i>	torpedo	0	0,006	0,001
48	<i>Trachurus picturatus</i>	jurel	0,003	0,117	0
49	<i>Symphurus elongatus</i>	espirilo	0	0,024	0
50	<i>Urotrygon chilensis</i>	raya con espinas	0	0	0
51	Equinodermos		0	0	0,036
52	Crustáceos		0,034	0,196	0,356
53	Moluscos		0	0,165	0,069
	Total		9,051	118,261	91,593

peruanus) 8,075 t (89,2 %); a angelote (*Squatina armata*) 0,180 t (1,99 %); a falso volador (*Prionotus stephanophrys*) 0,099 t (1,1 %); a diablico (*Pontinus sierra*) 0,096 t (1,06 %); a bocón (*Chirolophius forbesi*) 0,077 t (0,85 %); a lenguado ojón (*Hippoglossina macrops*) 0,067 t (0,74 %); y a bereche (*Larimus pacificus*) 0,060 t (0,66 %), entre otros.

En la subárea B, se capturó un total de 118,261 t, correspondiendo a merluza 89,046 t (75,32 %); 9,647 t (8,16 %) al falso volador; 6,105 t (5,16 %) a bereche; 4,382 t (3,7 %) al chiri (*Peprilus medius*); 2,087 t (1,76 %) a lenguado ojón; 1,685 t (1,42 %) al congrio aleta pintada (*Lepophidium negropinna*); 0,885 t (0,75 %) al pez fraile (*Aphos porosus*); y 0,600 t (0,51 %) a la cachema (*Cynosion analis*), entre los principales (tabla 2).

En la subárea C, se registró la captura de 91,593 t, de las cuales 87,774 t (95,83 %) fueron de merluza, siguiendo en orden de importancia el lenguado ojón con 1,855 t (2,03 %), pez fraile con 0,526 t (0,57 %), falso volador con 0,493 t (0,54 %) y cabrilla (*Paralabrax humeralis*) con 0,233 t (0,25 %), entre otros (tabla 2).

Estructura del subsistema demersal

Fueron identificadas en total 56 especies, 50 peces, 4 crustáceos, un molusco, y un equinodermo, cuya diversidad biológica fue mayor a profundidades menores de 35 bz (64 m) y principalmente en la subárea B (tabla 2).

Abundancia media relativa

Distribución y zonas de pesca

La merluza presentó una distribución espacial uniforme en el área de estudio, desde profundidades medianamente someras 22,3 bz (41 m) hasta 104 bz (190 m) y mostrándose más disponible a profundidades menores de 55 bz. (100 m). Las áreas de mayor concentración se ubicaron en dos núcleos diferenciados: uno ubicado frente a Colán y otro afuera de Isla Foca.

Esfuerzo y abundancia

El esfuerzo y abundancia relativa en términos de tiempo de arrastre (h) y captura/hora de arrastre (capt/h), está referido para la merluza y agrupado por subáreas de pesca (tabla 3) que proviene de las

capturas realizadas indistintamente con diversos tamaños de malla.

El índice de abundancia media relativa (captura/hora) de merluza en la subárea C fue casi dos veces mayor respecto a la subárea A. Latitudinalmente se observa un decremento de los índices de abundancia media relativa hacia el norte (fig. 13).

La fig. 14 muestra la abundancia media relativa para cuatro especies importantes, de las cuales, el bereche, lenguado ojón y cabrilla son las más abundantes en la subárea A, y el falso volador en la subárea B.

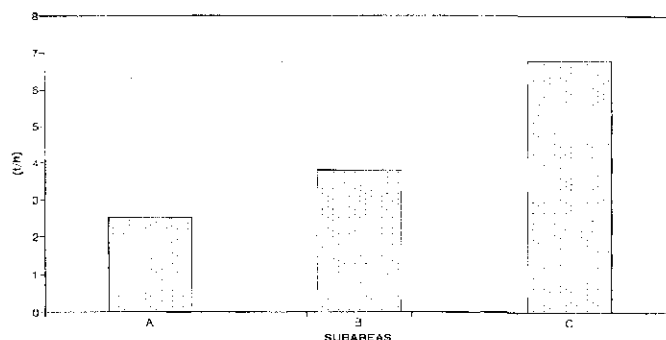


Fig. 13.- Abundancia media relativa (t/h) de merluza según subáreas de pesca.

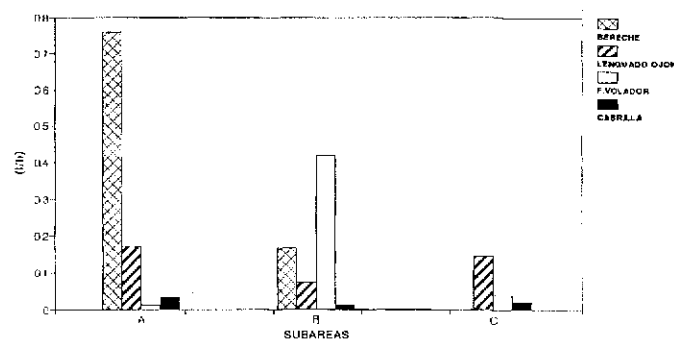


Fig. 14.- Abundancia media relativa (t/h) de los principales recursos demersales, según subáreas de pesca.

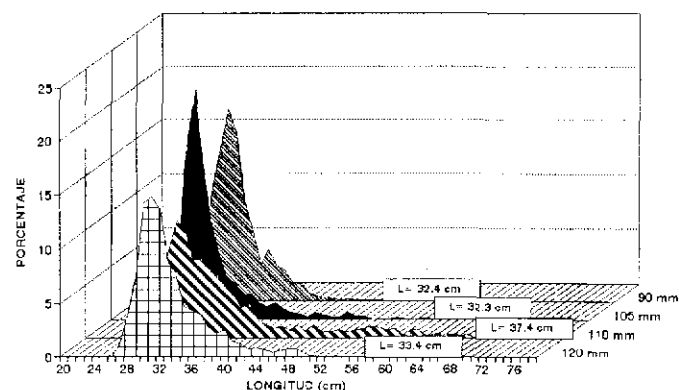


Fig. 15.- Estructura por tallas de merluza según tamaño de malla en el copo.

TABLA 3- Abundancia media relativa (t/h) por subáreas. Estudio de selectividad en merluza con redes de arrastre de fondo. Paíta, 24 febrero a 4 marzo de 1996.

	Nombre científico	Nombre común	Subáreas		
			A	B	C
1	<i>Anchoa nasus</i>	anchoveta blanca	0	0	0
2	<i>Aphos porosus</i>	pez fraile	0	0,039	0,033
3	<i>Argentina aleceae</i>	pez argentina	0,016	0,004	0
4	<i>Brotula ordwayi</i>	brotula	0	0	0
5	<i>Caulolatilus cabezon</i>	peje blanco	0,003	0,008	0,004
6	<i>Cephalopholis acanthistius</i>	mero colorado	0	0	0
7	<i>Chirolophus forbesi</i>	bocón	0,026	0,003	0
8	<i>Citharichthys platophrys</i>	lenguado	0	0	0
9	<i>Ctenosciaena peruviana</i>	bereche	0	0	0
10	<i>Cyclosetta querna</i>	lenguado con carino	0	0	0
11	<i>Cynoscion analis</i>	cachema	0	0,026	0
12	<i>Cynoscion altipinnis</i>	cachema	0	0,006	0
13	<i>Diplectrum conceptione</i>	camotillo	0	0	0
14	<i>Etropus ectenes</i>	lenguado boca chica	0	0,002	0
15	<i>Galeichthys peruvianus</i>	bagre con faja	0	0	0
16	<i>Genypterus maculatus</i>	congrio negro	0	0	0,001
17	<i>Gymnothorax wieneri</i>	morena colorada	0	0,001	0
18	<i>Harriota</i> sp.	peje rata	0	0,004	0
19	<i>Hippoglossina macrops</i>	lenguado ojón	0,023	0,091	0,116
20	<i>Hippoglossina tetraphthalmus</i>	lenguado cuatro ocelos	0	0,005	0
21	<i>Hernanthis peruanus</i>	doncella	0	0,002	0
22	<i>Kathetostoma averruncus</i>	buldog	0	0,001	0
23	<i>Larimus pacificus</i>	bereche	0,020	0,266	0
24	<i>Lepophidium negropinna</i>	congrio aleta pintada	0,009	0,073	0
25	<i>Merluccius gayi peruanus</i>	merluza	2,692	3,931	5,486
26	<i>Mustelus whitneyi</i>	tollo	0,023	0,009	0
27	<i>Narcine</i> sp.	raya eléctrica	0	0,001	0
28	<i>Ophichthus pacifici</i>	anguila	0	0	0
29	<i>Paralabrax humeralis</i>	cabrilla	0	0,015	0,015
30	<i>Paralichthys adspersus</i>	lenguado	0	0	0
31	<i>Paralonchurus peruanus</i>	coco	0	0,007	0
32	<i>Paralonchurus rathbuni</i>	suco	0	0	0
33	<i>Peprilus medius</i>	pampanito, chiri	0	0,191	0
34	<i>Persitedion bargiger</i>	pez cocodrilo	0,009	0,011	0
35	<i>Pontinus sierra</i>	diablico	0,032	0,013	0,008
36	<i>Porichthys margaritatus</i>	fraile luminoso	0	0,003	0
37	<i>Prionotus stephanophrys</i>	falso volador	0,033	0,419	0,031
38	<i>Psammobatis caudispina</i>	raya espinosa	0,003	0,005	0
39	<i>Raja ecuatorialis</i>	raya	0,008	0	0
40	<i>Raja velezi</i>	raya bruja	0,007	0,004	0
41	<i>Rhinobatos planiceps</i>	guitarra	0,004	0,002	0
42	<i>Sciaena deliciosa</i>	lorna	0	0	0
43	<i>Seriolaeta violacea</i>	cojinoba	0	0,001	0
44	<i>Schedophilus haedrichi</i>	cojinoba del norte	0,016	0,003	0
45	<i>Squatina armata</i>	angelote	0,060	0,035	0
46	<i>Synodus scituliceps</i>	pez iguana	0	0	0
47	<i>Torpedo tremens</i>	torpedo	0	0	0
48	<i>Trachurus picturatus</i>	jurel	0,001	0,005	0
49	<i>Symphurus elongatus</i>	espirilo	0	0,001	0
50	<i>Urotrygon chilensis</i>	raya con espinas	0	0	0

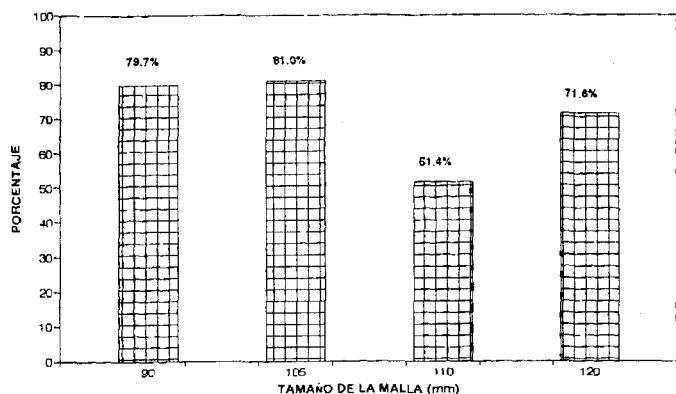


Fig. 16.- Porcentaje de ejemplares de merluza menores de 35 cm, según tamaño de malla.

Estructura por tallas de merluza

Según tamaños de malla

La fig. 15 presenta la estructura por tallas de la merluza, capturada con diferentes tamaños de malla en toda el área de estudio. La longitud media del pez decrece ligeramente conforme aumenta el tamaño de malla en el copo de la red. La alta disponibilidad de ejemplares jóvenes, inclusive en áreas donde tradicionalmente se presentaban sólo ejemplares longevos, facilita este hallazgo.

Porcentaje de ejemplares menores de 35 cm

En la totalidad de las operaciones de pesca, el porcentaje de ejemplares de merluza menores de 35 cm, superó ampliamente el 20% de tolerancia establecido (fig. 16). Las capturas realizadas con el copo de malla de 110 mm presentó el menor porcentaje (51.4%).

Curvas de selección

Ordenados, calculados y graficados los correspondientes porcentajes de retención y escape para las diferentes frecuencias, se procedió a ajustar en forma manual las curvas sigmoideas de selección para luego ajustarlas a los modelos escogidos (tabla 4), cuyos resultados se dan a continuación:

Para la curva de ojiva natural de retención y escape:

Malla 90 mm: (fig. 17)
 L25% = 30,80 cm; L50% = 33,60 cm; L75% = 36,10 cm
 Malla 105 mm: (fig. 18)
 L25% = 29,90 cm; L50% = 33,00 cm; L75% = 37,50 cm

Malla 110 mm: (fig. 19)
 L25% = 31,00 cm; L50% = 34,10 cm; L75% = 39,00 cm
 Malla 120 mm: (fig. 20)
 L25% = 30,90 cm; L50% = 31,10 cm; L75% = 36,10 cm

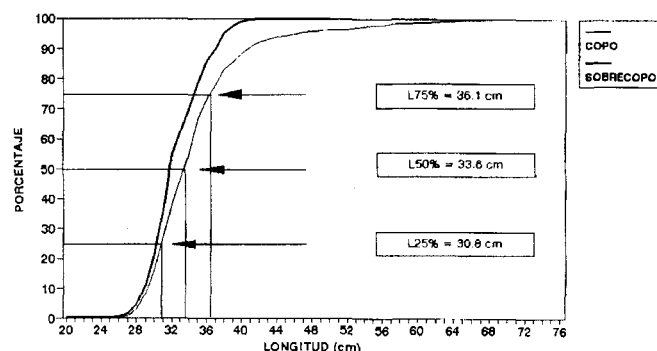


Fig. 17.- Ojiva natural de retención y escape. Malla 90 mm.

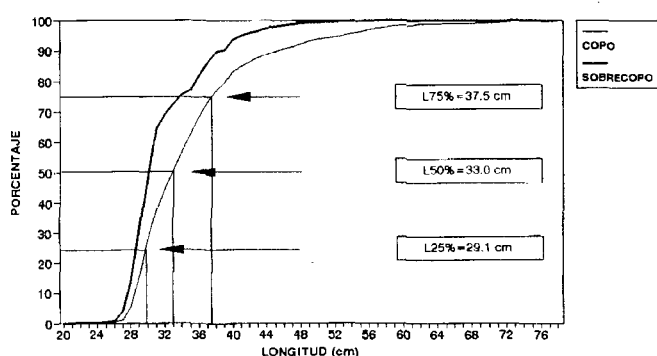


Fig. 18.- Ojiva natural de retención y escape. Malla 105 mm.

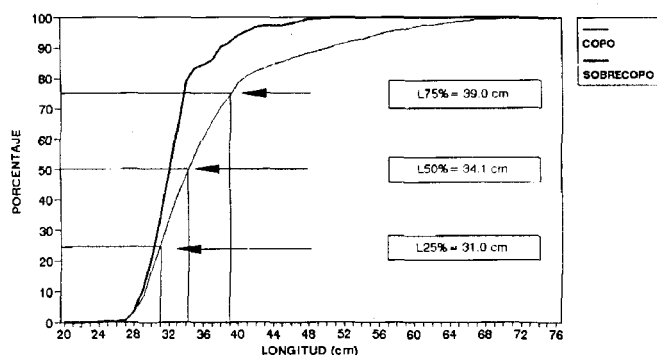


Fig. 19.- Ojiva natural de retención y escape. Malla 110 mm.

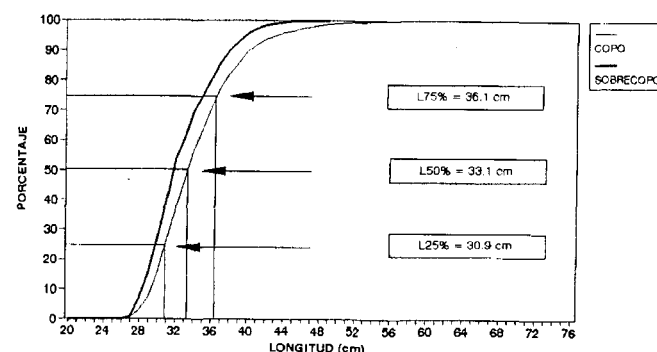


Fig. 20.- Ojiva natural de retención y escape. Malla 120 mm.

TABLA 4.- Parámetros obtenidos de la curva de selección por diferentes métodos para cada tamaño de malla. Estudio de selectividad en merluza con redes de arrastre de fondo. Paita, febrero a marzo 1996.

Tamaño de la malla (cm)	9,01	10,50	11,00	12,00
- malla teórica	9,01	10,50	11,00	12,00
- malla real	9,08	10,60	11,40	12,20
Longitud 50% - L50% (cm)				
- ojiva natural	33,60	33,00	34,10	33,10
- curva logística	31,00	32,10	34,10	34,60
- moving average	30,70	29,90	33,00	33,80
Factor de Selección (FS)				
- ojiva natural	3,70	3,11	2,99	2,71
- curva logística	3,41	3,03	2,99	2,84
- moving average	3,38	2,82	2,90	2,77
Rango de Selección (RS, cm)				
- Ojiva natural				
- L25%	30,80	29,90	31,00	30,90
- L75%	36,10	37,50	39,00	36,10
- Curva logística				
- L25%	21,60	21,10	20,10	24,10
- L75%	42,50	40,90	48,10	45,20
- Moving average				
- L25%	22,33	15,00	19,04	24,01
- L75%	39,20	45,00	46,05	43,44
Longitud media de retención				
- cm	35,20	35,70	37,35	34,70

Curva logística:

La información se ajustó de acuerdo a una expresión matemática para cada tamaño de malla, como sigue:

Malla 90 mm: (Fig. 21)

$$y(L) = \frac{1}{1 + e^{3,41 - 0,11 \cdot L}}$$

L50% = 31,0 cm

Malla 105 mm: (fig. 22)

$$y(L) = \frac{1}{1 + e^{3,04 - 0,0948 \cdot L}}$$

L50% = 32,1 cm

Malla 110 mm: (Fig. 23)

$$y(L) = \frac{1}{1 + e^{2,67 - 0,0782 \cdot L}}$$

L50% = 34,1 cm

Malla 120 mm: (Fig. 24)

$$y(L) = \frac{1}{1 + e^{3,618 - 0,1044 \cdot L}}$$

L50% = 34,6 cm

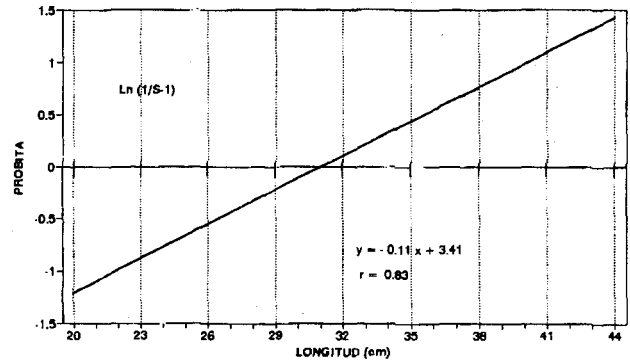


Fig. 21.- Relación entre Ln(1/s-1) vs. longitud del pez. Malla 90 mm.

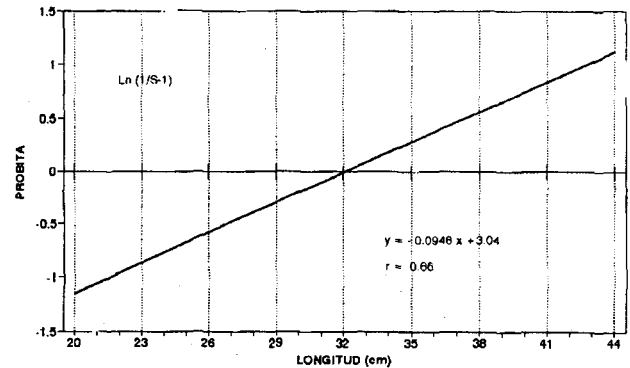


Fig. 22.- Relación entre Ln(1/s-1) vs. longitud del pez. Malla 105 mm.

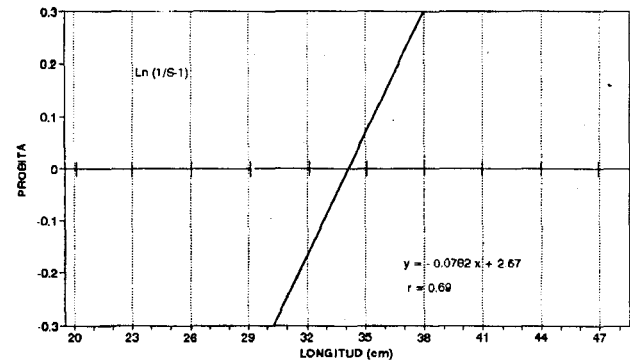


Fig. 23.- Relación entre Ln(1/s-1) vs. longitud del pez. Malla 110 mm.

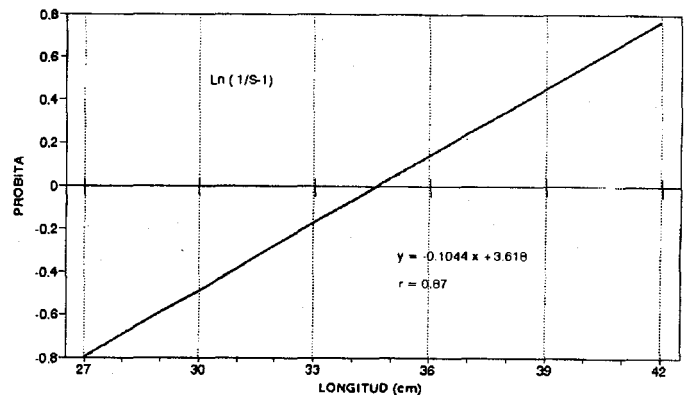


Fig. 24.- Relación entre Ln(1/s-1) vs. longitud del pez. Malla 120 mm.

Para la comprobación de este método se utilizó rectas de probabilidades, ajustadas por medio de ecuaciones lineales para cada tamaño de malla (probitas). Comparando las diferentes curvas de selección (fig. 25), se observa una disminución de la pendiente de selección a medida que el tamaño de malla es mayor.

Curva de medias móviles (moving average)

Los datos primarios se ajustaron con la fórmula de medias móviles siguientes:

$$\frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$$

Para luego ajustarse con una regresión lineal para cada tamaño de malla:

Malla 90 mm: (fig. 26)

$$y(L) = 0,029606.L - 0,41125$$

$$r = 0,92$$

$$L50\% = 30,7 \text{ cm}$$

Malla 105 mm: (fig. 27)

$$y(L) = 0,16646.L - 0,00889$$

$$r = 0,92$$

$$L50\% = 29,9 \text{ cm}$$

Malla 110 mm: (fig. 28)

$$y(L) = 0,018412.L - 0,10801$$

$$r = 0,93$$

$$L50\% = 33,0 \text{ cm}$$

Malla 120 mm: (fig. 29)

$$y(L) = 0,026133.L - 0,38535$$

$$r = 0,97$$

$$L50\% = 33,8 \text{ cm}$$

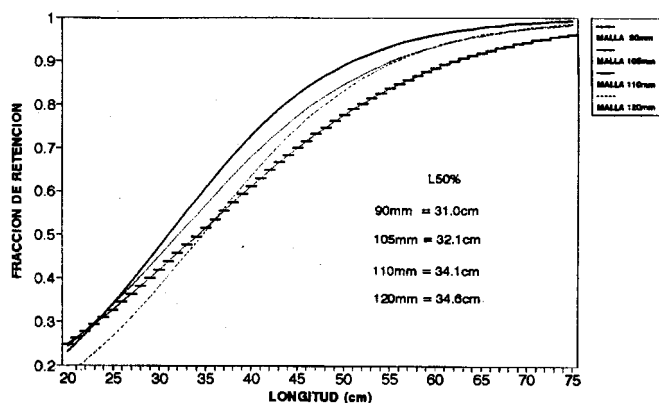


Fig. 25.- Curvas de selección de la merluza. Mallas 90 mm, 105 mm, 110 mm y 120 mm.

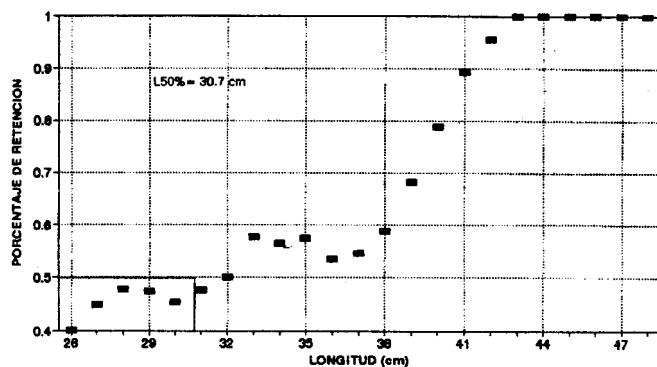


Fig. 26.- Curva de selección (moving average). Malla 90 mm.

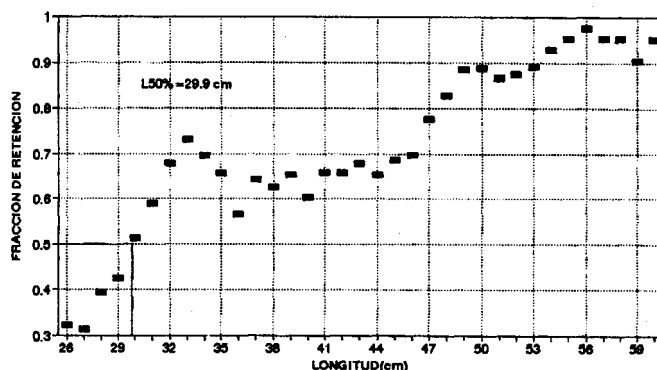


Fig. 27.- Curva de selección (moving average). Malla 105 mm.

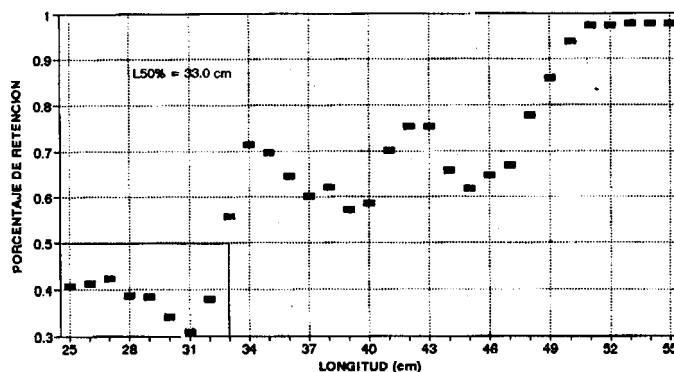


Fig. 28.- Curva de selección (moving average). Malla 110 mm.

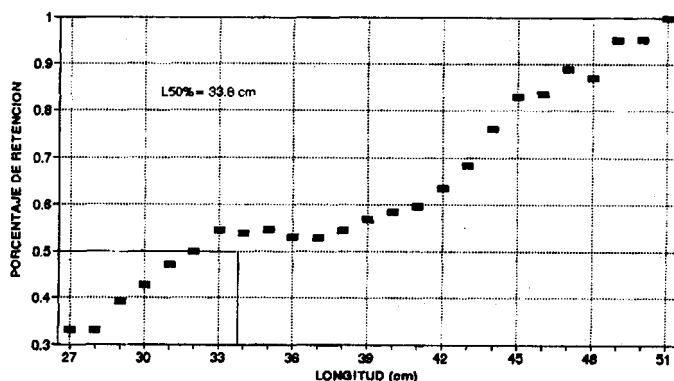


Fig. 29.- Curva de selección (moving average). Malla 120 mm.

Elongación de mallas

En la tabla 5 se presenta la información sobre el parámetro de elongación del tamaño de malla en copos de material de poliamida PA (nylon). Se obtuvieron promedios de las mediciones en mallas húmedas de: 90,8, 106, 114 y 122 mm, en relación a los tamaños de malla en seco de 90, 105, 110 y 120 mm, observándose una mínima diferencia respecto al valor teórico (fig. 15).

TABLA 5.- Elongación del tamaño de malla de los copos utilizados en el estudio de selectividad en merluza con redes de arrastre de fondo. Paita, 24 febrero a 4 marzo 1996.

Fecha	Elongación de malla de los copos (mm)			
	90 mm	105 mm	110 mm	120 mm
24/02/96	90,900	105,420	114,340	123,800
25/02/96	-	105,690	113,750	-
26/02/96	90,600	-	-	121,300
27/02/96	-	106,890	114,920	-
28/02/96	-	106,240	114,520	124,120
01/03/96	-	105,610	113,900	122,030
02/03/96	90,600	-	114,840	-
03/03/96	90,630	106,240	114,270	-
04/03/96	90,850	105,410	-	122,920
Promedio	90,716	105,929	114,363	122,834

Factor de perímetro

Se determinó la relación longitud total/perímetro máximo de la merluza (figs. 30, 31, 32, 33, 34). Es un factor determinante del escape o retención de los peces (si el cociente es menor de 1 existe probabilidad de escape, si es mayor, la retención es total (ARANA 1970), de acuerdo a:

$$FP = \frac{\text{Longitud total del pez}}{\text{Perímetro máximo de altura}}$$

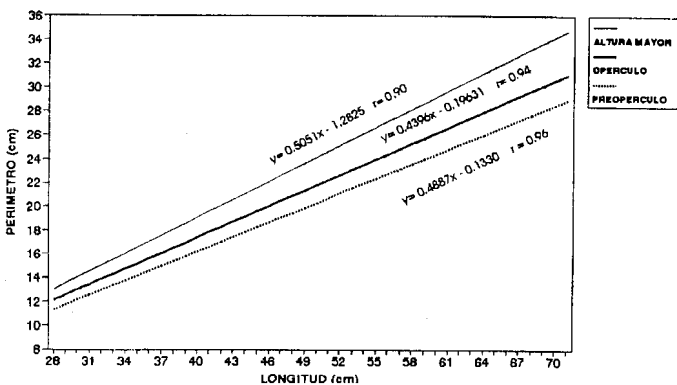


Fig. 30.- Relación perímetro vs. longitud del pez. Malla 90 mm.

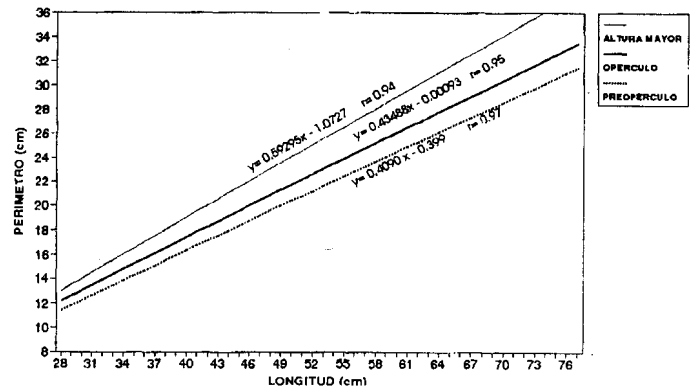


Fig. 31.- Relación perímetro vs. longitud del pez. Malla 105 mm.

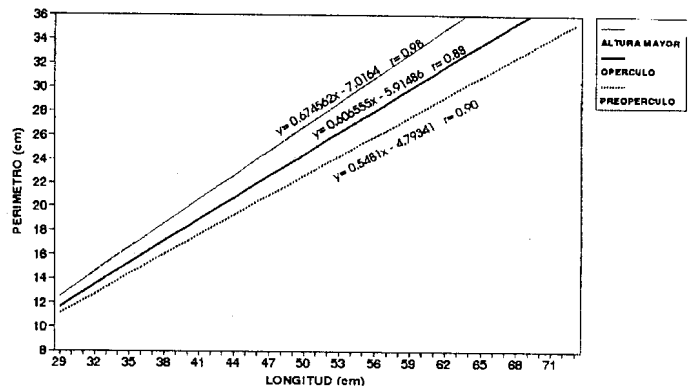


Fig. 32.- Relación perímetro vs. longitud del pez. Malla 110 mm.

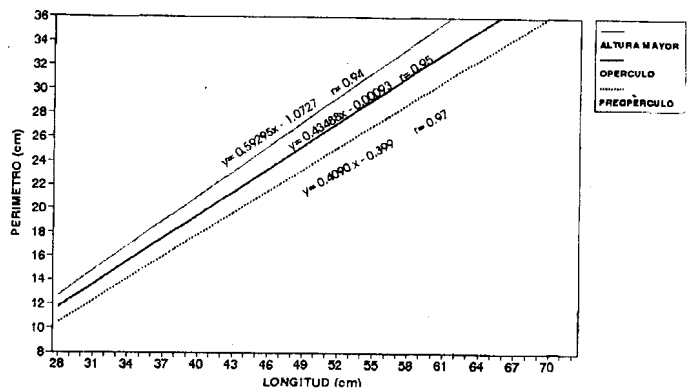


Fig. 33.- Relación perímetro vs. longitud del pez. Malla 120 mm.

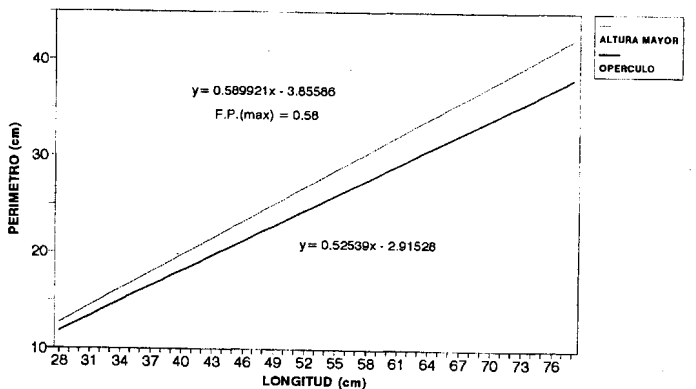


Fig. 34.- Relación perímetro opercular y mayor vs. longitud de la merluza peruana.

El factor de perímetro (FP) para la merluza fue de 0,58, valor que permite calcular fácilmente el perímetro máximo a cualquier longitud, según:

$$\text{Perímetro alt. mayor (cm)} = L(\text{cm}) \cdot 0,58$$

Asimismo, se calculó el perímetro de los peces al L50% de retención, y éste relacionarlo con el perímetro de las mallas. Se considera el doble de la malla estirada (FERNÁNDEZ Y DE CÁRDENAS 1985).

En efecto, para las mallas de 90 (90,8); 105 (106); 110 (114) y 120 (122) mm, tenemos un perímetro de 181,6; 212,0; 228,0 y 224mm respectivamente.

Para las longitudes L50%: 31,0; 32,0; 34,1 y 34,6 cm se aplicó el factor de altura máxima, estimando los perímetros de altura máxima en 179,8; 186,2; 197,8 y 200,7 mm, respectivamente.

Se determinó el porcentaje del área de las mallas ocupadas por los peces al escapar a través de éstas, según la fórmula:

$$\text{Porcentaje del área ocupado por los peces al escapar a través de las mallas} = \frac{\text{Perímetro máximo}}{\text{Perímetro malla}} \cdot 100$$

Se estableció para las mallas de 90, 105, 110, 120 mm, un porcentaje de malla ocupada por los peces del 99%, 87,8%, 86,7% y 89,6% respectivamente.

Teóricamente puede estimarse que el escape del pez, se realiza hasta que ambos perímetros (malla-pez) sean iguales, por lo que el máximo factor de selección posible para la merluza peruana es de 3,45 (tabla 6).

TABLA 6.- Relación entre el perímetro de la merluza peruana en L50%, perímetro de las mallas y el máximo factor de selección. Estudios de selectividad en merluza con redes de arrastre. Paíta, febrero a marzo 1996.

- Tamaño de la malla (cm)				
- malla teórica	9,01	10,50	11,00	12,00
- malla real	9,08	10,60	11,40	12,20
- Longitud de la primera captura				
- a L50% (cm)	31,00	32,00	34,10	34,60
- Perímetro máximo				
- a L50% (cm)	17,98	18,62	19,78	20,07
- Factor de selección (FS)	3,42	3,03	2,99	2,83
- Perímetro de malla (cm)	18,16	21,20	22,80	22,40
- Porcentaje del área de malla ocupada por los peces	99,00	87,80	86,70	89,60
- Máximo factor de selección	3,44	3,45	3,45	3,16

Aplicación de los modelos de Gulland y de Baranov

Para comprobar los resultados de los modelos anteriormente aplicados, se utilizó dos modelos matemáticos (GULLAND 1970 y BARANOV 1960). Se determinó la curva de selección y la eficiencia pesquera (figs. 35, 36) para las mallas de 105 (106) mm y 110 (114) mm, según las siguientes ecuaciones:

$$y = e^{-0.0054(L-3.27 \cdot 10.6)^2}$$

$$y = e^{-0.0054(L-3.27 \cdot 11.4)^2}$$

Aplicando el modelo BARANOV (1960) se determinó el factor de malla K = 0,305.

Si consideramos una longitud promedio de la merluza 35,74 cm en el área de estudio y reemplazamos en la ecuación original da como resultado un tamaño de malla adecuado de 109 cm ~ 110 cm, que confirma lo obtenido con los otros métodos de análisis. A continuación se anotan los parámetros obtenidos para determinar el factor constante de selección del tamaño de malla de dos copos distintos, por el método de BARANOV 1960:

$$K = \frac{2(m_1 \cdot m_2)}{L_0(m_1 + m_2)}$$

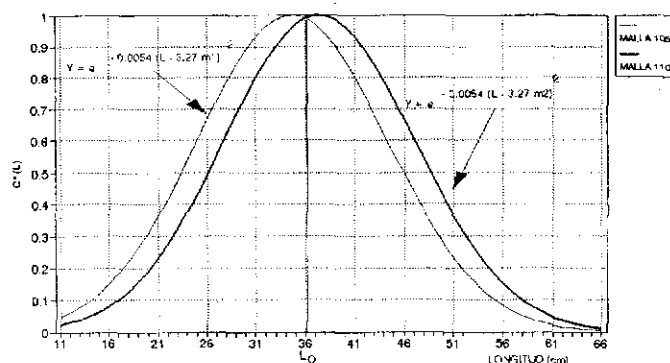


Fig. 35.- Curva de selectividad C*(L), malla 105 y 110 mm.

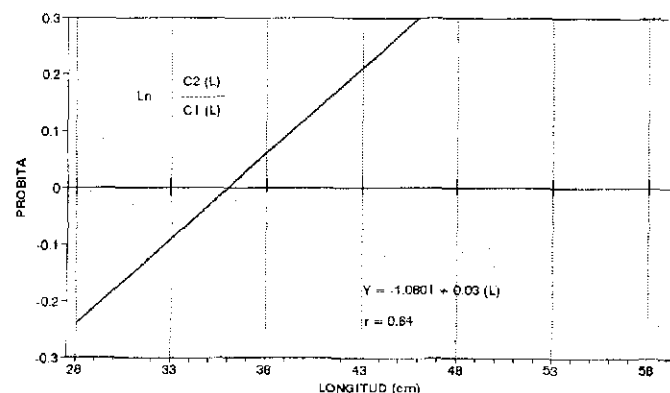


Fig. 36.- Relación Ln(C2/C1) vs. longitud del pez. Malla 105 mm y 110 mm.

donde:

m_1 = tamaño de malla 1 = 10,6 cm

m_2 = tamaño de malla 2 = 11,4 cm

L_0 = longitud del intercepto = 36 cm

donde: la eficiencia pesquera de ambos copos es igual a 36 cm

Reemplazando valores tenemos que:

$$K = 0,305$$

Experimentalmente, el valor del tamaño de malla óptimo M se calculó con la siguiente expresión:

$$M = \bar{K} \cdot L$$

Donde:

K = factor constante de selección de malla = 0,305

L = longitud media promedio = 35,74 cm

Reemplazando valores tenemos que:

$$M = 10,9 \sim 11,0 \text{ cm (110 mm)}$$

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se ha demostrado que en una red de arrastre de fondo, parte del escape de los peces capturados se realiza en el sector del túnel y el copo a través de las mallas en la parte superior e inferior a éste, debido principalmente al flujo de agua filtrado a través de las mallas (ARANA 1970, SUURONEN 1995). Al respecto los resultados obtenidos con la red experimental muestran volúmenes de filtración de agua que van de 112,5 - 356 m³/s, teniendo como consecuencia una buena disposición en la abertura de las mallas, según los coeficientes técnicos de construcción horizontal y vertical de la red, en términos de porcentaje 47% y 88%.

En este estudio, el primero realizado en el Perú, se dió énfasis a la medición de mallas utilizadas (poliamida), donde no hubo un estiramiento (elongación) significativo siendo del orden de 2,0 mm como promedio para los diferentes copos, debido a que la merluza no ofrece mucha resistencia al escape (carne blanda y contraíble) acomodándose con facilidad a la forma de la malla, permitiendo que peces de mayor perímetro que el de la malla, puedan escapar.

El factor de perímetro (FP) hallado para la merluza fue de 0,58, factor primordial para determinar la respuesta selectiva del arte. Si el cociente fuera menor a 1, existe probabilidad de escape; pero si este es mayor, la retención es total, este factor permite calcular el perímetro máximo a cualquier longitud (teóricamente se estima el escape de un pez cuando se tiene ambos perímetros malla-pez igua-

les). La longitud promedio de la merluza se ha estimado entre 35,74 cm. Si aplicamos el factor de perímetro tendremos un perímetro de altura mayor de 207 mm, que sería retenido por una malla de 103 mm. Relacionando el perímetro máximo del pez con el perímetro de la malla, tendremos el factor de selección máximo para la merluza igual a 3,54. De tal forma, el factor de selección de las mallas puede ser indicada a partir de medidas de perímetro máximo. Esta metodología puede comprobar parámetros de selectividad, como también estimar la selectividad en mallas no experimentadas.

Existe una significativa concordancia entre los factores de selección para redes de 105 (106) mm y 110 (114) mm. Esto hace que los valores posean la necesaria exactitud para aplicarles los modelos matemáticos GULLAND 1970 y Baranov 1960 determinándose el tamaño óptimo de malla en 109 ~ 110 mm.

Sin embargo, el análisis comparativo de los resultados del experimento de selectividad (GUEVARA Y SALAZAR 1996, Informe Ejecutivo), muestra que, desde el punto biológico no existen argumentos suficientes para recomendar un cambio inmediato en el tamaño de malla de las redes de la flota, habida cuenta que la alta disponibilidad de juveniles reduciría al mínimo cualquier efecto favorable para el stock, que se derive de este cambio, probablemente para el mediano y largo plazo, sea recomendable que la flota no sólo aumente el tamaño de malla en el copo, sino también varíe la estructura de construcción de sus redes, de manera tal que permita un mayor escape de juveniles, cuando la disponibilidad no sea tan alta como la actual.

AGRADECIMIENTO

Al Programa de Cooperación Técnica para la pesca CEE-VECEP ALA 92/43 por el apoyo financiero al presente estudio.

A todo el personal científico, técnico y administrativo del IMARPE y del Centro de Entrenamiento Pesquero de Paíta.

PARTICIPANTES

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES EN PESCA: Ing. Carlos Martín Salazar Céspedes, Ing. Eulalio Carrillo Flores, Teo. Jairo Calderón Martell.

DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS MARINOS: Blgo. Raúl Castillo Rojas (Lab. Paíta), Blgo. Alber-

to Gonzales Ynope (Sede Central), Ing. Leonardo Aldana (Lab. Paita), Bach. Segundo Albinas Salazar (Lab. Paita).

REFERENCIAS

- ARANA P. 1970. Estudio sobre la selectividad de la merluza (*Merluccius gayi gayi* G.) por las mallas de los artes de arrastre en la zona de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso.
- BARANOV'S. 1960. Industrial-fishing Gear.
- BHOJA L., VAN ECK T H. 1968. Selection of cape hake (*Merluccius merluccius capensis* Castelnau and *Merluccius merluccius paradoxus* Franca) by bottom/rawl cod/ends. Institut für Fangtechnik, Hamburg, Germany. Division of Sea Fisheries, Cape Town. R. of South. Africa
- CLAY D. 1979. Mesh selection of silver of hake, *Merluccius bilinearis*, in otter trawl on the Scotian shelf with references to selection of squid, *Illex illecebrosus*. Fisheries and Ocean Canada, Marine fish Division Bedford Institute of Oceanography Dartmouth, Nova Scotia, Canada
- ESPINO M, CASTILLO J, FERNÁNDEZ F, MENDIETA A, WOSNITZA-MENDO C, ZEBALLOS J. 1986. El stock de merluza y otros demersales en abril de 1985, Crucero BIC Humboldt (23 de marzo al 5 de abril, 1985). Inf. Inst. Mar Perú. 89, 191 pp.
- GUEVARA-CARRASCO R. 1995. Análisis de la estructura poblacional y de las capturas de merluza (*Merluccius gayi peruanus*). Informe Progresivo Inst. Mar. Perú. No. 14.
- GUEVARA-CARRASCO R, SALAZAR C. 1996. Estudio de la selectividad en merluza con red de arrastre de fondo. Informe Ejecutivo. Inst. Mar. Perú.
- GULLAND J A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Zaragoza, Acribia FAO. 164 pp.
- HOLDEN M J. 1971. Report of the ICES/ICNAF working groups on selectivity analysis cooperative research report series A. N° 25. 95p.
- LLEONART J, GUEVARA R. 1995. Estado de los Stocks de merluza y otras especies demersales y costeras del Perú. Informe final. Programa de Cooperación Técnica FAO-Perú. Proyecto: Ordenación de la Pesquería. FI:TCP/PER/4451 FAO documento de campo N° 2. 90 pp.
- POPE J A, MARGETTS A R, HAMLEY J M, AKYUZ E F. 1975. Manual de Methods for fish stock assessment. PART III. Selectivity of fishing gear, FAO Fish. Tech. Paper, N 41, 65.
- ROBLES R, FERNÁNDEZ A, PEREIRO F J. 1980/B; 12. Mesh selection of hake blue whiting, horse mackerel, megrim, sole and Nephors in nylon cod-ends in Galicia and Portugal shelf. ICES C.M.
- SALAZAR C. 1979. Análisis comparativo en longitudes de espínel y arrastre de merluza (*Merluccius gayi* Guichenot, 1948) en la zona de Valparaíso. Tesis, Escuela de Pesca, UCV, Valparaíso; 81 pp.
- SPARRE P, URSIN E, VENEMA S C. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries paper. N° 306.1. Rome, FAO.
- SUURONEN P. 1995. Conversation of young fish by management of trawl selectivity. Finnish Fish. Res. 15:97-116
- WOSNITZA-MENDO C, ESPINO M, DIOSES T, SÁNCHEZ E, PEREDA A. 1985. Rendimiento de equilibrio de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) y propuestas para su manejo. Bol. Inst. Mar Perú 9 (2):67-92.