

**Research Article**

## **Efecto del uso de paneles de escape de malla cuadrada sobre la reducción de peces juveniles en la pesquería de arrastre de merluza común (*Merluccius gayi gayi*)**

**Dante Queirolo, Teófilo Melo, Carlos Hurtado, Ivonne Montenegro, Erick Gaete, José Merino, Víctor Zamora & Roberto Escobar**  
**Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**  
**Casilla 1020, Valparaíso, Chile**

**RESUMEN.** La evaluación de paneles de escape de malla cuadrada en redes de arrastre de fondo usadas en la pesquería de merluza común se realizó empleando dos metodologías complementarias: lances con sobrecopo y lances alternados. Los lances con sobrecopo permitieron cuantificar la fracción de la captura que escapa a través de los paneles de escape, y determinar la estructura de tallas y pesos medios, estimando longitudes de retención y rangos de selección. Se determinó la fracción bajo 30 y 36 cm de longitud total presentes en el copo y en el sobrecopo, ambos como indicadores del efecto selectivo que éstas producen. Los lances alternados permitieron verificar la disminución de los rendimientos de captura, tanto en número como en peso, aumentando los pesos medios de los ejemplares retenidos y disminuyendo la proporción de ejemplares bajo tallas de referencia, lo que indica la existencia de un efecto de escape en la fracción juvenil del stock.

**Palabras clave:** paneles de escape, malla cuadrada, redes de arrastre de fondo, *Merluccius gayi gayi*, selectividad, peces juveniles, Chile.

### **Effect of the use of square mesh escape panels on the reduction of young fish in the common hake (*Merluccius gayi gayi*) trawl fishery**

**ABSTRACT.** The evaluation of square mesh escape panels in bottom trawl nets used in the common hake fishery was carried out employing two complementary methodologies: top cover and alternated hauls. The top cover hauls were used to quantify the fraction of the catch that escapes through the panels and to determine the size structure and mean weight of the catch, estimating the retention sizes and selection ranges. The fractions under 30 and 36 cm of total length present in the codend and in the top cover were determined as proxies for the selective effect produced by the escape panels. The alternated hauls were used to verify the decrease in the catch rate, both in number and in weight, increasing the mean weight of the retained catch and decreasing the proportion under the reference length, for which we concluded that an escape effect does occur on the young fraction of the stock.

**Keywords:** escape panels, square mesh, bottom trawl nets, *Merluccius gayi gayi*, selectivity, juvenile fish, Chile.

### **INTRODUCCIÓN**

La especie merluza común (*Merluccius gayi gayi*) sustenta una de las actividades pesqueras más importantes de Chile central, motivo por el cual se encuentra sujeta a diversas medidas de administración entre las cuales destaca la regulación al arte de arrastre establecida en la Res. Ex. N° 2808 establecida en el año 2005 por la Subsecretaría de Pesca. En este sentido, se ha buscado priorizar la sustentabilidad de la actividad extractiva,

siendo fundamental explotar el potencial de crecimiento de la población, minimizando la presión de pesca sobre la fracción juvenil del stock.

En las pesquerías de arrastre esto se puede lograr mediante diversas opciones: el cierre temporal o permanente de áreas de pesca, el cambio en el tamaño de malla del túnel y copo, la introducción de dispositivos de escape tales como grillas o paneles de escape y,

promisoriamente, la utilización de mallas rotadas en 90° (*turned meshes*), esto último considerando los resultados obtenidos en experimentaciones recientes, donde se aprovecha la deformación natural de la malla producto de la tensión de arrastre permitiendo una mayor superficie de filtración y escape (Moderhak, 2000; Hansen, 2004).

En Chile, el mayor número de estudios directos de selectividad se han efectuado precisamente en la pesquería de merluza común (Saetersdal & Villegas, 1968; Arana, 1970; Klenner, 1978; Gálvez *et al.*, 2000; Gálvez & Rebolledo, 2005), evaluando el esquema selectivo de las redes de arrastre de fondo utilizadas por la flota a diferentes tamaños de malla en el copo. Por su parte, Melo *et al.* (2005) discuten respecto a las ventajas comparativas que presenta el uso de paneles de escape de malla cuadrada como solución para aumentar la talla media de captura de merluza común. A nivel mundial, la mayoría de las investigaciones realizadas en la última década en pesquerías demersales se ha orientado a la evaluación de diferentes tamaños de malla y a la utilización de dispositivos de escape, en forma independiente o conjunta (Madsen *et al.*, 2002; Graham *et al.*, 2004; Eigaard & Holst, 2004), considerando que mediante este desarrollo es posible también contribuir a la reducción de la fauna acompañante.

Para las evaluaciones de tamaños de malla y dispositivos de escape se han utilizado metodologías tales como arrastre simultáneo con redes gemelas (*twin trawl*), lances con túnel dividido (*trouser trawl*), lances alternados (*alternate hauls*), lances con sobrecopo (*top cover*) y copo cubierto (*covered codend*), este último ampliamente utilizado, aunque algunos autores mencionan que puede afectar el comportamiento de los peces ya que se alteran los flujos de agua al interior del túnel por efecto de la cubierta externa. El uso de túnel dividido no es una práctica frecuente, dado el efecto selectivo que produciría a diferentes magnitudes de captura en cada sección del túnel, generando un inapropiado desempeño de la red. En el caso de los lances alternados, su principal desventaja se refiere a la necesidad de contar con un número mayor de experiencias para absorber la variabilidad entre lances. Por último, el sobrecopo es un método relativamente simple que permite retener la fracción de la captura que ha escapado por un dispositivo de escape, aunque para cuantificar y caracterizar el escape es recomendable evaluar su incidencia en el desempeño de la red.

Este estudio tiene por objetivo evaluar el desempeño de paneles de escape de malla cuadrada en redes de arrastre de fondo utilizadas en la pesquería comercial de merluza común, mediante la caracterización y cuantificación del efecto selectivo sobre la fracción juvenil del stock y el cambio en los rendimientos de captura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las experiencias se efectuaron entre febrero y abril de 2005 frente a la costa central de Chile (34°45' -40°30'S) entre 50 y 370 m de profundidad, siendo realizadas con cuatro embarcaciones industriales que operan regularmente en la pesquería de merluza común utilizando mallas romboidales de 100 mm de claro interno. Los paneles de escape fueron construidos con material Ultracross® conforme a lo indicado por Arkley (2001), con una configuración de malla cuadrada de 45 mm de longitud de barra interna, equivalente a 90 mm de claro de malla. Se estableció una longitud mínima de 5 m para el panel de escape utilizado por las naves participantes, que corresponde aproximadamente a 25% de la longitud del túnel y copo, mientras que el ancho del panel cubre prácticamente la totalidad del ancho de esta sección de la red. Para la evaluación se aplicaron dos metodologías experimentales: lances con sobrecopo y lances alternados. En cada caso se emplearon sólo aquellos lances con captura de merluza común que cumplieran con el protocolo de muestreo establecido, en términos de ubicación geográfica y duración de los lances, de tal manera de disminuir la variabilidad intrínseca en las capturas.

### Experimento 1: Lances con sobrecopo

En el desarrollo del primer procedimiento metodológico participaron las naves "Pelikan", "Friosur X" y "Biomar III", las cuales totalizaron 27 lances con captura de merluza común. Las redes de arrastre usadas por estas naves corresponden a diseños comerciales para arrastre de fondo, con longitudes de relinga superior de 56, 62 y 53 m respectivamente. El panel de escape en la nave "Pelikan" fue de 5,2 m de longitud y 2,5 m de ancho, instalándose a 4 m desde la jareta que cierra el copo. En la nave "Friosur X" el panel de escape fue de 5,3 m de longitud y 2,6 m de ancho, siendo ubicado a 6,4 m desde la jareta. Por su parte, el panel de escape empleando la nave "Biomar III" fue de 5,0 m de longitud y 2,5 m de ancho, ubicándose a 5,2 m desde la jareta (Tabla 1). En términos generales, la velocidad de arrastre de las naves fluctuó entre 3,2 y 3,8 nudos.

Para la determinación del esquema selectivo es posible utilizar diversos modelos, como las típicas funciones logita y probita (Pope *et al.*, 1975), sus funciones inversas o una curva de selección asimétrica, como la de Richard (Millar, 1993), es decir, cualquier función no-decreciente que tome valores entre 0 y 1. En este trabajo se empleó la curva de selección logística propuesta por Millar & Walsh (1992), la cual fue utilizada por Gálvez (1999) para determinar la curva de selección teórica de grillas selectivas para merluza común, que se expresa como:

$$p(l) = \frac{e^{(a+b \cdot l)}}{1 + e^{(a+b \cdot l)}}$$

donde  $p(l)$  es la probabilidad que un pez de longitud  $l$  sea retenido en el copo. La curva es descrita entonces por dos parámetros  $a$  y  $b$ , los cuales permiten estimar cuando la función se ajusta a los datos seleccionados. Ambos parámetros son usados para calcular la longitud de retención al 50% ( $l_{50}$ ) y el rango de selección (RS), de la siguiente forma:

$$l_{50} = -\frac{a}{b}$$

$$RS = \frac{2 \cdot \ln(3)}{b}$$

Se ajustó la función logística para cada lance realizado mediante el método SELECT (Share Each Length's Catch Total) desarrollado por Millar (1992), siendo posible estimar los parámetros de selección y sus respectivos errores sobre la base de funciones máximo verosímiles. La proporción de ejemplares a la talla ( $p_k$ ), tanto para la captura retenida en el copo como en el sobrecopo, se determinó mediante la expresión,

$$p_k = \sum_{i=1}^n \left( \frac{n_{ik}}{n_i} \right)$$

Para la expansión de la proporción de ejemplares a la talla al total de lances realizados por nave, se utilizó como factor de ponderación la captura del lance, que se expresó como:

$$p_{kj} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{n_{ijk}}{n_{ij}} \cdot \frac{Y_{ij}}{Y_j} \right)$$

Para ello, en cada lance se cuantificó la captura total de la especie objetivo y se midió la longitud total de un mínimo de 200 ejemplares de merluza común provenientes tanto del copo tradicional como de la cubierta recolectora o sobrecopo. Se utilizó el test Kolmogorov-Smirnov para identificar diferencias significativas en las distribuciones de talla de las capturas retenidas en el copo y sobrecopo.

Otro indicador del efecto de las mallas cuadradas sobre el escape de merluza común corresponde al peso medio de los ejemplares retenidos según su origen, que se determinó a partir de la expresión,

$$\bar{w}_j = \sum_{k=1}^k w_k \cdot p_{kj}$$

donde,

$$w_k = a \cdot l_k^b$$

Los parámetros  $a$  y  $b$  para sexos combinados en el área de estudio fueron estimados a partir de los resultados obtenidos por Lillo *et al.* (2006), correspondientes a 0,00913 y 2,91687 respectivamente.

Por último, se procedió a determinar las proporciones de ejemplares retenidos en el copo y el sobrecopo considerando tallas referenciales o indicadoras. Debido a que no existe una regulación por talla en esta pesquería, se consideró apropiado utilizar las fracciones bajo 30 cm (185 g) y 36 cm (316 g) de longitud total; la primera, como indicador de la fracción más pequeña capturada por la flota y que posee bajo interés comercial, mientras que la segunda es representativa de la fracción inmadura del stock, ya que la talla de primera madurez sexual de las hembras es alrededor de 37 cm (343 g) de longitud total (Alarcón & Arancibia, 1993). En ambos casos la relación que describe esta fracción corresponde a:

**Tabla 1. Resumen de experiencias realizadas con sobrecopo por nave y características principales de los paneles de escape.**

**Table 1. Summary of experiences carried out with top cover by vessel and main characteristics of escape panels.**

Nave	Código*	Fabricante	Red		Panel de escape		
			Longitud relinga (m)	Longitud total (m)	Longitud total (m)	Ancho (m)	Distancia respecto a la jareta (m)
Pelikan	PEL-SC-5,2-4,0	Engel	56	87	5,2	2,5	4,0
Friosur X	FRX-SC-5,3-6,4	Hampidjan	62	91	5,3	2,6	6,4
Biomar III	BIO-SC-5,0-5,2	Engel	53	86	5,0	2,5	5,2

\* Código identificador: “nave”-“método”-“longitud del panel”-“posición respecto a la jareta o final del copo”. Ejemplo: PEL-SC-5,2-4,0 quiere decir nave Pelikan - método lances con sobrecopo - con panel de 5,2 m de longitud - ubicado a 4,0 m de la jareta.

\* Identificatory code: “vessel”-“method”-“panel length”-“position respect to extreme of the codend”. Example: PEL-SC-5,2-4,0 mean Pelikan vessel - top cover hauls method - with 5.2 m panel length - located at 4.0 m to extreme of the codend.

$$P_{kj} = \sum_{k=1}^{k < x} \sum_{i=1}^n \left( \frac{n_{ijk}}{n_{ij}} \cdot \frac{Y_{ij}}{Y_j} \right)$$

donde  $x$  es la talla de referencia bajo la cual se desea hacer la comparación de proporciones. Se realizó un análisis de varianza para identificar la existencia de diferencias significativas en las proporciones de retención a la talla retenidas en el copo y sobrecopo.

**Experimento 2: Lances alternados**

El método de lancos alternados se empleó como procedimiento complementario al de lancos con sobrecopo. En estas experiencias participaron las naves “Polaris II” y “Biomar III”, que realizaron un total de 32 lancos alternados con captura, representando 16 pares de lancos. Las redes de arrastre de estas naves corresponden a diseños comerciales para arrastre de fondo, con longitudes de relinga superior de 56 y 53 m respectivamente. La nave “Polaris II” empleó un panel de escape de 7,3 m de longitud y 2,3 m de ancho, el cual fue utilizado en dos posiciones distintas; i) a 3,5 m desde la jareta, y ii) a 1,5 m desde la jareta. La nave “Biomar III” en tanto, utilizó un panel de 2,5 m de ancho ubicado a 5,2 m desde la jareta, utilizando dos longitudes distintas; i) 5,0 m de longitud, y ii) 8,0 m de longitud. En ambos casos los cambios realizados buscaron mejorar el desempeño del panel de escape, acercándolo a la jareta en el caso de la nave “Polaris II” y aumentando su extensión en el caso de la nave “Biomar III”. Por esta

razón, la información resultante es desagregada según las características del panel (Tabla 2).

Se empleó un procedimiento similar al descrito en lancos con sobrecopo, analizándose las proporciones de retención a la talla, el efecto en el peso medio de retención y la proporción de ejemplares bajo las tallas de referencia, considerándose una muestra mínima de 200 ejemplares por lance para caracterizar la estructura de tallas de la fracción retenida. Sin embargo, no es posible emplear  $l_{50}$  como indicador, sino que se estableció una relación de la proporción de retención a la talla ( $p_k$ ) en función a la retención en lancos con panel de escape respecto a lancos control. Para esto último, se empleó un indicador de proporcionalidad relativa de retención a la talla ( $P_T$ ) que corresponde a:

$$P_T = \frac{P_{kc} - P_{kpe}}{P_{kc}}$$

donde  $P_{kc}$  y  $P_{kpe}$  son las proporciones de retención a la talla en lancos control y con panel de escape respectivamente. La tendencia de la curva polinomial del indicador  $P_T$  hacia valores cercanos a 0 indica el rango de tallas en el cual las proporciones de retención son iguales, o sea, las tallas sobre las cuales no se produciría escape por el panel de malla cuadrada. Por último, se empleó la captura por hora de arrastre como indicador de rendimiento de pesca, siendo sólo comparable entre lancos de una misma nave debido a la ausencia de un protocolo de estandarización entre naves y experiencias.

**Tabla 2. Resumen de experiencias realizadas con lancos alternados por nave y características principales de los paneles de escape.**

**Table 2. Summary of experiences carried out with alternates hauls by vessel and main characteristics of escape panels.**

Nave	Código*	Fabricante	Red		Panel de escape		
			Longitud relinga (m)	Longitud total (m)	Longitud total (m)	Ancho (m)	Distancia-respecto a la jareta (m)
Polaris II	POL-AL-7,3-3,5	Engel	56	87	7,3	2,3	3,5
Biomar III	BIO-AL-5,0-5,2	Engel	53	86	5,0	2,5	5,2
Polaris II	POL-AL-7,3-1,5	Engel	56	87	7,3	2,3	1,5
Biomar III	BIO-AL-8,0-5,2	Engel	53	86	8,0	2,5	5,2

\* Código identificador conformado por: “nave”-“método”-“longitud del panel”-“posición respecto a la jareta o final del copo”. Ejemplo: POL-AL-7,3-3,5 quiere decir nave Polaris III - método de lancos alternados - con panel de 7,3 m de longitud - ubicado a 3,5 m de la jareta.

\* Identificatory code: “vessel”-“method”-“panel length”-“position respect to extreme of the codend”. Example: POL-AL-7,3-3,5 mean Polaris II vessel - alternate hauls method - with 7.3 m panel length - located at 3.5 m to extreme of the codend.

## RESULTADOS

### Lances con sobrecopo

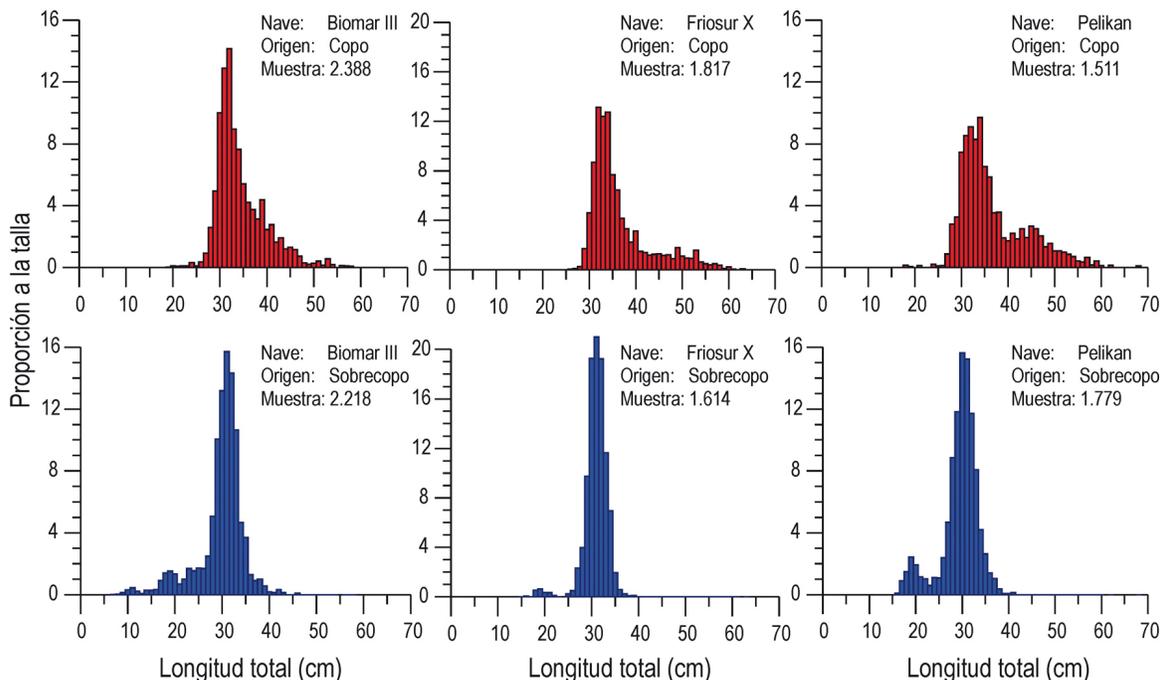
En los 27 lances realizados se obtuvo un total de 141.339 kg de merluza común en el copo y 10.651 kg en el sobrecopo, lo que equivale a 422.982 y 60.278 individuos respectivamente. Considerando el total de la captura, el peso medio de los ejemplares retenidos en el sobrecopo (177 g) fue inferior al de los retenidos en el copo (334 g), reflejando la diferencia en la composición de la captura (Tabla 3). En la nave “Biomar III” se realizaron 11 lances con sobrecopo y se determinó diferencias significativas en la estructura de tallas de las capturas, siendo 34,4 y 30,2 cm de longitud total las medias de retención en el copo y sobrecopo respectivamente. La nave “Friosur X” realizó nueve lances con sobrecopo, encontrando diferencias significativas en la estructura de tallas de las capturas, con 36,6 y 30,9 cm de longitud total en las medias de retención en el copo y sobrecopo respectivamente. Por último, en la nave “Pelikan” se observó un efecto similar, con tallas medias de retención de 36,5 y 29,5 cm de longitud total en el copo y sobrecopo respectivamente.

En términos de composición de las capturas, se observó que tanto en el copo como en el sobrecopo existe una moda principal de similares características en torno a 32 cm. No obstante, se apreció una moda secundaria en torno a 20 cm de longitud total en el sobrecopo, la cual

no se registró en el copo (Fig. 1). Por su parte, la fracción retenida en el copo presentó un rango mayor de tallas, con tendencia a ejemplares de mayor tamaño, contrario a lo observado en el sobrecopo. Lo anterior indica la capacidad selectiva que poseen los paneles de escape utilizados en esta experiencia, permitiendo el escape de una importante fracción de los ejemplares de tallas inferiores a 30 cm, sin afectar prácticamente la retención de ejemplares de tallas superiores a 40 cm.

El análisis de las proporciones bajo tallas de referencia indicó que en las tres naves se determinó un efecto significativo por acción de los paneles de escape utilizados. En términos centrales para las tres naves, la fracción de ejemplares menores a 30 cm fue del 7% de la captura del copo, mientras que en el sobrecopo esta proporción alcanzó al 36% de los peces retenidos. Al evaluar el efecto sobre ejemplares inferiores a 36 cm, se observó que en el copo esta proporción alcanzó al 63% de la captura, mientras que en el sobrecopo corresponde al 97% de lo retenido, reflejando el rango de tallas de los ejemplares que pueden escapar a través del panel de mallas cuadradas (Tabla 4).

Aplicando una función de máxima verosimilitud fue posible ajustar los parámetros de la curva de retención a partir de una muestra de 11.474 ejemplares de merluza común medidos en los lances con sobrecopo. Con ello se lograron 27 ajustes, correspondientes a cada uno de los lances realizados, y tres ajustes globales basados en



**Figura 1. Estructuras de talla ponderadas de las capturas de merluza común retenidas en el copo y en el sobrecopo.**  
**Figure 1. Size structure weighted of the common hake catches retained in codend and top cover.**

**Tabla 3. Tallas y pesos medios de las capturas de merluza común según origen (copo y sobrecoipo) y valor Z del estadístico Kolmogorov-Smirnov para dos muestras (\*P < 0,01).**

**Table 3. Mean size weight of common hake catch by origin (codend and top cover) and Z value of two-sample Kolmogorov-Smirnov test (\*P < 0,01).**

Código	Lances	Talla media (cm)			Peso medio (g)	
		Copo	Sobrecoipo	Z	Copo	Sobrecoipo
BIO-SC-5,0-5,2	11	34,4	30,2	12,9*	277	158
FRX-SC-5,3-6,4	9	36,6	30,9	13,7*	364	201
PEL-SC-5,2-4,0	7	36,5	29,5	12,5*	356	182
Total	27	36,0	29,7	13,1*	334	177

**Tabla 4. Proporción de ejemplares de merluza común retenidos bajo tallas de referencia según origen (copo y sobrecoipo) y valor F del análisis de varianza (\*P < 0,01).**

**Table 4. Common hake sample proportions retained under reference sizes by origin (codend and top cover) and F ratios from analysis of variance (\*P < 0,01).**

Código	Lances	P <sub>k</sub> < 30			P <sub>k</sub> < 36		
		Copo	Sobrecoipo	F	Copo	Sobrecoipo	F
BIO-SC-5,0-5,2	11	10%	30%	15,0*	69%	95%	79,4*
FRX-SC-5,3-6,4	9	2%	19%	17,4*	61%	99%	87,4*
PEL-SC-5,2-4,0	7	9%	40%	70,1*	60%	97%	80,1*
Total	27	7%	36%	33,9*	63%	97%	82,4*

la ponderación de las estructuras de tallas retenidas en función de los volúmenes de captura en el copo y sobrecoipo. En base a dichos ajustes, el valor de  $l_{50}$  fluctuó entre 28,77 y 32,90 cm en la nave "Biomar III", con un valor global de 31,43 cm (error estándar = 3,77) y un rango de selección de 9,33 cm. En la nave "Friosur X", el rango de  $l_{50}$  fluctuó entre 31,82 y 32,75 cm, con un valor global de 32,47 cm (error estándar = 1,35) y un rango de selección de 4,02 cm. Por último, en la nave "Pelikan" el rango de  $l_{50}$  fluctuó entre 31,80 y 34,08 cm, con un valor global de 32,80 cm (error estándar = 2,25) y un rango de selección de 6,38 cm. Lo anterior permitió observar la existencia de un efecto similar de retención independiente de la nave, logrando una talla de retención al 50% entre 31,43 y 32,80 cm (Tabla 5).

#### Lances alternados

En 16 pares de lances realizados se obtuvo un total de 226.988 kg de merluza común, de los cuales 143.995 kg correspondieron a la captura en lances control y 82.993 kg a lances con dispositivo de escape. A partir de una muestra de 8.456 ejemplares, se determinó que el peso medio de retención en el copo es mayor en aquellos lances con dispositivo de escape. En este sentido, las diferentes experiencias realizadas indican que el peso medio en lances con paneles de escape fluctuó entre 329 y 347 g, mientras

que en lances control se encontró entre 279 y 332 g por ejemplar, determinando entonces que en términos globales el peso medio ponderado aumentó de 310 a 337 g por individuo usando el panel de escape (Tabla 6).

Si bien es cierto se registraron diferencias de rendimientos de pesca entre naves, la tendencia general indicó que se cumple una disminución de este indicador entre pares de lances, razón por la cual es posible hacer una comparación de la información agrupada. Es importante considerar también que el tiempo total de arrastre fue similar para lances con panel de escape y lances control, a partir de lo cual se determinó que el rendimiento medio de captura corresponde a 2.823 kg·h<sup>-1</sup> y 4.486 kg·h<sup>-1</sup> respectivamente, lo que equivale a una disminución del 37% utilizando paneles de escape (Tabla 7).

Al descomponer las capturas a la talla y agrupar la información según tallas de referencia, se observó la disminución de la proporción de ejemplares en lances con panel de escape. Empleando las tallas de referencia se determinó que el 4,9% de la captura empleando panel de escape correspondió a ejemplares bajo 30 cm, mientras que en lances control el 12,2% de la captura se encontró en dicho rango, que equivale a una disminución del 59% de retención de ejemplares menores a 30 cm (Tabla 8). Del mismo modo, se determinó que el 65,1% de la captura en

**Tabla 5. Parámetros de la curva de selección logística de merluza común por nave.**

**Table 5. Parameters of the logistic selection curve of common hake by vessel.**

Código	a	b	$L_{25}$	$L_{50}$	$L_{75}$	RS
BIO-SC-5,0-5,2	-7,40	0,24	26,26	31,43 (e.e. = 3,77)	35,41	9,33
FRX-SC-5,3-6,4	-17,77	0,55	30,31	32,47 (e.e. = 1,35)	34,31	4,02
PEL-SC-5,2-4,0	-11,31	0,34	30,03	32,80 (e.e. = 2,25)	36,50	6,38

**Tabla 6. Captura (en peso y número) y pesos medios de ejemplares retenidos por nave en lances alternados.**

**Table 6. Catch (in weight and number) and mean weights of retained fishes by vessel in alternate hauls.**

Código	Pares de lances	Con panel de escape			Control		
		Captura (kg)	Captura (n°)	Peso medio (g)	Captura (kg)	Captura (n°)	Peso medio (g)
POL-AL-7,3-3,5	3	5.463	15.788	346	7.376	22.978	321
BIO-AL-5,0-5,2	2	9.883	29.857	331	16.098	50.622	318
POL-AL-7,3-1,5	6	33.750	102.583	329	48.012	172.087	279
BIO-AL-8,0-5,2	5	33.897	97.685	347	72.509	218.400	332
Total	16	82.993	245.913	337	143.995	464.087	310

**Tabla 7. Captura, tiempo de arrastre y rendimiento de pesca de merluza común por nave en lances alternados.**

**Table 7. Catch, towing time and catch rate of common hake by vessel in alternate hauls.**

Código	Pares de lances	Con panel de escape			Control		
		Captura (kg)	Tiempo de arrastre (h)	Rendimiento (kg·h <sup>-1</sup> )	Captura (kg)	Tiempo de arrastre (h)	Rendimiento (kg·h <sup>-1</sup> )
POL-AL-7,3-3,5	3	5.463	4,3	1.270	7.376	5,9	1.250
BIO-AL-5,0-5,2	2	9.883	4,7	2.103	16.098	3,9	4.128
POL-AL-7,3-1,5	6	33.750	11,7	2.885	48.012	12,8	3.751
BIO-AL-8,0-5,2	5	33.897	8,7	3.896	72.509	9,5	7.633
Total	16	82.993	29,4	2.823	143.995	32,1	4.486

**Tabla 8. Proporción de ejemplares de merluza común retenidos en el copo bajo tallas de referencia según nave en lances alternados.**

**Table 8. Common hake sample proportions retained in codend under reference sizes by vessel in alternate hauls.**

Código	Pares de lances	$P_k < 30$		$P_k < 36$	
		Con panel	Control	Con panel	Control
POL-AL-7,3-3,5	3	14,6%	18,7%	67,3%	71,4%
BIO-AL-5,0-5,2	2	8,0%	15,9%	65,4%	64,3%
POL-AL-7,3-1,5	6	3,3%	12,9%	66,0%	79,4%
BIO-AL-8,0-5,2	5	4,1%	10,0%	63,7%	64,6%
Total	16	4,9%	12,2%	65,1%	70,4%

lances con panel de escape correspondió a ejemplares bajo 36 cm, mientras que en lances control dicha proporción alcanza al 70,4%, con una disminución del 8% en la retención de ejemplares menores a 36 cm al emplear paneles de escape (Tabla 8).

Al analizar las proporciones de retención a la talla, se observó que en peces inferiores a 30 cm, el indicador  $P_T$  adquiere un valor positivo, lo que representa mayor proporción de éstos en lances control. Se observó también un rango de transición entre 30 y 34 cm en el cual el indicador

intercepta al eje x ( $P_T = 0$ ), indicando que la proporción de retención a la talla fue similar en lances control y lances con panel de escape. Por último, en ejemplares de tallas superiores a 34 cm se apreció un comportamiento errático del indicador, reflejando la inexistencia de un efecto selectivo asociado a los paneles de escape. Aunque, los resultados de esta experiencia no son concluyentes respecto a la talla de retención al 50%, es posible definir un rango en el cual se produciría el efecto selectivo asociado al panel de escape (Fig. 2).

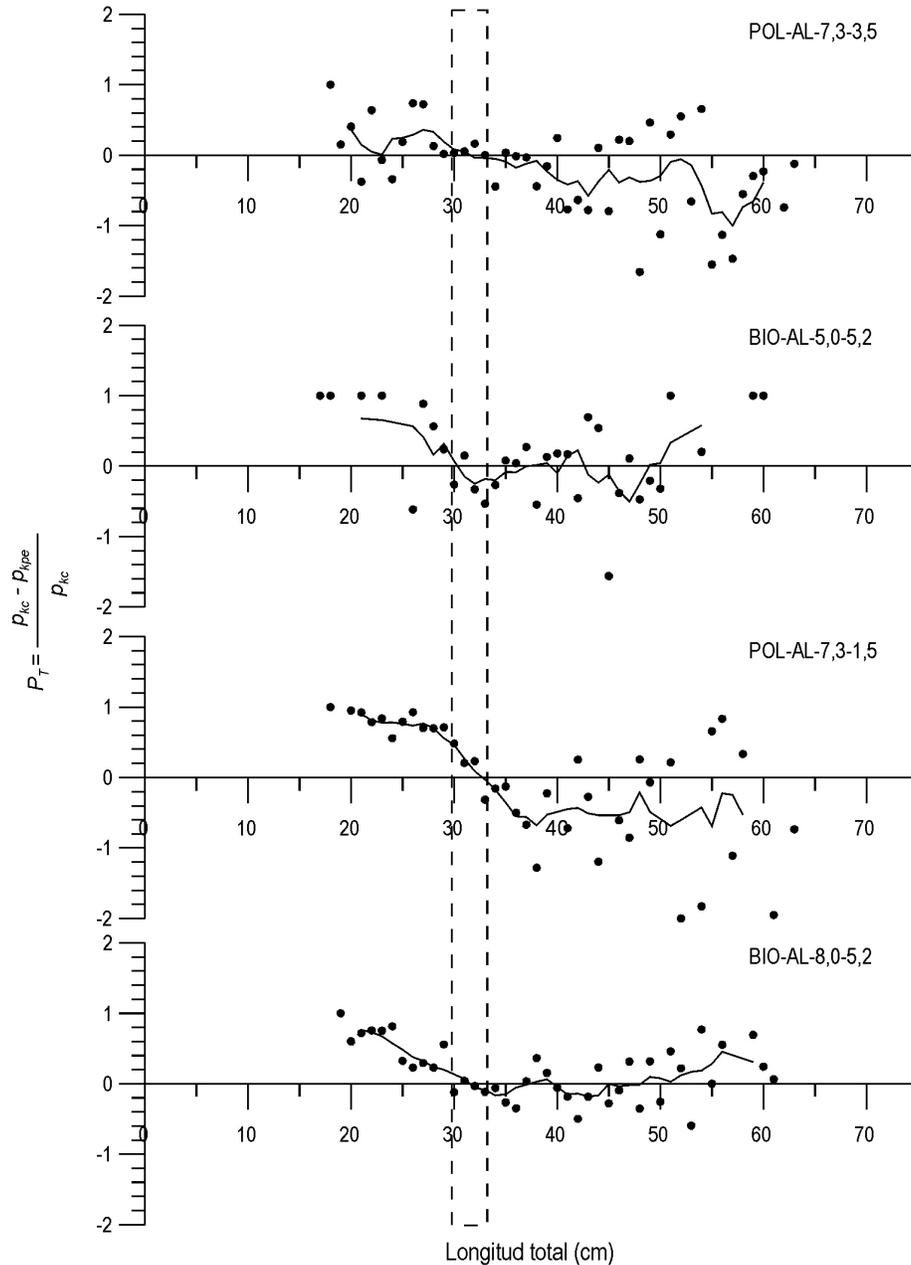


Figura 2. Proporción de retención a la talla de merluza común ( $P_T$ ) en lances alternados por nave.  
Figure 2. Size retained proportions of common hake ( $P_T$ ) in alternate hauls by vessel.

## DISCUSIÓN

El uso de técnicas distintas al tradicional túnel y copo de malla romboidal o diamante, tales como mallas cuadradas y grillas selectivas, han contribuido a reducir las capturas no objetivo en redes de arrastre de fondo, ya sea por selectividad a la talla o selectividad a la especie. Existe abundante literatura técnica y científica al respecto, sin embargo en la pesquería de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) no hay información respecto al uso de paneles de malla cuadrada. En este contexto, Sánchez *et al.* (2004) determinaron que en el Mediterráneo NW la fauna no objetivo en la pesquería de merluza (*Merluccius merluccius*) puede alcanzar al 34% del total de la captura en peso. Para reducir la captura de ejemplares bajo talla mínima legal, Sardà *et al.* (2006) evaluaron separadamente el uso de mallas cuadradas de 36 mm en el copo y grillas selectivas de 20 mm de separación entre barras para permitir el escape de la merluza (*M. merluccius*), determinando que en ambos casos se reduce la captura de peces bajo talla mínima legal en la pesquería de arrastre del Mediterráneo NW. Estos autores destacan también los notables beneficios del uso de mallas cuadradas y grillas selectivas en la reducción del descarte. Para esta misma especie, Bahamon *et al.* (2006) indican que el uso de copos de malla cuadrada de 40 mm permitiría aproximarse a la talla mínima de captura (MLS = 20 cm), siendo significativamente mayor con respecto a los peces retenidos en copos de malla diamante.

En este trabajo se utilizó en primer lugar el método de lances con sobrecopo, mediante el cual se logró retener los peces que escapan a través del panel de escape, siendo posible cuantificar y caracterizar dicha fracción respecto a aquella capturada en el copo de la red. En términos de estructuras de talla, los peces retenidos en el sobrecopo son comparativamente más pequeños respecto a los retenidos en el copo, lo que se relaciona directamente con el área interna de las mallas que componen el panel de escape de malla cuadrada. El resultado del ajuste de la curva de selección logística permitió corroborar la coherencia de los resultados anteriores en términos del rango de selección y la talla de retención al 50%. En términos generales, existen diferencias en el valor de  $l_{50}$  entre naves que fluctúa en un rango absoluto de 1,37 cm, demostrando la consistencia del efecto de escape por los paneles de malla cuadrada utilizados en las diferentes naves.

Además, el uso de lances alternados permite comparar las capturas al emplear paneles de escape respecto a lances control, considerándose como indicadores el peso medio de los ejemplares capturados, el rendimiento de pesca ( $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y la proporción de ejemplares bajo tallas de referencia (30 y 36 cm de longitud total). El indicador de retención a la talla utilizado permitió apreciar gráficamente el cambio en las proporciones de captura en forma comparativa, en lances con panel de escape respecto a lances control. Los

resultados del indicador fueron consistentes entre naves, observándose que entre 30 y 34 cm se encuentra una zona de transición de la curva polinomial en la cual se debería encontrar la talla de retención al 50%, siendo coherente con lo determinado mediante el método de lances con sobrecopo. Aunque mediante este indicador no es factible hacer un análisis selectivo apropiado, se reconoce la capacidad para establecer el rango de tallas sobre el cual se estaría produciendo el efecto selectivo. En general, es posible corroborar mediante el uso de dos metodologías complementarias la existencia de un efecto selectivo asociado al uso de paneles de escape de malla cuadrada en las redes de arrastre de fondo que operan sobre el recurso merluza común, contribuyendo entonces a disminuir la captura de la fracción inmadura del stock.

Otro aspecto relevante es la longitud y posición del panel de escape, que no se analizó en el presente estudio, sin embargo Graham *et al.* (2003) reconocen la necesidad de considerar su evaluación para mejorar la eficiencia de estos dispositivos. Estos autores evaluaron tres posiciones distintas de un panel de escape de malla cuadrada de 3 m de longitud, el que fue ubicado a 3, 6 y 9 m desde el extremo posterior del copo, demostrando que su posición relativa determina la efectividad del panel para el escape de haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) y whiting (*Merlangius merlangus*). En términos generales, se destaca que mientras más atrás sea ubicado el panel de escape (entre 3 y 6 m desde el extremo del copo) mayor será su efecto para el escape. Aun cuando este trabajo no se orientó metodológicamente a evaluar el tamaño y posición del panel de escape de malla cuadrada en las redes de arrastre, es posible destacar algunos elementos parciales que resultaron del análisis. Por ejemplo, en la nave "Polaris II" se realizaron tres pares de lances con el panel de escape ubicado a 3,5 m desde la jareta del copo y seis pares de lances con el panel ubicado más atrás, a 1,5 m desde la jareta del copo, observándose que en esta última posición hay mayor diferencia en el peso medio de los ejemplares capturados y en las proporciones de retención respecto a las tallas de referencia, así como mayor diferencia en los rendimientos de captura, lo cual indicaría mayor efectividad del dispositivo en esa posición. Un hecho similar es lo que ocurrió en la nave "Biomar III", en la cual el panel de escape original tenía 5 m de longitud y fue extendido posteriormente a 8 m para incrementar la eficiencia del panel. Con este aumento de longitud fue posible constatar un aumento del peso medio de los ejemplares capturados, una disminución de ejemplares bajo 30 y 36 cm, y una mayor diferencia absoluta en los rendimientos de captura en lances con panel de escape respecto a lances control.

Respecto al método de selección, Gálvez (1999) indica que el uso del sistema de rejilla o grilla selectiva aumenta la frecuencia de selección dado que una mayor cantidad de peces son forzados a interactuar con la rejilla. Del mismo

modo, Graham & Kynoch (2001) señalan que en paneles de escape la probabilidad de escape sería menor dada la dependencia que existe entre la proximidad del pez con el panel y el enmascaramiento visual al interior del copo. Aun cuando se reconoce este efecto, no hay duda que los paneles de malla cuadrada instalados adecuadamente en las redes de arrastre pueden reducir significativamente las capturas bajo talla (Madsen *et al.*, 2002; Bullough *et al.*, 2007). Esta bien establecido que en los artes de arrastre, la selección de los peces ocurre típicamente en el túnel y copo de la red, y es mayoritariamente una función de la relación entre su morfología y la disponibilidad de abertura de las mallas (Wileman *et al.*, 1996).

Es claro que el uso de paneles de malla cuadrada permite una mayor área interna respecto a mallas romboidales, lo cual favorece la filtración de la red disminuyendo la velocidad relativa de los flujos internos de agua. Desde el punto de vista del pez, la malla cuadrada permite una mayor área de escape, lo que sumado a la succión debido a la salida de mayores volúmenes de agua por el panel, podría generar estímulos perceptibles que incentivan su escape. Así, Broadhurst *et al.* (2002) reconocen que la capacidad natatoria de los peces (velocidad y tiempo de natación sostenida) y la velocidad relativa de los flujos internos en la red son factores que pueden determinar el éxito de un panel de escape, incidiendo entonces en el diseño y ubicación en la red. Desde el punto de vista hidrodinámico, los paneles de escape de malla cuadrada permiten disminuir la resistencia al avance de la red debido al aumento de filtración por las aberturas internas de las mallas, lo cual podría incluso llevar a una disminución del consumo de combustible de las naves al requerir menos potencia para una misma velocidad de arrastre.

Por último, es importante destacar que si bien las metodologías más aplicadas en la actualidad para evaluar selectividad son copo cubierto (*covered codend*) y lances simultáneos de dos redes (*twin trawl*), éstas no han sido utilizadas sistemáticamente en Chile, por lo cual no existe un respaldo técnico suficiente para asegurar su éxito. Por esta razón, el presente trabajo hace énfasis en la posibilidad de determinar efectos selectivos en redes de arrastre de fondo de merluza común con dos metodologías alternativas y complementarias: lances con sobrecopo y lances alternados. La consistencia de la información obtenida respalda la elección de estos métodos, ya que fue posible constatar por ambas vías, el escape de ejemplares menores a 30 y 36 cm por el panel de escape de malla cuadrada, el aumento en la talla media y peso medio de la captura retenida en el copo y la disminución de los rendimientos de captura por hora de arrastre. Se reconoce la necesidad de continuar con estudios en esta línea de investigación, principalmente orientadas a precisar el tamaño y ubicación de los paneles de escape que permitan optimizar su desempeño y reducir la captura de peces juveniles.

## REFERENCIAS

- Alarcón, R. & H. Arancibia. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848). *Cienc. Tec. Mar.*, 16: 33-45.
- 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. *Invest. Mar., Valparaíso*, 1(1): 39 pp.
- Arkley, K. 2001. Improving selectivity in towed fishing gears: guidelines on the rigging square mesh panel. *Seafish Report*, 24 pp.
- Bahamon, N., F. Sardà & P. Suuronen. 2006. Improvement of trawl selectivity in the NW Mediterranean demersal fishery by using a 40 mm square mesh codend. *Fish. Res.*, 81: 15-25.
- Broadhurst, M.K., K. Dijkstra, D. Reid & C.A. Gray. 2006. Utility of morphological data for key fish species in southeastern Australian beach-seine and otter-trawl fisheries: predicting mesh size and configuration. *N.Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 40: 259-272.
- Bullough, L.W., I.R. Napier, C.H. Laurenson, D. Riley, R.J. Fryer, R.S.T. Ferro & R.J. Kynoch. 2007. A year-long trial of a square mesh panel in a commercial demersal trawl. *Fish. Res.*, 83: 105-112.
- Eigaard, O.E. & R. Holst. 2004. The effective selectivity of a composite gear: an industrial sorting grid in combination with a window panel. *Fish. Res.*, 68: 99-112.
- Gálvez, M. 1999. Método para determinar la separación entre barras y la curva de selección teórica de sistemas de grilla selectiva en redes de arrastre para peces. *Invest. Mar., Valparaíso*, 27: 25-38.
- Gálvez, M. & H. Rebolledo. 2005. Estimating codend size selectivity of bottom trawlnet in Chilean hake (*Merluccius gayi gayi*) fishery. *Invest. Mar., Valparaíso*, 33(2): 151-165.
- Gálvez, M., H. Rebolledo & S. Lillo. 2000. Análisis de selectividad en la pesquería de merluza común en la zona centro sur. *Informe Final FIP N° 96-25*: 100 pp.
- Graham, N. & R.J. Kynoch. 2001. Square mesh panels in demersal trawls: some data on haddock selectivity in relation to mesh size and position. *Fish. Res.*, 49: 207-218.
- Graham, N., R.J. Kynoch & R.J. Fryer. 2003. Square mesh panels in demersal trawls: further data relating haddock and whiting selectivity to panel position. *Fish. Res.*, 62: 361-375.
- Graham, N., F.G. Neill, R.J. Fryer, R.D. Galbraith & A. Myklebust. 2004. Selectivity of a 120 mm diamond codend and the effect of inserting a rigid grid or a square mesh panel. *Fish. Res.*, 67: 151-161.

- Hansen, U.J. 2004. Performance of a trawl codend made from 90° turned netting (T90) compared with that traditional codends. ICES Fishing Technology and Fish Behaviour Working Group Meeting, Gdynia, April, 20-23: 17 pp.
- Klenner, R.A. 1978. Selectividad de copo cubierto en red de arrastre de merluza en la zona de Valparaíso. Tesis de Ingeniería Pesquera, Escuela de Ciencias del Mar, Univ. Católica de Valparaíso, 95 pp.
- Lillo, S., C. Olivares, M. Braun, S. Nuñez, A. Saavedra, J. Saavedra & E. Molina. 2006. Evaluaciones hidroacústicas de merluza común, año 2005. Informe Final FIP N° 2005-25: 252 pp.
- Madsen, N., R. Holst & L. Foldager. 2002. Escape windows to improve the size selectivity in the Baltic cod trawl fishery. *Fish. Res.*, 57: 223-235.
- Melo, T., D. Queirolo, C. Hurtado, I. Montenegro & E. Gaete. 2005. Evaluación del uso de paneles de escape de malla cuadrada en la pesquería de arrastre de merluza común. Informe Final. Estud. Doc., Pont. Univ. Católica de Valparaíso, 31/2005: 82 pp.
- Millar, R.B. 1992. Estimating the size selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *J. Am. Stat. Assoc.*, 87(420): 962-968.
- Millar, R.B. 1993. Incorporation between-haul variation using bootstrapping and nonparametric estimation of selection curves *US Fish. Bull.*, 91: 564-572.
- Millar, R.B. & S.J. Walsh. 1992. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. *Fish. Res.*, 13: 205-220.
- Moderhak, W. 2000. Preliminary investigations of the mechanical properties of meshes turned through 90°. *Bull. Sea Fish. Inst.*, Gdynia, 1: 11-16.
- Pope, J.A., A.R. Margetts, J.M. Hamley & E.F. Akyuz. 1975. Manual of methods for fish stock assessment. Part III. Selectivity of fishing gear. *FAO Fish. Tech. Paper*, 41: 65 pp.
- Saetersdal, G. & L. Villegas. 1968. Informe sobre experimentos de selectividad con red de arrastre. Boletín Científico N°9. Instituto de Fomento Pesquero, 16 pp.
- Sardà, F., N. Bahamon, B. Molí & F. Sardà-Palomera. 2006. The use of a square mesh codend and sorting grids to reduce catches of young fish and improve sustainability in a multispecies bottom trawl fishery in the Mediterranean. *Sci. Mar.*, 70(3): 347-353.
- Wileman, D.A., R.S.T. Ferro, R. Fonteyne & R.B. Millar. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. *ICES Coop. Res. Rep.*, 215: 126 pp.

*Received: 31 May 2007; Accepted: 12 March 2008.*