



Instituto de  
Investigación  
Pesquera

## INFORME FINAL

PROYECTO FIP N° 96-25

ANALISIS DE SELECTIVIDAD EN LA PESQUERIA  
DE MERLUZA COMUN EN LA ZONA  
CENTRO SUR

FONDO DE INVESTIGACION  
PESQUERA 2000

Título del Proyecto: Análisis de selectividad en la pesquería de merluza común en la zona centro-sur. (Proyecto FIP 96-25)

Requeriente: Fondo de Investigación Pesquera (FIP)

Contraparte: Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.

Unidad Ejecutora: Departamento de Pesquerías  
Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.  
Colón 2780, Talcahuano

Unidad Sub-contratada: Instituto de Fomento Pesquero  
Huito 374, Valparaíso

Investigador responsable: Mauricio Gálvez Larach  
Departamento de Pesquerías  
Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.  
Fonos: (41) 584820 - 583741  
Fax: (41) 583939  
E-Mail: [inpesca@inpesca.cl](mailto:inpesca@inpesca.cl)

## Título:

Análisis de selectividad en la pesquería de merluza común en la zona centro-sur. Informe Final, FIP N°96-25. Inst. Invest. Pesq., Talcahuano, 100 pp.

## Autores:

Mauricio Gálvez Larach \*  
Hernán Rebolledo Fernández \*  
Sergio Lillo Vega \*\*

\* Instituto de Investigación Pesquera Octava Región

\*\* Instituto de Fomento Pesquero

## Personal Participante:

### **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA**

Mauricio Gálvez L.  
Hernán Rebolledo F.  
Christian Cuevas E.  
Mariano Ernesto M.  
Pedro Luengo O.  
Claudio Pino I.

### **INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Sergio Lillo V.  
Marcos Espejo V.  
José Córdoba M.  
Manuel Rojas G.

Distribución de ejemplares:

10	Fondo de Investigación Pesquera (FIP)
1	Instituto de Investigación Pesquera (IIP)
1	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
1	Jefe de Proyecto

## AGRADECIMIENTOS

*El Instituto de Investigación Pesquera Octava Región quiere expresar sus más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de este estudio, el cual estamos seguros representará un aporte significativo al manejo y administración de la pesquería de merluza común (Merluccius gayi gayi).*

*En este sentido es necesario destacar el apoyo brindado por Don Frank Stengel (Gerente de Operaciones), por Don Patricio Herrera (Jefe de Flota) y por Don Claudio Loncha (Jefe de Redes) de la empresa pesquera Bío Bío. Asimismo, se reconoce la desinteresada cooperación de la tripulación de la embarcación "Biomar III".*

# CONTENIDO DEL INFORME

Análisis de selectividad en la pesquería de  
merluza común en la zona centro-sur

Pág.

---

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>1</b>
1.1. CAPTURABILIDAD .....	1
1.2. SELECTIVIDAD .....	1
<b>2. INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
3.1. CAPTURABILIDAD .....	3
3.2. SELECTIVIDAD .....	4
3.2.1. De la estimación del patrón de selección a la talla.....	4
3.2.2. Selectividad en el recurso merluza común.....	5
3.2.3. Técnicas y modelos para evaluar la selectividad .....	5
<b>4. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>7</b>
4.1. COEFICIENTE DE CAPTURABILIDAD.....	7
4.1.1. Marco de referencia .....	7
4.1.2. Embarcaciones, área y período del estudio .....	9
4.1.3. Artes de pesca .....	10
4.1.4. Sistema de ecointegración .....	10
4.1.5. Diseño del muestreo .....	10
4.1.6. Comportamiento de los sistemas de pesca.....	10
4.1.7. Procesamiento de la información .....	11
4.1.8. Muestreo de las capturas .....	11
4.2. ANÁLISIS DE SELECTIVIDAD .....	12
4.2.1. Embarcación, área y período de estudio.....	12
4.2.2. Características de los artes de pesca utilizados.....	12

4.2.2.1. Diseño y confección copo tipo pantalón (trouser trawl) .....	13
4.2.2.2. Diseño y confección cubre copo .....	14
4.2.3. Muestreo de las capturas .....	18
4.2.4. Esquema general de análisis de la información .....	18
4.2.5. Estimación de las curvas de selección .....	21
4.2.5.1. Procedimiento SELECT .....	21
4.2.5.2. Análisis combinado de los lances de pesca .....	24
4.2.6. Estimación de la Curva Maestra de selectividad .....	26
4.2.6.1. Introducción.....	26
4.2.6.2. Teoría General.....	26
4.2.6.3. Método .....	28

## **5. RESULTADOS.....29**

5.1. COEFICIENTE DE CAPTURABILIDAD DE LAS REDES DE ARRASTRE.....	29
5.1.1. Comportamiento de los artes de pesca.....	29
5.1.1.1. Desarrollo vertical .....	29
5.1.1.2. Desarrollo horizontal .....	29
5.1.2. Distribución vertical del recurso.....	31
5.1.3. Eficiencia total del sistema de pesca.....	31
5.1.4. Estimación del coeficiente de capturabilidad.....	32
5.2. SELECTIVIDAD EN LA PESQUERÍA DE MERLUZA COMÚN.....	33
5.2.1. Arrastre de pantalón.....	36
5.2.1.1. Ajuste de la función logita .....	41
5.2.1.2. Comentario a la experiencia de arrastre pantalón.....	45
5.2.2. Lances con cubre-copo .....	46
5.2.2.1. Ajuste de la función logita .....	52
5.2.2.2. Ajuste de la función de Richards.....	59
5.2.2.3. Comparación de modelos .....	66
5.2.2.4. Integración de las curvas de selección.....	67
5.2.3. Determinación de la Curva Maestra de selección .....	73

## **6. DISCUSIÓN.....77**

6.1. CAPTURABILIDAD .....	77
6.2. SELECTIVIDAD .....	78

<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>81</b>
7.1. CAPTURABILIDAD .....	81
7.1. SELECTIVIDAD .....	81
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>83</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>90</b>
9.1. Códigos fuente (S-plus) de las funciones utilizadas para ajustar las curvas de selección .....	91
9.2. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 100 mm. ....	97
9.3. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 110 mm. ....	98
9.4. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 130 mm. ....	99
9.5. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 140 mm. .	100

# INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Pág.

Tabla 1. Parámetros de calibración de los sistemas de calibración. Longitud de pulso 1 ms. ....	10
Tabla 2. Características de los materiales utilizados para la confección de los distintos copos experimentales. ....	14
Figura 1. Plano técnico de la red tipo "Engel" comúnmente utilizada por la flota industrial. ....	15
Figura 2. Detalles de algunos elementos del túnel-copo. (A) refuerzo o poncho utilizado en la sección del túnel; (B) Encabalgue a la lacha de la oreja que sujeta los estrobos; (C) unión de la lacha lateral al túnel-copo; y, (D) unión de las lachas centrales a los túnel-copo. ....	16
Figura 3. Plano técnico del cubre copo y copos experimentales. ....	16
Figura 4. Detalles de algunos elementos del cubre-copo. (A) Malla de polietileno tipo braided utilizada en el panel superior; (B) Encabalgue a la lacha de la oreja por donde pasan los estrobos; (C) Malla de poliamida 6.6 utilizada en el panel inferior; y, (D) Unión de los refuerzos para la jareta; (E) Unión de los cinturones en el cubre copo; (F) Unión central (zipper) usada para poner los copos experimentales dentro del copo control. ....	17
Figura 5. Esquema de la secuencia de análisis de la información de selectividad en merluza común. ....	20
Figura 6. Probabilidad de retención presentada como una función de $a/L$ . La probabilidad fue calculada para $\theta = \pi/3$ y $\varepsilon = 0,7$ (copiado de Tokai y Kitahara, 1989). ....	27
Tabla 3. Estadísticos de desarrollo vertical de las redes de arrastre. ....	29
Tabla 4. Distancia promedio entre portalones y punta de alas de los sistemas de pesca. ....	29
Figura 7. Desarrollo vertical (altura de relinga) de las redes utilizadas. ....	30
Figura 8. Desarrollo horizontal (distancia entre punta de alas) de las redes utilizadas. ....	30
Tabla 5. Estimaciones del coeficiente de disponibilidad ( $KV_3$ ). ....	31
Figura 9. Proporción acumulada de merluza común según la distancia al fondo. ....	31
Tabla 6. Estimaciones de la eficiencia del sistema de pesca ( $K'$ ) y su coeficiente de variación. ....	31
Tabla 7. Estimaciones del coeficiente de capturabilidad la eficiencia del sistema de pesca. Métodos de Dickson y Rozenshtein. ....	32
Tabla 8. Número de ejemplares muestreados durante las experiencias con ARRASTRE PANTALON, según tamaño de malla, sexo y lance. ....	33
Tabla 9. Número de ejemplares muestreados durante las experiencias con ARRASTRE PANTALON, según tamaño de malla, lance y sexo. ....	34
Figura 10. Georreferenciación de los lances de pesca experimentales efectuados con ARRASTRE PANTALON. Verde: luz de malla 100 mm; Rojo: luz de malla 130 mm; y Azul: luz de malla 140 mm. ....	35
Figura 11. Georreferenciación de los lances de pesca experimentales efectuados con CUBRE-COPO. Verde: luz de malla 100 mm; Fucsia: luz de malla 110 mm; Azul: luz de malla 130 mm y Rojo: luz de malla 140 mm. ....	36
Figura 12. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 100 mm (barras oscuras) y en el copo control (barras vacías), por lance. Técnica de ARRASTRE PANTALON. ....	38
Figura 13. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 130 mm (barras oscuras) y en el copo control (barras vacías), por lance. Técnica de ARRASTRE PANTALON. ....	39
Figura 14. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 140 mm (barras oscuras) y en el copo control (barras vacías), por lance. Técnica de ARRASTRE PANTALON. ....	40

Tabla 10. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con ARRASTRE PANTALON y malla experimental de 100 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	42
Tabla 11. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con ARRASTRE PANTALON y malla experimental de 130 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	42
Tabla 12. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con ARRASTRE PANTALON y malla experimental de 140 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	43
Figura 15. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de ARRASTRE PANTALON, por lance. A: luz de malla experimental de 100 mm, B: luz de malla experimental de 130 mm; y C: luz de malla experimental de 140 mm. La línea continua gruesa indica los ajustes mas razonables en cada gráfico.....	44
Figura 16. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 100 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo. ....	47
Figura 17. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 110 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo. ....	48
Figura 18. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 130 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo. ....	49
Figura 19. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 140 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo. ....	50
Figura 20. Proporción (en peso) de merluza escapada del copo según luz de malla en el copo, por lance. La curva modela los valores promedio para cada luz de malla. El registro de 72% para luz de malla de 140 mm no es graficado. Lances efectuados con la técnica de CUBRE-COPO. ....	51
Tabla 13. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 100 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	52
Tabla 14. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 110 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	53
Tabla 15. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 130 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	53
Tabla 16. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 140 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	54
Figura 21. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 100 mm en el copo.....	55
Figura 22. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 110 mm en el copo.....	56
Figura 23. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 130 mm en el copo.....	57
Figura 24. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 140 mm en el copo.....	58
Tabla 17. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 100 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar.....	60
Tabla 18. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 110 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar.....	60

Tabla 19. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 130 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar.....	61
Tabla 20. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 140 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar.....	61
Figura 25. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 100 mm en el copo.....	62
Figura 26. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 110 mm en el copo.....	63
Figura 27. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 130 mm en el copo.....	64
Figura 28. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 140 mm en el copo.....	65
Tabla 21. Resultados de comparación de modelos Logita versus Richards ( $H_0: \delta=1$ ). Nivel de probabilidad para aceptación de hipótesis nulo es $p \geq 0,005$ .....	66
Figura 29. Tamaño de malla (luz de malla, cm) versus longitud de retención al 50% ( $L_{50\%}$ ). Los puntos vacíos son superiores a 1 desviación estándar. ....	67
Tabla 22. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances agrupados, según tamaño de luz de malla. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar .....	68
Figura 30. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO y desviación residual a la talla, por tamaño de luz de malla. Ambos sexos. ....	69
Tabla 23. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances agrupados, según tamaño de luz de malla. MACHOS.- Entre paréntesis los errores estándar.....	70
Tabla 24. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances agrupados, según tamaño de luz de malla. HEMBRAS.- Entre paréntesis los errores estándar.....	71
Figura 31. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO y desviación residual a la talla, por tamaño de luz de malla. MACHOS. ....	71
Figura 32. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO y desviación residual a la talla, por tamaño de luz de malla. HEMBRAS. ....	72
Figura 33. Relación entre luz de malla y longitud de retención al 50% y modelo lineal que la describe. Ambos sexos. ....	74
Figura 34. Relación entre luz de malla y longitud de retención al 50% y modelo lineal que la describe. Machos.....	74
Figura 35. Relación entre luz de malla y longitud de retención al 50% y modelo lineal que la describe. Hembras.....	74
Figura 36. Relación entre $R$ y la probabilidad de retención observada, para los datos sin considerar sexo. El Rombo rojo, círculo azul, cuadrado verde y triángulo amarillo representan los tamaños de luz de malla de 100 mm, 110 mm, 130 mm y 140 mm, respectivamente. ....	75
Figura 37. Curva Maestra para AMBOS SEXOS de merluza común. Válida para $m$ [100 ; 140 mm] y $l$ [70 ; 800 mm].....	75
Figura 38. Curva Maestra para MACHOS de merluza común. Válida para $m$ [100 ; 140 mm] y $l$ [150 ; 600 mm]. ....	76
Figura 39. Curva Maestra para HEMBRAS de merluza común. Válida para $m$ [100 ; 140 mm] y $l$ [130 ; 800 mm].....	76

# 1. RESUMEN EJECUTIVO

## 1.1. Capturabilidad

En el marco de éste proyecto, le correspondió al Ifop desarrollar un objetivo específico orientado a "determinar el coeficiente de capturabilidad para las redes de arrastre actualmente usadas por la flota". Para lograr esto, se efectuaron mediciones combinadas de estimación de densidades mediante redes de arrastre y equipos acústicos de eointegración en dos buques de la flota comercial y se incorporó las mediciones realizadas en el B/I Abate Molina.

Los resultados obtenidos, muestran que una fracción mayoritaria del recurso (60%) se localizó en los cuatro metros mas cercanos al fondo. Se estimaron coeficientes de eficiencia, que relaciona la proporción de peces disponibles al arte que son capturados de 1,36 y 1,47 para los buques de la flota industrial y de 0,4 para el buque de investigación. Sin embargo, estos resultados deben ser considerados con cautela, pues parte importante de la captura, provendría de peces que se localizaron muy cerca del fondo, en la zona muerta o de sombra del haz acústico, lo que produce una subestimación de la abundancia disponible.

## 1.2. Selectividad

Para la determinación del esquema de selección a la talla, mediante redes de arrastre de fondo, en la pesquería de merluza común, se aplicaron dos técnicas; arrastre de pantalón y lances con cubre-copo. En el primer caso se evaluaron tamaños de luz de malla de 100, 130 y 140 mm, mientras que en el segundo caso, además de los anteriores, se evaluó un tamaño de luz de malla de 110 mm en el túnel-copo de las redes. El análisis de la información se realizó para machos, hembras y ambos sexos en conjunto. Se evaluaron dos modelos de selección, el modelo Logita y el de Richards, ajustando estas funciones a través de procedimientos de máximo-verosimilitud (Millar, 1991 y 1992; Millar y Walsh, 1992). Adicionalmente, para cada uno de los sexos se determinó la Curva Maestra de selectividad (Tokai y Kitahara, 1989), con lo cual es posible determinar el esquema selectivo a la talla para cualquier tamaño de luz de malla comprendido entre 100 y 140 mm.

Los resultados indicaron que los ajustes más confiables fueron aquellos que se obtuvieron con los datos de cubre-copo, mientras que el modelo que mejor ajustó a los mismos fue el Logita, lo cual implica que la selección a la talla en merluza común es de tipo simétrico en torno a  $I_{50\%}$ . Se determinó que la proporción (en peso) de ejemplares que escapa del copo se incrementa exponencialmente con el aumento del tamaño de luz de malla, desde 2,5% (malla de 100 mm) hasta 28% (malla de 140 mm).

Al analizar los datos sin considerar sexo, se determinó que  $I_{50\%}$  se incrementa con el aumento de tamaño de malla, desde 38,39 cm (malla de 100 mm) hasta 43,56 cm (malla de 140 mm), lo mismo ocurrió con  $I_{75\%}$ , el cual aumentó desde 42,08 cm hasta 48,22 cm. El rango de selección ( $RS$ ) presentó una tendencia al aumento, lo cual indica que a medida que se aumenta el tamaño de malla la selección a la talla se hace menos de la forma "filo cuchillo".

Se apreció que para los tres tamaños de malla más pequeños, las longitudes de retención son mayores en hembras, lo cual significa que para un mismo tamaño de malla los machos se seleccionan a tallas más pequeñas que las hembras. Adicionalmente, para la mayoría de los tamaños de malla evaluados, se observó que el  $RS$  de machos es levemente superior al de hembras, lo cual implica que las hembras presentan un esquema de selección más cercano a la forma "filo cuchillo".

Finalmente, se logró la determinación de las Curvas Maestras de selección para machos, hembras y ambos sexos, con las cuales fue posible reconstruir el esquema selectivo de estos sexos para cualquier tamaño de luz de malla comprendido entre 100 mm y 140 mm. En base a esto y junto con la talla crítica del recurso se determinó que el tamaño de luz de malla óptimo en los copos de las redes de arrastre debiera incrementarse a 120 mm.

## 2. INTRODUCCION

Desde la década de los años 40, la merluza común (*Merluccius gayi gayi*) es el principal recurso demersal de la zona centro sur de Chile. Los desembarques anuales aumentaron desde menos de 20 mil ton, entre los años 1940 y 1946, hasta alrededor de 90 mil ton, entre los años 1961 y 1967; el máximo desembarque ocurrió en el año 1968, con 128 mil ton, declinando luego de manera progresiva hasta el año 1976, estabilizándose en alrededor de 38 mil toneladas anuales hasta el año 1987. Posteriormente, los desembarques se han incrementado, alcanzando 63 mil ton en el año 1991, por ejemplo, y 80 mil en el año 1995. Para el presente año, la cuota global de captura alcanza a 96 mil ton, correspondiendo 78 mil al sector industrial. La medida reguladora que rige la actividad extractiva es la fijación en 100 milímetros de tamaño de malla en el copo para las redes de arrastre de fondo y de arrastre pelágico que se realicen entre los paralelos 19°00' S y 43°00' S (D.S. N° 238, de 24.08.82, del MINECOM). En particular, y de acuerdo a la normativa vigente (Ley General de Pesca y Acuicultura N° 18.892 y sus reglamentos), al recurso merluza común se le ha categorizado en situación de explotación plena.

El conocimiento de la selectividad a la talla específica de un arte de pesca es vital para el apropiado manejo de una pesquería (Millar, 1991). Cuando se dispone de información acerca de crecimiento, madurez y fecundidad de las especies pesqueras, es posible aplicar modelos de producción para determinar la estrategia que optimiza los rendimientos de una pesquería (Gulland, 1983). Esta estrategia incluye la especificación de la intensidad de pesca y la talla a la cual los peces son susceptibles de ser capturados mediante el arte de pesca utilizado. Entonces, es esencial conocer a qué talla el pez es seleccionado por diferentes tipos y tamaños de artes de pesca. Este conocimiento de la curva de selección a la talla también provee utilidad en la determinación de la distribución de tallas de la población, la cual debe ser inferida de la distribución de tallas de la captura.

El concepto de selectividad esta muy relacionado con los de vulnerabilidad y capturabilidad, no obstante disponer cada uno de ellos de una definición particular y un alcance específico. Los estimados de capturabilidad permitirán, entre otras cosas, validar los procedimientos analíticos de evaluación y proporcionar mayores antecedentes para evaluaciones directas.

En este contexto, el Instituto de Investigación Pesquera (IIP) llevó a cabo dos tipos de experiencias orientadas a determinar el esquema selectivo de los copos de redes de arrastre, en la pesquería industrial de merluza común. Se contempló la evaluación de cuatro tamaños de malla, incluyendo el comúnmente utilizado por la flota (100 mm). Al tiempo que se utilizaron técnicas de ajuste estadísticamente robustas (Millar, 1991 y 1992; Millar y Walsh, 1992). Finalmente, se confeccionó la Curva Maestra de selectividad (Tokai y Kitahara, 1989) con la cual es posible estimar la selectividad para cualquier tamaño de malla entre 100 mm y 140 mm.

Por otro lado el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) asumió la tarea de desarrollo del objetivo específico orientado a determinar el coeficiente de capturabilidad para las redes de arrastre actualmente usadas por la flota industrial, mediante los métodos propuestos por Dickson (1993a,b) y Rozenshtein (*vide* Fridman, 1973).

Todos los esfuerzos que se realizaron orientados al estudio de estas temáticas aportarán aportar información relevante y oportuna para evaluar el impacto de la actual administración de esta pesquería.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Capturabilidad

Un aspecto esencial en el manejo de las pesquerías comerciales, lo constituyen el monitoreo de los cambios en la abundancia del stock, que a partir de datos dependientes (estadísticas de pesca) ó independientes (cruceos de prospección) de la pesquería, se orientan a describir su estado actual y pronosticar tendencias en su abundancia y composición.

Sin embargo, cualquiera sean los datos utilizados, la asunción básica, es que la captura ( $C$ ) y la abundancia absoluta ( $N$ ) están relacionadas mediante la ecuación:

$$C=q*f*N$$

Donde  $f$  es una medida del esfuerzo de pesca y  $q$  el coeficiente de capturabilidad.

Paloheimo y Dickie (1964), señalan que la captura de peces por unidad de operación del arte de pesca ( $C/f$ ), puede ser considerada como la fracción ( $c$ ) de los peces inicialmente presentes en el área barrida por el arte de pesca. Es decir

$$C/f=c*S$$

Donde " $c$ ", corresponde a la probabilidad de que un pez presente en el área barrida por la red sea capturado.

Gulland (1969), define el poder de pesca de un arte ( $q$ ), como el producto de la eficiencia del arte ( $C/B$ ) y su área barrida ( $a$ ) en cada unidad de esfuerzo, según la relación:

$$Q=a*(C/B)$$

Donde  $C$  es la captura obtenida en cada unidad de esfuerzo y  $B$  es el número o biomasa de peces presentes en el área barrida por la red en la misma unidad de esfuerzo. Luego, como  $B/a$  es la densidad ( $D$ ) del recurso en el área barrida ( $a$ ), el poder de pesca se puede expresar como:

$$Q=C/D$$

Debido a la dificultad de estimar la densidad real ( $D$ ), el poder de pesca se estima mediante un índice de la densidad ( $d$ ) del recurso en el área de pesca, como es la captura por unidad de esfuerzo ( $C/f$ ) según la ecuación de captura:

$$D=(C/f)=q*d$$
$$Q=d/D$$

Sin embargo, la dificultad de observar los peces bajo condiciones naturales, genera dudas en la credibilidad de los métodos indirectos utilizados en la estimación de densidades de peces. Parrish *et al.* (1964), señalan a las variaciones del coeficiente de capturabilidad, como la principal dificultad en el uso de métodos de evaluación de stocks.

Parrish *et al.* (1964) y Godo y Walsh (1992), señalan que entre los factores que pueden determinar cambios en el coeficiente de capturabilidad " $q$ ", se cuentan:

- a) La distribución vertical y horizontal del pez en relación al arte de pesca (comportamiento natural)
- b) Comportamiento del pez en las cercanías del arte de pesca (comportamiento afectado por el arte de pesca)
- c) Las propiedades selectivas del arte de pesca

El proceso de captura se verifica en tres zonas: a) área de los portalones, b) área entre los portalones y la red y c) en el interior de la red (Johannesson y Mitson, 1983, Godo y Ona, 1990, Engás y Godo, 1989b), y la captura dependerá entonces del comportamiento y relación de los peces en cada una de estas áreas.

Rozenshtein (*vide* Fridman, 1973), postula que la captura de un arte de pesca depende de: la densidad del recurso presente en el área de pesca; el área de la boca de la red; un coeficiente de eficiencia de la red expresado como la razón del número de peces capturados al número de peces en el área de influencia de la red, velocidad y tiempo de arrastre.

Dickson (1993a), define al coeficiente de capturabilidad como la proporción de los peces que se encuentran dentro del área barrida por la red y que son capturados. A partir de esto, desarrolla un modelo para la estimación de la efectividad de captura de una red de arrastre utilizada en la evaluación directa de recursos (bottom trawl surveys), basado en el concepto de captura/encuentros, en analogía al concepto de output/input, como medida de la efectividad. En este modelo, los encuentros (input) corresponden al número de peces que se ubican dentro del área de influencia del arte, considerada como la distancia entre portalones y la altura de la relinga. La captura (output), proviene del número de encuentros por un coeficiente de eficiencia total del arte (capturas/encuentros).

## 3.2. Selectividad

### 3.2.1. De la estimación del patrón de selección a la talla

La estimación de las propiedades de selección de los artes de pesca comerciales, es de gran importancia para la evaluación de un stock o recurso pesquero, así como para su adecuada administración. El conocimiento de la selectividad a la talla de los artes de pesca que operan sobre un recurso específico, permite al evaluador conocer, mediante la aplicación de un modelo específico, cuál es la vulnerabilidad (selectividad), ya sea por edades o tallas, a que está siendo sometida la población objeto de explotación pesquera, y si los artes de pesca son efectivamente selectivos.

En la práctica, la selección de los peces se determina en términos de su talla antes que de su edad, ya que el perímetro corporal máximo del pez es función de la longitud, siendo ésta entonces la que determina la posibilidad de escape del recurso a través de las mallas del arte de pesca o por medio de la natación delante del arte.

Al graficar la selectividad de un arte de arrastre contra la talla del recurso, se obtiene una curva de selección de tipo sigmoideo, la que puede ser simétrica o asimétrica. Tradicionalmente, estas curvas se representan mediante los parámetros que las describen en una forma resumida, como son la longitud de retención al 50% ( $L_{50\%}$ ) y el rango de selección ( $RS$ ), que es la diferencia entre la longitud de retención al 75% y al 25% ( $L_{75\%} - L_{25\%}$ ). Otro parámetro comúnmente empleado, es el factor de selección ( $FS$ ) que corresponde a la longitud de retención al 50% dividida por el tamaño de malla.

Al disponer de este tipo de información, conjuntamente con información relativa a la talla de madurez sexual de la especie objetivo, es posible definir o acotar medidas de administración del recurso de carácter técnico, tales como un tamaño de malla óptimo o una talla de captura mínima, orientadas principalmente a proteger y a que no se vulneren aquellas tallas juveniles del recurso que son inferiores a la talla de madurez sexual.

Esto último, es de gran relevancia, ya que cualquier mortalidad por pesca que opere sobre los juveniles que no han alcanzado la talla de madurez sexual, posee un efecto compuesto sobre el recurso produciendo un impacto bastante severo en sus niveles poblacionales. Sin embargo, si la misma mortalidad por pesca se aplicará después que los juveniles hallan madurado y se les halla permitido la oportunidad de desovar varias veces, se reduce considerablemente la probabilidad de que el stock alcance bajos niveles poblacionales (Shepherd, 1992), permitiendo de este modo que la explotación del mismo sea sustentable y perdurable en el tiempo.

### 3.2.2. Selectividad en el recurso merluza común

Los primeros estudios de selectividad en nuestro país, fueron sobre el recurso pesquero denominado merluza común (*Merluccius gayi gayi*). Estos estudios se remontan a la década de 1960, entre octubre de 1965 y septiembre de 1966, período en el cual el Instituto de Fomento Pesquero efectuó una serie de experiencias al respecto, empleando para ello el método de los lances alternados y ajustando la curva de selectividad en forma manual, los que fueron resumidos y publicados por Saetersdal y Villegas (1968).

De esa misma década, son los estudios efectuados por la Universidad Católica de Valparaíso, la que realizó dos cruceros entre octubre de 1967 y febrero de 1968, para evaluar en la zona de Valparaíso la selectividad de los artes de arrastre. En esa oportunidad, se utilizaron los métodos de copo cubierto y de lances alternados, ajustándose la data de selectividad en forma manual y, mediante la linearización de una función paramétrica simétrica, la función logística (Arana, 1970). En estos estudios, no se realizó una diferenciación por sexos para evaluar la selectividad.

Klenner (1978), reabre los estudios en este campo al realizar un análisis de la selectividad en merluza común, diferenciando las curvas por sexo y empleando mallas de 60, 80 y 110 mm en un arte de arrastre de la zona central. El ajuste de la curva de selección lo efectuó en forma manual a través del empleo de la curva paramétrica simétrica del tipo logística, linearizada por la transformación probita.

Posteriormente, Pavez (1981) en el marco de los proyectos de Diagnóstico de las Pesquerías en Chile, efectuó un análisis de la selectividad por sexo sobre el recurso merluza, empleando el método del copo cubierto y tamaños de malla en el copo de 80, 100 y 120 mm. El ajuste de las curvas de selección, fue hecho considerando la función Probita. El arte de pesca empleado en esa oportunidad, correspondía a una red de 6 paneles de diseño japonés, arte que no es utilizado tradicionalmente por los agentes extractores que operan sobre el recurso actualmente.

Desde 1981 a la fecha, no se ha efectuado ningún otro estudio experimental de selectividad que haya sido publicado sobre el recurso merluza común en nuestro país.

### 3.2.3. Técnicas y modelos para evaluar la selectividad

Las técnicas experimentales que históricamente se han usado para evaluar la selectividad de los artes de pesca de arrastre, son los siguientes:

- 1) Arrastre Pantalón (Trouser Trawl)
- 2) Arrastre Dividido (Split Trawl)
- 3) Arrastre Paralelo (Twin Trawl)
- 4) Lances alternados (Alternate Haul)
- 5) Lances con cubrecopo (Codend Haul)
- 6) Variantes de 5)

Tradicionalmente, en nuestro país, los estudios de selectividad han sido efectuados por las técnicas 4) y 5) lo que coincide con el nivel de uso a escala mundial.

Para los efectos del presente estudio, se realizó una revisión crítica de las técnicas y se resolvió no se considerar la alternativa 4), por ser de un costo unitario mayor y por la imposibilidad práctica de lograr un comportamiento operacional similar durante la operación de pesca. La alternativa 5) ha sido cuestionada y es motivo de controversia debido a los problemas prácticos producidos por el sistema de copo cubierto, como el efecto de enmascaramiento (Cadigan y Millar, 1992), lo que en algunos casos obliga a manipular la data básica. Esto ha llevado a muchos investigadores a desecharlo y a emplear el método del arrastre pantalón, o variantes de éste como (2) y (3), para realizar estudios de selectividad (Millar, 1992). No obstante, la técnica de arrastre de pantalón considera modificaciones en la dimensión de los copos utilizados, lo que pudiera incidir en el escape de los peces, al disponer éstos de menor cantidad de mallas por las cuales escapar. Una variante del método de cubre-copo (alternativa 6), propuesta por Davies (1934) ha cobrado reciente interés y gracias a los nuevos materiales disponibles ha sido aplicada con buenos resultados y se ha logrado evitar el efecto de enmascaramiento (Willeman *et al.*, 1996).

En lo que se refiere a los modelos matemáticos empleados para representar o ajustar las curvas de vulnerabilidad por tallas de un recurso capturado con redes de arrastre (Selectividad), se han utilizado los siguientes:

a) Modelos Paramétricos

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| - Método Probita                          | (McCullagh y Nelder, 1989)    |
| - Método Logita                           | (Hosmer y Lemeshow, 1989)     |
| - Método Logita modificado                | (Fryer, 1991)                 |
| - Método SELECT                           | (Millar, 1992)                |
| - Método Curva maestra                    | (Tokai y Kitahara, 1989)      |
| - Función Logística-exponencial           | (Thompson, 1994)              |
| - Función Logística doble                 | (Methot, 1990)                |
| - Función Logística Suavizada y corregida | (Simpson, 1989)               |
| - Función de Richards                     | (Skalski y Pérez-Comas, 1993) |
| - Función de Gompertz                     | (Pope <i>et al.</i> , 1975)   |

b) No-Paramétrico:

- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| - Regresión ISOTONICA | (Millar, 1993)                |
| - Modelo MVNP         | (Skalski y Pérez-Comas, 1993) |

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Coeficiente de capturabilidad

#### 4.1.1. Marco de referencia

Las Bases Técnicas del proyecto, requerían estimar la efectividad de las redes de arrastre de fondo utilizadas en la pesquería de merluza común, obteniendo como resultado esperado el "coeficiente de capturabilidad en la operación con redes de arrastre de fondo utilizadas actualmente en la pesca comercial dirigida a merluza común".

En la propuesta técnica, se consideró estimar la efectividad de una red de arrastre de fondo, mediante los métodos desarrollados por Rozenshtein (*vide* Fridman, 1973) y Dickson (1993a). Métodos que se basan en la ecuación general de captura, considerando que la captura depende de la densidad del recurso y la efectividad del sistema de pesca empleado.

##### a) Modelo de Dickson (1993a)

En el desarrollo de su modelo teórico Dickson, (1993a), plantea que previo a la llegada de un buque ó arte de pesca, existe una densidad de peces ( $N_a$ ) que llama no perturbada, la cual está en la ruta del buque y arte de pesca. Esta densidad, se encuentra en la columna de agua y por el hecho de no haber sido sometida a ningún estímulo externo, la califica con un coeficiente de distribución vertical  $K_v$  y horizontal  $K_h$  igual a 1.

Sin embargo, la aproximación del sistema buque-arte, puede producir cambios en la distribución vertical del recurso a niveles de  $K_{v2}$ , que nuevamente podría variar una vez que los peces se localizan a la línea de avance de los portalones, a un nivel de distribución vertical  $K_{v3}$ , siendo este último valor necesario para estimar la densidad verdadera, que se localiza dentro del área barrida por los portalones y que pueden ser considerados como arribos, pero sólo la proporción que se localizan dentro del nivel de altura de la relinga de la red, pueden ser considerados como encuentros, es decir, están disponibles a la red.

De igual modo, analiza la distribución horizontal del recurso ante la llegada del buque y previo a la aproximación de los portalones, utilizando un coeficiente de distribución horizontal ( $K_h$ ) que pondera el efecto de reacción lateral de los peces, en relación con la situación de no perturbado.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, el número de arribos ó peces que se localizan dentro del área barrida por los portalones, se estima como:

$$\text{Arribos} = Y_b * V * t * N_a * kh_3$$

donde  $Y_b$  es la distancia entre portalones,  $V$  la velocidad de arrastre,  $t$  duración del lance,  $N_a$  la densidad de peces en el área en condición no perturbada y  $kh_3$ , coeficiente de distribución horizontal, en el frente de avance de los portalones.

El número de encuentros ó peces localizados dentro de la línea de avance de los portalones y dentro del nivel de altura de la relinga se estima como:

$$\text{Encuentros} = Y_b * V * t * N_a * kh_3 * K_{v3}$$

donde  $K_{v3}$ , es la proporción de la distribución vertical de los peces que se encuentran dentro del área de alcance de la relinga.

La captura, se estima como el producto entre el número de encuentros y la eficiencia del arte ( $k$ ), según la expresión:

$$Captura = Y_b * V * t * N_a * Kh_3 * K_{v3} * k$$

donde  $k$  se estima como la razón entre la captura y el número de encuentros.

La efectividad o coeficiente de capturabilidad del arte de pesca, se efectúa a partir de la ecuación de captura ( $C$ ):

$$C = q * f * N_a = Y_b * V * t * N_a * Kh_3 * K_{v3} * k$$

Así, el coeficiente de efectividad del arte se estima como:

$$q_a = Y_b * t * V * k h_3 * K_{v3} * k \dots (m^2 * s^{-1})$$

De acuerdo a la ecuación resultante, los elementos a determinar para estimar el coeficiente de capturabilidad del arte, corresponde a  $kh_3$ ,  $K_{v3}$  y  $k$ .

En la estimación de los coeficientes  $kh_3$ ,  $K_{v3}$  y  $k$ , se debe considerar que el método propuesto por Dickson (1993a), está dirigida a estimar la eficiencia de redes utilizadas en evaluaciones de recursos, las cuales por el objetivo de su uso son selectivas.

Además, los datos utilizados para la propuesta y prueba del modelo, provienen de experimentos realizados con redes no selectivas, para evitar el escape de peces en el sector frontal, y en tal escenario, la eficiencia del arte " $k$ " puede ser estimado, asumiendo que el escape en el sector anterior de la red, se comporta de igual manera que en el copo, como:

$$k = \text{capturas/encuentros} = \text{capturas}/(\text{capturas} + \text{escape}).$$

El presente estudio por su parte, está orientado a estimar la eficiencia de redes comerciales, las cuales por disposiciones legales, deben presentar características altamente selectivas orientadas a proteger la fracción juvenil del stock.

Es sabido que en las redes de arrastre, el escape de los peces se produce principalmente en el sector anterior de la red (alas, cielo y bellyes), siendo difícil sostener que el escape que se pueda estimar en el copo mediante el uso de una cubierta, pueda ser aplicado a los sectores anteriores de la red, dificultando la aplicación directa del método propuesto por Dickson (1993a), el cual estima las densidades presentes en el sector anterior a la red, a partir de las capturas obtenidas en el copo, constituyendo una limitante en este tipo de estudio, efectuados en redes de uso comercial.

En razón a lo antes expuesto, en el presente estudio se propone estimar el coeficiente de capturabilidad de las redes de arrastre, a partir de las densidades estimadas con un sistema de ecointegración Simrad EK500.

Para la utilización del sistema de ecointegración, se debe asumir que el paso del buque, no altera la distribución horizontal ni vertical del recurso, y por lo tanto la densidad estimada mediante el ecointegrador, representa una condición de no perturbada ( $N_a$ ) y que la eficiencia del sistema de pesca, está representado por la razón entre la captura por unidad de área y la densidad no perturbada.

Al respecto, estudios realizados por Ona y Godo (1990), muestran que las mayores reacciones de escape lateral de los peces ante la aproximación de un buque, se producen principalmente en profundidades menores a 100 metros, son débiles e irregulares entre 100 y 200 metros e insignificantes a profundidades superiores a 200 metros, siendo factible asumir entonces un valor de  $kh_3$  igual a 1, a las profundidades de pesca tradicionales de la flota industrial de potencia superior a 1200 HP, que se localizan entorno a los 200 metros.

Luego, la eficiencia total del arte ( $K'=Kv_3*k$ ) y el coeficiente de efectividad " $q_a$ " se estiman mediante las expresiones:

$$K' = Kv_3 * k = \text{Captura} / (Y_b * t * V * N_a)$$

$$q_a = Y_b * V * K' \quad (m^2 * s^{-1})$$

### b) Modelo Rozenshtein (Fide Fridman, 1973)

Este modelo plantea al igual que el propuesto por Dickson (1993a), que la captura ( $Q$ ), depende de la densidad del recurso en el área de pesca ( $c, = N_a$ ), de un coeficiente de la eficiencia absoluta de pesca del arte ( $\varphi=k$ ) del área de la boca de la red ( $F$ ), la velocidad de arrastre ( $V$ ) y el esfuerzo o tiempo de arrastre ( $f$ ), de acuerdo a la expresión, diferenciándose ambos modelos en el punto de referencia para medir la efectividad del arte, el frente de avance de los portalones uno, y el área frontal de la red en el otro :

$$Q = c_1 * \varphi * F * V * f$$

donde el coeficiente de eficiencia se estima como la razón entre la captura y el número de peces en el área o volumen muestreado por la red.

Nuevamente la captura  $Q$  y la densidad ( $c_1$ ) presente en el área de pesca previo a la operación del arte de pesca, puede ser expresada en términos de unidades de eointegración de la captura  $S_a(c)$  y densidad no perturbada  $S_a(N_a)$ , En consecuencia siguiendo un procedimiento similar al aplicado para utilizar el modelo de Dickson (1993a), el coeficiente de capturabilidad del arte de pesca se estima como:

$$S_a(c) = S_a(N_a) * \varphi * F * V * f$$

$$q = \varphi * F * V \quad (m^3 * s^{-1})$$

### 4.1.2. Embarcaciones, área y período del estudio

Durante el estudio se obtuvieron datos en tres embarcaciones, los pesqueros de altamar "Biomar 3", "Pelagos 2" y el buque de investigación pesquera "Abate Molina".

El área de estudio correspondió a la zona de la plataforma continental entre las latitudes 35°S y 37°S, en un rango de profundidad que fluctuó entre 70 y 270 metros.

Los períodos de obtención de los datos correspondieron a las siguientes fechas del año 1999: 18-28 de marzo (PAM Biomar III), 26 de abril –11 de mayo (PAM Pelagos II) y 1-8 de agosto (B/I Abate Molina).

### 4.1.3. Artes de pesca

Durante el estudio se utilizaron diferentes artes de pesca. En el PAM Biomar III se utilizó una red de arrastre merluquera, armada con un copo tipo pantalón con tamaños de malla de 60 y 120 mm para las experiencias de selectividad, y con copo normal para la captura comercial de merluza común. En el PAM Pelagos II, se utilizó con tamaño de malla en el copo de 120 mm y en el B/I Abate Molina una red de arrastre de diseño japonés de cuatro paneles con tamaño de malla de 50 mm.

### 4.1.4. Sistema de ecointegración

Para la obtención de los datos acústicos, se utilizó un sistema de ecointegración marca Simrad, modelo EK500P en los PAM Pelagos II y Biomar III y EK500 en el B/I "Abate Molina". En las tres embarcaciones el ecointegrador fue conectado a transductores de 38 KHz, con un ángulo de haz de 7,1° y 1 ms de longitud de pulso.

Previo al inicio de cada crucero, los sistemas fueron calibrados de acuerdo a la metodología estándar establecida por el fabricante (Simrad, 1991), que consiste en medir las diferencias en las señales de intensidad de blanco ( $TS$ ) y ecointegración ( $S_v$ ) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) de fuerza de blanco conocida, obteniéndose los siguientes valores (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de calibración de los sistemas de calibración. Longitud de pulso 1 ms.

Buque	Lugar	Ganancia	
		Ganancia $TS$ (dB)	Ganancia $S_v$ (dB)
PAM Biomar III	Ba Concepción	27,0	27,0
PAM Pelagos II	Ba Concepción	24,0	23,8
B/I Abate Molina	Ba Valparaíso	27,7	27,6

### 4.1.5. Diseño del muestreo

El despliegue de los lances de pesca, se realizó en sectores donde se detectó la presencia de merluza común en los caladeros tradicionales presentes en la zona.

La unidad muestral utilizada fue el lance de pesca. La información básica obtenida fueron el peso (kg), número de individuos de merluza común y niveles de ecointegración ( $S_a$ ) obtenidos durante el lance en los diez metros mas cercanos al fondo, discretizadas en distancias de 0,2 millas náuticas.

### 4.1.6. Comportamiento de los sistemas de pesca

El comportamiento de las redes de arrastre (altura y abertura), se midió mediante el uso de equipos acústicos de monitoreos de red (Scanmar, Wesmar y Simrad), mientras que la velocidad promedio se estimó a partir del sistema de posicionamiento global (GPS) en el período de duración del lance.

En el B/I Abate Molina se midieron la abertura de punta de alas y portalones, mientras que en el PAM Pelagos II se midió el desarrollo el desarrollo horizontal en el inicio del cielo, estimándose la abertura en la punta de alas y portalones de manera análoga al utilizado por Koyama (1974) para el cálculo de la abertura de portalones.

#### 4.1.7. Procesamiento de la información

Los datos de eointegración fueron corregidos por el efecto de zona muerta en el canal mas cercano al fondo mediante la expresión (Aglen, 1996).

$$h = 0,25 * c' * \tau + 0,004 * d$$

siendo  $d$  es la profundidad del fondo y  $c'$  la velocidad del sonido en el agua y  $\tau$  la duración del pulso acústico.

El valor corregido de eointegración ( $S_a$ ) en el canal mas cercano al fondo, se obtuvo entonces mediante el producto de  $h * S_a(I)$ .

De acuerdo a Aglen (1996), la captura de un lance de pesca puede ser expresada en términos de unidades de eointegración como:

$$S_a(c) = \Sigma(c_{sl} * \sigma_{sl}) / (d * Y_b)$$

Donde  $c_{sl}$  representa la captura en número de merluza común de la talla  $l$ ,  $\sigma_{sl}$  la sección dispersante estimada como  $4\pi * 10^{((20 * \log(l) - 68,1) / 10)}$ ,  $d$  la distancia recorrida durante el lance de pesca e  $y_b$  la abertura horizontal, de los portales en el método de Dickson y de punta de alas en el método de Rozenshtein.

La densidad no perturbada ( $S_a(N_a)$ ), corresponde a la densidad acústica, detectada bajo el casco del buque, en los primeros diez metros mas cercanos al fondo.

La eficiencia total del arte se estima mediante la expresión:

$$K' = k_{v3} * k = \frac{c}{y_b * t * V} * \frac{1}{N_a}$$

La expresión anterior puede ser también expresada en términos de los datos obtenidos mediante la eointegración como:

$$K' = k_{v3} * k = \frac{S_a(c)}{S_a(N_a)}$$

El coeficiente de efectividad " $q_a$ " se estima como:

$$q_a = y_b * V * K' \quad (m^2 * s^{-1})$$

En el caso del método de Rozenshtein, las expresiones también pueden ser expresadas como:

$$S_a(c) = S_a(N_a) * \varphi * F * V * f$$

$$q_a = K' * F * V \quad (m^3 * s^{-1})$$

#### 4.1.8. Muestreo de las capturas

En cada lance de pesca, se realizó un muestreo de la estructura de talla de las capturas. Se efectuó además una estimación de la captura, considerando el número de cajas del lance por su peso promedio.

## **4.2. Análisis de selectividad**

### **4.2.1. Embarcación, área y período de estudio**

La embarcación utilizada en este estudio correspondió al PAM de fabricación noruega denominado "Biomar III", el cual es un buque arrastrero por popa perteneciente a la empresa pesquera Bío Bío S.A. Las características generales de esta embarcación son: *Eslora* 41,71 m; *Manga* 9,5 m; *Puntal* 4,35 m; *Potencia* 1.900 Hp; *TRG* 623 ton; *TRN* 187 ton; y, *Capacidad de bodega* 360 m<sup>3</sup>.

El área de estudio correspondió a aquellas zonas donde habitualmente la flota arrastrera industrial realiza faenas de pesca comercial. En este sentido, se contempló la realización de lances a profundidades entre 65 y 295 m, en fondos que no presentaran riesgos para el arte de pesca utilizado.

La realización del presente estudio se llevó a cabo en dos períodos; el primero entre el 12 y 20 de marzo de 1999, en el cual se realizaron lances experimentales con la técnica de arrastre de pantalón. El segundo período estuvo comprendido entre el 17 de marzo y 02 de abril de 2000, y en esa oportunidad se realizaron los lances experimentales con la técnica de cubre-copo modificado

### **4.2.2. Características de los artes de pesca utilizados**

El desarrollo del sector pesquero nacional, en la última década, ha experimentado un cualitativo crecimiento en sus distintos subsectores productivos. En efecto, en el caso particular de la pesquería de merluza común, se ha visto particularmente un crecimiento cualitativo, que dice relación con la incorporación de nuevos equipos de navegación, comunicación y detección (Max-Sea, tensiómetros de cable de cala, ojos de red, etc.), aumentando con ello la eficiencia y efectividad de los artes de pesca, al mismo tiempo que se han incorporado, particularmente en los últimos 2 años, nuevos diseños de redes de pesca y portalones.

La principal componente de la flota merlucera industrial posee puerto base en la VIII Región y esta compuesta por 21 embarcaciones, de las cuales la mayoría son arrastreros por popa. El arte de pesca característico de estas embarcaciones es la red de arrastre de fondo tipo "Engel" de dos paneles. No obstante, últimamente se han incorporado nuevos diseños tales como la red "Alberto 160" y la "Barra" las que poseen mayor altura de boca de red y son de 4 paneles. Adicionalmente, modificaciones a los portalones y/o aparejos de pesca permiten una mayor maniobrabilidad del arte de pesca, haciendo más efectiva su operación. Estos nuevos diseños no son los más frecuentes y se usan como redes ambivalentes para la pesca de merluza/besugo, merluza/pejegallo u otras combinaciones.

Que el diseño de los artes de pesca utilizados por las empresas de la zona históricamente haya correspondido a la red tipo "Engel" se debe básicamente a los siguientes factores: (i) las embarcaciones poseen características similares lo que les permite rotar un mismo arte de pesca, (ii) al ser las redes de un mismo diseño, el manejo, reparación y construcción de las redes se facilita, (iii) el modelo "Engel" se vende prácticamente armado, lo que asegura un buen funcionamiento del mismo, y (iv) este diseño se ha posicionado satisfactoriamente en el mercado local.

Siendo la red "Engel" la más utilizada por la flota, se optó por utilizar este arte en las experiencias de selectividad, y en base a esta red se diseñó el cubre copo y los copos experimentales. Esta red esta construida básicamente de 2 paneles (el superior y el inferior), los cuales presentan algunas diferencias en sus dimensiones y diseños, debido fundamentalmente a la función que cumple cada panel durante la faena de pesca (Figura 1).

El panel superior, de la red utilizada en esta experiencia, posee una relinga de cable tipo Hércules de 53 m de longitud y 27 mm de diámetro, en la cual se encabalgan mediante un cabo los flotadores de 8" de diámetro. La punta de ala posee un tamaño de malla de 200 mm y un corte interior AB, al cual continua a través de las alas hasta el primer cielo. Adicionalmente, para suavizar la entrada de las alas al cielo, la red posee una "cuchilla" (pedazo de tela triangular) de 20 mallas de ancho. Todas estas secciones junto con el segundo cielo poseen tamaño de malla de 200 mm y corte externo 1N:2B. El tercer cielo posee tamaño de malla de 160 mm y mantiene el corte y la titulación anterior que corresponde a un hilo de PE con diámetro 3 mm. El cuarto y último cielo acentúa el corte a 1N:4B, disminuye el tamaño de malla a 110 mm y aumenta el diámetro del hilo a 4 mm (Figura 1).

El panel inferior posee una longitud de borlón de 37 m, con discos de goma a lo largo de este. El borlón va unido en la sección central del panel inferior, en la parte de la boca, debido a que en los extremos se debe evitar la entrada de fango y basura indeseada. A diferencia del panel superior, el inferior posee tres secciones las que se denominan "bellys". El primer belly se corresponde con el segundo cielo, por lo tanto la parte superior de la boca de la red va más a proa que la parte inferior. La titulación de los cuerpos de este panel es levemente mayor que las del panel superior, ya que esta parte de la red está expuesta al roce con el fondo marino. La configuración de los cortes y tamaños de malla sigue el mismo esquema que en el panel superior. Finalmente, tanto el panel superior como el inferior poseen cabos de refuerzo de 22 mm de diámetro, que van desde la boca hasta el último cielo/belly y permiten repartir más homogéneamente las tensiones producidas, evitando la deformación y rotura de las mallas (Figura 1).

Previo al diseño y elaboración de los copos, se confeccionó una red prototipo. Se consideró que esto era necesario para identificar "en laboratorio" posibles problemas en el diseño del arte real. Una vez hecha esta evaluación, la cual resultó muy útil, ya que efectivamente se identificaron nuevos problemas, se logró el diseño definitivo de los copos.

#### **4.2.2.1. Diseño y confección copo tipo pantalón (trouser trawl)**

Los principales elementos de los copos se muestran en las Figura 2, a la vez que el plano técnico del cuerpo de la red se muestra en la Figura 1. Los tamaños de malla del túnel-copo<sup>1</sup> control fueron de 75 mm (en la parte más a proa de la red) y 65 mm (en la parte más a popa) correspondiendo estas medidas a luz de malla de 70 mm y 60 mm, respectivamente. En tanto que los tamaños de malla experimentales fueron de 110 mm, 143 mm y 154 mm, correspondiendo a una luz de malla de 100 mm, 130 mm y 140 mm, respectivamente. En lo que sigue de esta descripción se hará referencia a las medidas correspondientes a la luz de malla.

La longitud de todos los túneles confeccionados fue de 17,4 m. Para confeccionarlos primero se unió el panel superior e inferior mediante "atrinques" con hilo del mismo material. Luego, para estructurar dichos túneles se encabalgó la tela a la "lacha", con lo que se conformaron las lachas exteriores (Figura 2c) e interiores (Figura 2d). Las lachas interiores fueron unidas (Figura 2d) para darle más estabilidad al sistema, evitar que un túnel se montara sobre otro y se enrollaran, conformando lo que se conoce como un "puro". Adicionalmente, en los extremos de cada una de las lachas se confeccionó una gasa, la cual sirvió posteriormente para unir los túneles al cuerpo de la red y para atrincar el Hércules a los copos.

Terminada la labor descrita anteriormente, se procedió a confeccionar las orejas por las cuales debían pasar los estrobos (Figura 2b). Estas orejas se practicaron en la sección media de cada copo y en las lachas laterales. Ambos túneles (control y experimental) se estrobaron juntos, por lo que la longitud total de los estrobos fue de 9 m, cerrándose estos mediante dos argollas de acero galvanizado ubicadas en sus extremos.

---

<sup>1</sup> No existe una separación explícita entre el túnel y el copo. Usualmente toda esta sección de la red se denomina túnel, identificándose el copo o bolsa como la sección más a popa de la red y que está estrobada.

Finalmente, se reforzaron los extremos de los túneles mediante poner dos mallas con tela doble o lo que se conoce más comúnmente como 2 mallas en "selvedge". El copo fue terminado mediante la confección de las orejas del copo, por las cuales pasa el Hércules y la jareta.

La confección del panel separador vertical se realizó con tela jurelera, es decir PA 210/36 con tamaño de malla 2<sup>1/4</sup>" (malla estirada, nudo a nudo). En la parte de popa del panel se utilizó una tela de titulación mayor debido a que se observó que esa parte podía estar sometida a mayores esfuerzos. Se utilizó material de PA por ser una tela más pesada y no boyante, lo cual permite una mayor estabilidad del panel. La altura del panel en la parte de proa fue de 6 m, correspondiendo esto con la altura habitual de la boca de la red. La longitud total de la parte del panel separador adosado al panel inferior de la red tiene una longitud de 33,0 m, mientras que la parte adosada al panel superior de la red tiene una longitud de 35,5 m.

#### 4.2.2.2. Diseño y confección cubre copo

Como una segunda etapa de la experiencia de selectividad realizada en marzo-abril del presente año, se diseñó un cubre copo, utilizado en la experiencia de arrastre pantalón (Figura 1).

##### Copo control (cubierta)

El panel superior de la cubierta o cubre copo se confeccionó con hilo torcido sin nudo, con un diámetro de 8 mm, en fibra de polietileno, malla simple, con 215 mallas de ancho y tamaño de luz de malla de 60 y 70 mm respectivamente (Figura 3). El panel inferior se construyó en poliamida 6,6 torcido con nudo, de un ancho de 271 mallas simples, con diámetro del hilo 1,5 mm y luz de malla de 49 mm (Figura 3). Estos fueron encabalgados a la lacha de 18,9 m con 4 mallas en selvedge como refuerzo por lado. Terminada la labor descrita anteriormente se confeccionaron las orejas por las cuales pasan los estrobos o cinturones, Hércules y la jareta (Figura 4).

Adicionalmente en el panel superior del cubrecopo se instalaron cuatro cordones de 10 boyas (8" de diámetro), ubicadas en forma longitudinal en la región media del cubrecopo (Figura 4) y en el panel inferior se adicionaron dos juegos de cadenas en el mismo sentidos que las boyas.

##### Características de los copos experimentales.

Las longitud de los copos utilizados fue de 20 m, con características muy similares en su estructura, pero con distintos tamaños en luz de malla 100 mm, 110 mm, 130 mm y 140 mm (Tabla 2, Figura 3). Cada copo fue montado dentro del copo control, dejando una distancia de 3 m desde la jareta del copo experimental hasta el final del cubre copo, luego ambos fueron unidos al último belly de la red "Engel" utilizada como arte de pesca. Las dimensiones y estructura de estos, permitió realizar lances de pesca de tipo comercial.

Tabla 2. Características de los materiales utilizados para la confección de los distintos copos experimentales.

Luz de malla (mm)	Construcción del hilo	Diámetro del hilo (mm)	Material del hilo	Numero mallas de ancho	Tipo de malla	Selvedge
100	Trenzado c/ nudo	8	PE	100	Simple	4
110	Trenzado c/ nudo	8	PE	91	Simple	4
130	Torcido s/nudo	8	PE	78	Simple	4
140	Torcido s/nudo	8	PE	72	Simple	4



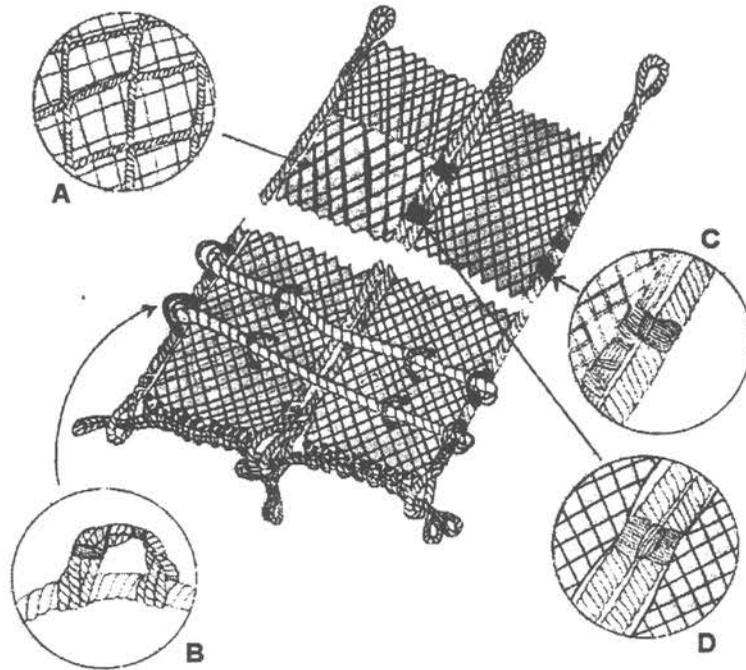


Figura 2. Detalles de algunos elementos del túnel-copo. (A) refuerzo o poncho utilizado en la sección del túnel; (B) Encabalgue a la lancha de la oreja que sujeta los estrobo; (C) unión de la lancha lateral al túnel-copo; y, (D) unión de las lanchas centrales a los túnel-copo.

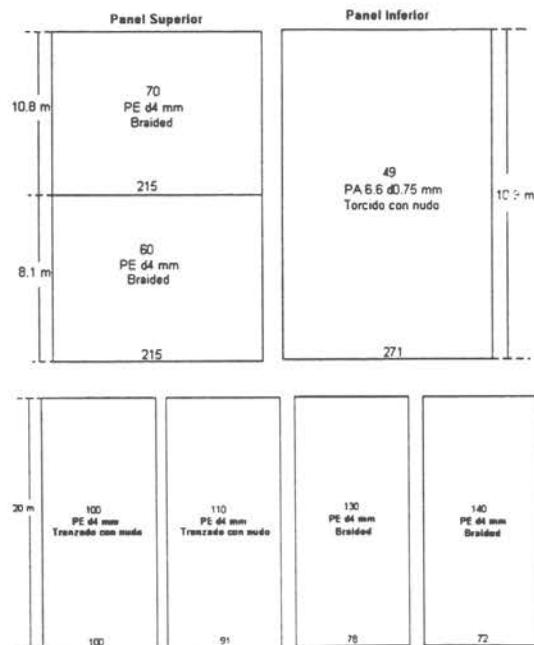


Figura 3. Plano técnico del cubre copo y copos experimentales

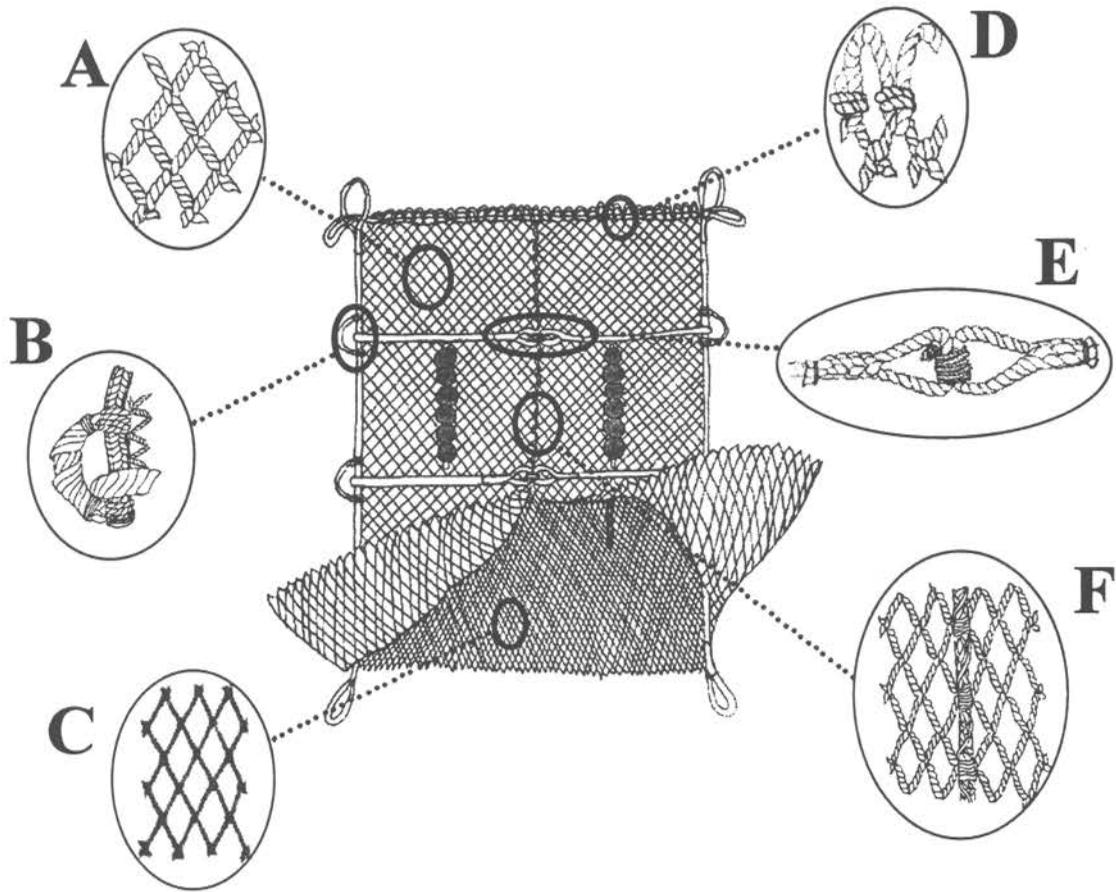


Figura 4. Detalles de algunos elementos del cubre-copo. (A) Malla de polietileno tipo braided utilizada en el panel superior; (B) Encabalgue a la lacha de la oreja por donde pasan los estrosos; (C) Malla de poliamida 6.6 utilizada en el panel inferior; y, (D) Unión de los refuerzos para la jareta; (E) Unión de los cinturones en el cubre copo; (F) Unión central (zipper) usada para poner los copos experimentales dentro del copo control.

### 4.2.3. Muestreo de las capturas

Tanto en el caso de los lances efectuados con arrastre de pantalón como los realizados con la técnica de cubre copo, el muestreo de las capturas siguió un procedimiento similar.

Una vez efectuado el lance, virada la red y dispuesta esta sobre la cubierta del barco, se procedió a estimar "al ojo" la cantidad de cajas de merluza capturada en el copo control y experimental, estos registros fueron anotados y contrastados con los informados por el bodeguero. Posteriormente, se procedió a soltar la garetta del copo control y vaciar esta captura al "parque de pesca" para ser procesada por la tripulación, si el capitán lo estimaba conveniente para los intereses de la empresa. Antes de iniciar el faenamiento de la captura, se tomó la muestra directamente de los casilleros de acopio de la captura ubicados en el "parque de pesca". Esta muestra fue primeramente sexada, para posteriormente registrar las longitudes totales de los individuos en la muestra.

Una vez que se terminó de procesar la captura del copo control, se procedió a soltar la garetta del copo experimental y vaciar su captura al parque de pesca. Esto se hizo con el propósito que las capturas de ambos copos no se mezclaran. Posteriormente se realizó el mismo proceso para el copo experimental.

Una vez finalizado el muestreo y el faenamiento de toda la captura lograda en el lance, se contabilizó el número de cajas totales del lance y se determinó el peso promedio de las cajas con merluza. El registro total del número de cajas en el lance fue fraccionado según la estimación efectuada inicialmente "al ojo", con lo cual fue posible estimar la captura (en peso) en el copo control y copo experimental.

Lamentablemente, no fue posible tomar similares tamaños de muestra en cada uno de los lances, ya que en algunos casos las capturas fueron muy escasas en el copo control. No obstante, y siguiendo lo planteado por Millar (1994), se intentó que el tamaño de muestra en el copo control fuera similar al del copo experimental, en número de ejemplares. Por otro lado, Millar (1994) recomienda que las muestras tomadas del copo experimental y copo control tengan una proporción en peso de entre 0,2 y 5. Lamentablemente, fue extremadamente dificultoso tener en cuenta esta última consideración, debido a que en algunos lances las capturas fueron considerables lo que hubiera significado un gran esfuerzo de muestreo en desmedro de la mayor réplica de lances.

### 4.2.4. Esquema general de análisis de la información

Dada la multiplicidad de variables a analizar (sexo de los ejemplares, 2; tamaños de malla, 3 o 4; técnica experimental, 2; y modelos a ajustar, 2), se consideró apropiado incorporar este capítulo, el cual está orientado a clarificar al lector la secuencia de análisis que se siguió en el tratamiento de la información generada.

La sola lectura de los resultados que se informan en el presente estudio puede inducir a pensar al lector que hubo análisis que no se efectuaron u omitieron. Es por esto, que resulta relevante tener en consideración la secuencia que más adelante se describe (Figura 5) y en la cual se proporcionan las justificaciones de cada uno de los pasos considerados en el análisis.

1º.- El primer paso en el análisis de la información consistió en ajustar las curvas de selección a los datos individuales de cada lance, sin considerar el sexo de los individuos. Estos ajustes contemplaron tanto el modelo de selección logita como el de Richards.

En este punto no se consideraron las distribuciones de frecuencias de tallas totales, sin hacer distinción del sexo de los individuos, pues el objetivo fue discriminar qué técnica experimental (arrastre de pantalón o lances con cubre-copo) resultó ser más adecuada y ofrecía resultados más razonables. Se entendió como "resultados razonables" a aquellos en que se observara claramente la forma sigmoidea de la función de retención a la talla.

Adicionalmente, se consideró como "razonable" un incremento de las longitudes de retención (por ejemplo  $L_{50\%}$ ) con el incremento del tamaño de malla. Finalmente, las curvas de retención generadas para un mismo tamaño de malla debieran ser aproximadamente paralelas entre sí y no presentar una variabilidad entre lances muy alta.

- 2°.- Una vez seleccionada la técnica experimental que se consideró más adecuada, todos los análisis continuaron siendo efectuados con los datos generados a partir de esta técnica. Como se verá más adelante, se consideró la técnica de lances con cubre-copo como la más adecuada.
- 3°.- Se procedió a discriminar, a partir de los ajustes efectuados a los datos sin considerar sexo, cuál era el modelo más adecuado (Logita o Richards), a través de dócima de hipótesis. La hipótesis nula planteada fue  $H_0: \delta=1$ , es decir el modelo de selección a la talla se ajusta a una función logita simétrica.
- 4°.- Habiendo ya descartado uno de los modelos de retención a la talla, todos los análisis posteriores se efectuaron con el modelo que resultó ser el estadísticamente más adecuado. Como se verá en Resultados, el modelo seleccionado fue el Logita.
- 5°.- Se procedió a eliminar algunos lances de pesca, ya que se consideraron como out-layers según el procedimiento de análisis descrito más adelante (ver Capítulo 4.2.5.2).
- 6°.- Para cada tamaño de malla, se integraron o agruparon las distribuciones de frecuencias de tallas de aquellos lances que resultaron ser seleccionados en el paso anterior. A las distribuciones de frecuencias de tallas resultantes se les ajustó el modelo de retención a la talla seleccionado anteriormente. Con esto fue posible obtener una única curva de retención a la talla, para cada tamaño de malla.
- 7°.- Este paso del análisis es semejante al anterior, la única diferencia fue que esta vez se consideró el sexo de los individuos, con lo cual fue posible obtener una curva de selección para machos y otra para hembras, para cada tamaño de malla considerado.
- 8°.- Finalmente, se aplicó el procedimiento de Tokai y Kitahara (1989) con los resultados obtenidos en los pasos 6° y 7°, lo cual permitió obtener la Curva Maestra de selección para machos, hembras y ambos sexos en conjunto.

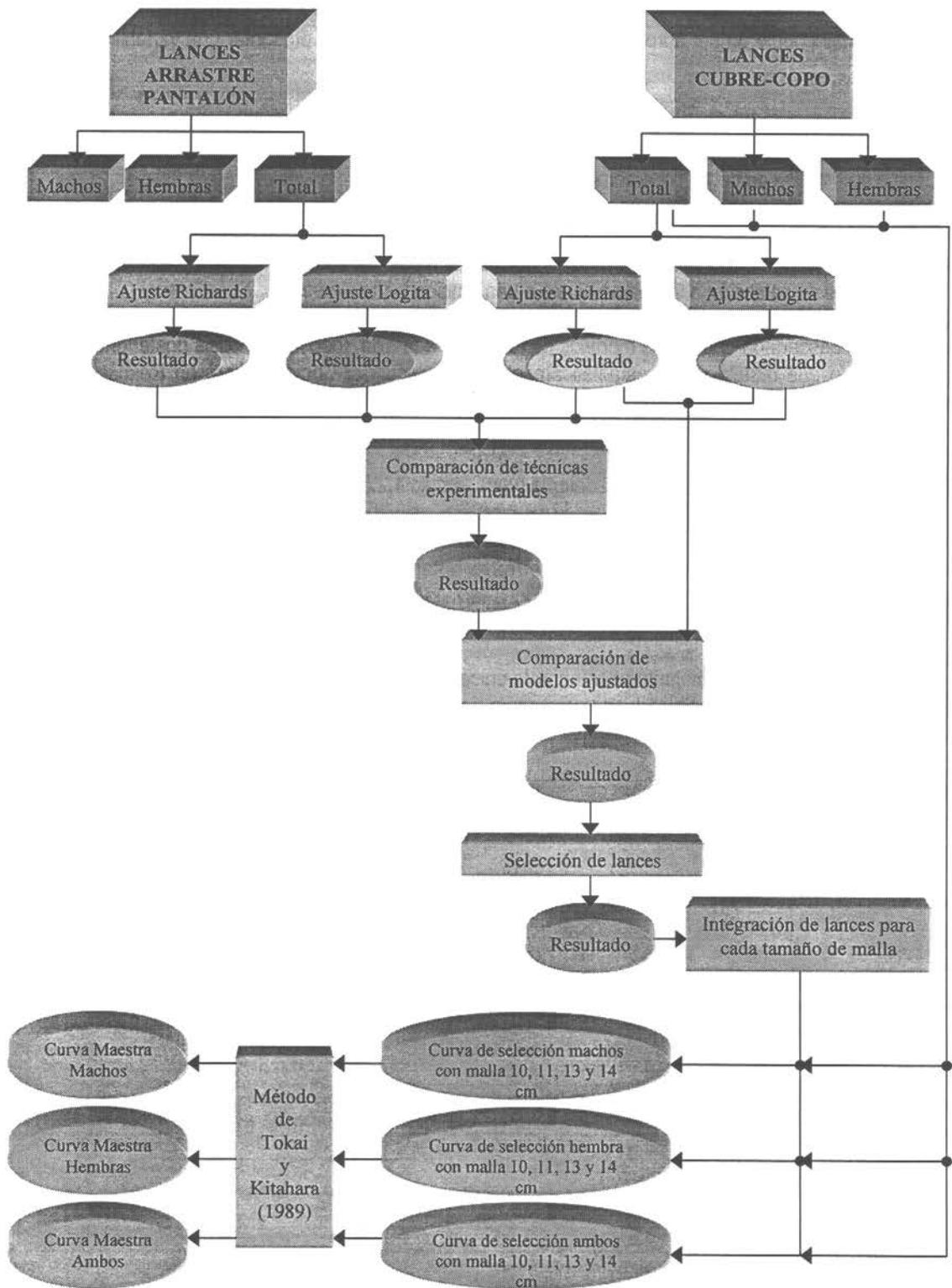


Figura 5. Esquema de la secuencia de análisis de la información de selectividad en merluza común.

#### 4.2.5. Estimación de las curvas de selección

Para cumplir con el objetivo general y objetivo específico 4.3 (de los T.B.R.), en este proyecto se utilizaron los métodos o técnicas de arrastre pantalón y lances con cubre-copo, con las cuales se realizaron lances experimentales en zonas donde habitualmente opera la pesquería industrial de merluza común. Adicionalmente, en el caso de arrastre de pantalón, fueron considerados tres tamaños de malla experimentales (luz de malla), a saber, 100 mm, 130 mm y 140 mm, siendo el tamaño de malla del copo control de 60 mm (luz de malla). Por otro lado, en el caso de los lances con cubre-copo, se utilizó un tamaño de malla experimental adicional a los anteriormente expuestos, el cual fue de 110 mm.

##### 4.2.5.1. Procedimiento SELECT

Para la estimación del patrón de selectividad de los artes de pesca comerciales que operan sobre la merluza común, se utilizó el método denominado SELECT (acrónimo de Share Each Lengthclass's Catch Total) desarrollado y propuesto por Millar (1991, 1992) y Millar y Walsh (1992). El origen del nombre se debe a que el procedimiento se fundamenta en calcular la contribución (proporción) de cada clase de longitud y condicionar la captura total esperada en el arte.

Este método es estadísticamente riguroso y apropiado para los estudios indirectos de selectividad. Es decir, cuando se supone que no hay un conocimiento de la distribución de longitudes de la población que está siendo capturada (Millar, 1991 y 1992).

El método se basa, en los distintos casos, en determinar la captura total de cada clase de longitud. Luego, para cualquier conjunto especificado de curvas de selección (y parámetros de partición), se calcula la proporción de cada clase de longitud en el total de captura esperada para cada arte usado. Estas proporciones esperadas son ajustadas a las proporciones observadas por el método de la máxima verosimilitud.

La concepción estadística del método se explicará, conceptual y formulísticamente, a continuación:

Sea  $N_{l1}$  el número de individuos en la clase de longitud  $l$  que son muestreados desde el copo con el tamaño de malla 1, el más grande en el copo (malla experimental). Similarmente, sea  $N_{l2}$  el número de ejemplares en la clase de longitud  $l$  que son muestreados desde el copo con el tamaño de malla 2, el más pequeño en el copo (malla de control o cubre-copo, según corresponda). La probabilidad de retención de una merluza de talla  $l$  por la malla 1 se denota como  $r(l)$ , la cual es función de la talla  $l$ . Considerando la definición anterior de  $N_{l1}$  y  $N_{l2}$ , la captura total de individuos de longitud  $l$ , se denota como:

$$N_{l+} = N_{l1} + N_{l2}$$

Dado que  $N_{l+}$  es el total de merluzas de longitud  $l$  capturadas, el número de merluzas capturadas por el copo con la malla experimental ( $N_{l1}$ ) es una variable aleatoria binomial, con probabilidad dada por:

$$\varphi(l) = \frac{r(l)}{1 + r(l)}$$

Esto asume que la probabilidad de ingreso de la merluza a uno u otro copo (en el caso de arrastre de pantalón) es idéntica, es decir,  $p = 0,50$ . El valor observado de esta variable binomial aleatoria es  $N_{l1}$ , vale decir,  $N_{l1}$  se distribuye como una variable aleatoria binomial ( $N_{l+}$ ,  $\varphi(l)$ ) (Feller, 1968). Luego, para una merluza de longitud  $l$  que ingresa al arte, su probabilidad de ser capturada en la malla 1, asumiendo una probabilidad de ingreso distinta de 0,50, es la siguiente:

$$\varphi(l) = \frac{p * r(l)}{(1 - p) + p * r(l)}$$

Como la probabilidad de retención de un individuo de longitud  $l$ ,  $r(l)$ , no posee una funcionalidad asociada a ella, es necesario asumir un modelo o curva de selección para su ajuste. En nuestro caso, se evaluaron dos formas funcionales, la primera pertenece a la familia de las logísticas y la otra es la curva de Richards, o sea:

$$r(l) = \frac{e^{(a+n*l)}}{1 + e^{(a+n*l)}} \quad r(l) = \left( \frac{e^{(a+n*l)}}{1 + e^{(a+n*l)}} \right)^{1/\delta}$$

La estimación de los parámetros de la curva de selección asumida, es efectuada a través del método de la máxima verosimilitud. En el caso de arrastre de pantalón se maximiza la siguiente expresión sobre todos los posibles valores de  $a$ ,  $b$  y  $p$  (Millar y Walsh, 1992):

$$\text{Máx} \sum [N_{11} * \ln \varphi(l) + N_{12} * \ln(1 - \varphi(l))]$$

Mientras que el caso de los lances con cubre-copo, se maximiza la siguiente expresión sobre todos los posibles valores de  $a$ ,  $b$ :

$$\text{Máx} \sum [N_{11} * \ln r(l) + N_{12} * \ln(1 - r(l))]$$

Al considerar la función asimétrica de Richards, las maximizaciones anteriores consideraron todos los valores posibles del parámetro de asimetría ( $\delta$ ).

Las sumatorias anteriores se realizaron sobre todas las clases de longitud observadas en cada lance. Esta maximización puede efectuarse con la mayoría de los procedimientos de optimización o maximización que poseen los actuales programas estadísticos. Este procedimiento fue implementado en planillas de cálculo de MsExcel, adicionalmente, los resultados se comprobaron con la rutina de S-plus creada por el Dr. Russell Millar, quien facilitó los códigos fuentes del programa (**Anexo 8.1.**).

Para la estimación de las longitudes de retención al  $x\%$  se utilizó la formulación propuesta por Millar y Walsh (1992) y Wileman *et al.* (1996), la que se detalla a continuación.

En el caso de la función logita,

$$l_x = \frac{\ln\left(\frac{x}{1-x}\right) - a}{b}$$

Mientras que en el caso de la función de Richards,

$$l_x = \frac{\ln\left(\frac{x^\delta}{1-x^\delta}\right) - a}{b}$$

La estimación de los errores estándar de los parámetros se obtuvo mediante aplicar la teoría de máximo verosimilitud (McCullagh y Nelder, 1989 y Lehmann, 1983). Siendo la matriz de covarianza el inverso de la información de la matriz de Fisher. En el caso de los lances con pantalón, la situación más compleja se obtiene al considerar  $p$  estimado y la función de Richards, los elementos de la matriz de Fisher quedan definidos como:

$$\begin{aligned}
 I_{11} = \text{Var}(a) &= \sum_l \frac{N_{l+} * d^2(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} & I_{23} = I_{32} = \text{Co var}(b, \delta) &= \sum_l \frac{N_{l+} * l * h(l) * d(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} \\
 I_{12} = I_{21} = \text{Co var}(a, b) &= \sum_l \frac{N_{l+} * l * d^2(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} & I_{24} = I_{42} = \text{Co var}(b, p) &= \sum_l \frac{N_{l+} * l * j(l) * d(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} \\
 I_{13} = I_{31} = \text{Co var}(a, \delta) &= \sum_l \frac{N_{l+} * h(l) * d(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} & I_{33} = \text{Var}(\delta) &= \sum_l \frac{N_{l+} * h^2(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} \\
 I_{14} = I_{41} = \text{Co var}(a, p) &= \sum_l \frac{N_{l+} * j(l) * d(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} & I_{34} = I_{43} = \text{Co var}(\delta, p) &= \sum_l \frac{N_{l+} * j(l) * h(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} \\
 I_{22} = \text{Var}(b) &= \sum_l \frac{N_{l+} * l^2 * d^2(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))} & I_{44} = \text{Var}(p) &= \sum_l \frac{N_{l+} * j^2(l)}{\varphi(l) * (1 - \varphi(l))}
 \end{aligned}$$

donde  $d(l)$  es la derivada parcial de la función  $\varphi(l)$  con respecto de  $a$ ,  $h(l)$  es la derivada parcial de  $\varphi(l)$  con respecto a  $\delta$  y  $j(l)$  es la derivada parcial de  $\varphi(l)$  con respecto a  $p$ .

Mientras que el caso de los lances con cubre-copo y considerando la función de Richards, los elementos de la matriz de Fisher quedan definidos como:

$$\begin{aligned}
 I_{11} = \text{Var}(a) &= \sum_l \frac{N_{l+} * d^2(l)}{r(l) * (1 - r(l))} & I_{22} = \text{Var}(b) &= \sum_l \frac{N_{l+} * l^2 * d^2(l)}{r(l) * (1 - r(l))} \\
 I_{12} = I_{21} = \text{Co var}(a, b) &= \sum_l \frac{N_{l+} * l * d^2(l)}{r(l) * (1 - r(l))} & I_{23} = I_{32} = \text{Co var}(b, \delta) &= \sum_l \frac{N_{l+} * l * h(l) * d(l)}{r(l) * (1 - r(l))} \\
 I_{13} = I_{31} = \text{Co var}(a, \delta) &= \sum_l \frac{N_{l+} * h(l) * d(l)}{r(l) * (1 - r(l))} & I_{33} = \text{Var}(\delta) &= \sum_l \frac{N_{l+} * h^2(l)}{r(l) * (1 - r(l))}
 \end{aligned}$$

Donde  $d(l)$  es la derivada parcial de  $r(l)$  con respecto a  $a$ , y  $h(l)$  es la derivada parcial de  $r(l)$  con respecto a  $\delta$ .

Dado que la gráfica de los residuales versus la longitud es una parte esencial de cualquier análisis, éstos fueron determinados. En la definición de los residuales,  $y_l$  fue utilizado para denotar la proporción  $N_{ll}/N_{l+}$ , e  $\hat{y}$  el valor ajustado a  $y$ . Para el caso de los experimentos con arrastre de pantalón,  $\hat{y}_l = \hat{\phi}(l)$  donde  $\hat{\phi}(l)$  utiliza los estimados de los parámetros de la curva de selección y el estimado del poder de pesca relativo  $\hat{p}$ . Estos residuales debieran comportarse aproximadamente independientes e idénticamente distribuidos cuando el modelo es correcto. La medida del grado de ajuste del modelo se obtuvo mediante la suma de cuadrados de los residuales sobre algunas clases de longitud, como fue indicado anteriormente.

Para estos efectos, los residuales para cada clase de longitud fueron definidos como:

$$D_i = \text{sign}(y_i - \hat{y}_i) * \left\{ 2 * N_{i+} \left[ y_i * \ln\left(\frac{y_i}{\hat{y}_i}\right) + (1 - y_i) * \ln\left(\frac{1 - y_i}{1 - \hat{y}_i}\right) \right] \right\}^{1/2}$$

donde

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x > 0 \\ -1 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

y el estadístico de desviación del modelo fue determinado como:

$$D = \sum_i D_i^2$$

Cuando el modelo es correcto y hay suficiente cantidades de ejemplares en cada clase de longitud, el estadístico de desviación del modelo sigue aproximadamente una distribución  $\chi^2$  (Chi-cuadrado). Los grados de libertad de la distribución  $\chi^2$  corresponden al número de intervalos de longitud presentes, menos la cantidad de parámetros determinados. La ventaja del estadístico de desviación del modelo está en que este puede ser utilizado en test de hipótesis para comparar que modelo es mejor.

En el cálculo del estadístico de desviación del modelo, al igual que Millar y Walsh (1992) y Willeman *et al.* (1996), no se consideraron aquellos intervalos de clase cuya frecuencia total (copo+cubre-copo o copo control+copo experimental) fuera baja. Particularmente, sólo se consideraron los intervalos de talla con frecuencia igual o superior a 5 peces.

#### 4.2.5.2. Análisis combinado de los lances de pesca

El análisis de datos con réplicas de los lances experimentales es complicado debido a la ampliamente aceptada visión que, en la práctica, la selectividad de una red cambia de lance a lance, aún cuando el arte de pesca no haya sido alterado en ninguna forma (Fryer, 1991). Las causas de la variación entre lances no son claras, pero podrían deberse a cambios en variables no controladas, tales como dirección del arrastre, velocidad del viento, profundidad, etc., o a cambios en la composición del stock, densidad, etc. Según Willeman *et al.* (1996), aun cuando la variación entre lances no es de directo interés de los tecnólogos pesqueros, ésta debe ser considerada en el análisis de los datos de selectividad, con el objeto de evitar realizar afirmaciones erróneas acerca de los efectos de cambios controlados en la red, como cambios en el tamaño de malla. Fryer (1991) demuestra algunos de los problemas de inferencia incurridos cuando se ignora la variación entre lances.

En el presente estudio, el objetivo de combinar los lances de pesca obedece a la intención de obtener una única curva de selección resultante para cada tamaño de malla considerado y que caracterice el esquema selectivo de la pesquería. Previo a la combinación de los lances de pesca, fue necesario seleccionar los lances a considerar en esta combinación. Para estos efectos se tuvo en consideración los siguientes aspectos y/o criterios:

- Seleccionar los datos de aquel lance de pesca que fue más característico y representativo de la operación pesquera.
- Optar por los datos de los lances que entregaron ajustes "razonables", es decir, cuyos parámetros de la curva de selección estuvieran dentro de lo esperado.
- Seleccionar aquellos lances cuyos valores de probabilidad (valor-p) dieran como adecuado el modelo, y cuyos errores estándar de los parámetros fueran relativamente bajos. Paralelamente, se consideraron los residuales de los

ajustes en la selección de los lances de pesca, con el objeto de verificar si una posible sobredispersión de los datos influyó sobre el valor-p.

- Finalmente, dado que la gráfica entre la longitud de retención al 50% y el tamaño de malla parece mostrar una relación lineal (Margetts, 1954; Beverton y Holt, 1957; Tokai y Kitahara, 1989; Arana y Ziller, 1994), se utilizó este concepto para eliminar todos los lances que en un ajuste tamaño de malla versus  $L_{50\%}$  fueran superiores a 1 desviación estándar. Este fue el primer criterio utilizado, y posteriormente se consideraron los anteriormente descritos.

Con esta aproximación la combinación de los datos de los lances (para un mismo tamaño de malla) fue analizada como si se tratara de un solo lance, de esta forma, los resultados pueden ser vistos como la estimación de la curva de selección media para el arte de pesca. Para obtener la curva de selección media, los datos de cada lance seleccionado no fueron manipulados, y se utilizó el procedimiento de Fryer (1991), descrito a continuación:

Para cada lance, sea el parámetro  $v_i$  independiente y normal multivariado, con media:

$$E(v_i) = E \begin{pmatrix} v_{i1} \\ v_{i2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{pmatrix}$$

y matriz de varianza  $D$ . Sea

$$\alpha = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{pmatrix}$$

Luego

$$v_i \sim N(\alpha, D), \quad i = 1 \dots H$$

La selectividad es especificada por el parámetro  $\alpha$ , el cual determina la curva media de selección del lance  $H$ , y la matriz de varianza  $D$ , la cual mide la magnitud de la variación entre lances. Los parámetros  $v_i$  fueron estimados para cada lance. Sea  $\hat{v}_i$  el estimado de  $v_i$  y sea  $R_i$  el estimado de la matriz de varianza de  $\hat{v}_i$ ,  $i=1 \dots H$  (obtenido con el modelo SELECT). De acuerdo con esto y la ecuación anterior,

$$v_i \sim N(\alpha, R_i + D), \quad i = 1 \dots H$$

La matriz de varianza  $D$  mide la variación entre lances en los parámetros  $\{v_i\}$ , y la matriz de varianza  $\{R_i\}$  mide el error en la estimación de  $\{\hat{v}_i\}$  debido a la variación binomial. Por lo tanto, la última ecuación escrita fue utilizada para estimar  $\alpha$  y  $D$ , mediante la aproximación "residual maximum likelihood (REML)". Todos los estimados REML fueron obtenidos mediante el uso del algoritmo EM, el cual es descrito en detalle en el apéndice B del artículo de Fryer (1991). Este procedimiento fue implementado en una hoja de cálculo de MsExcel y adicionalmente fue chequeado con el programa ICC 2000 SELECTIVITY de Constat ([Http://www.constat.dk](http://www.constat.dk)).

## 4.2.6. Estimación de la Curva Maestra de selectividad

### 4.2.6.1. Introducción

La selectividad de las mallas de redes de arrastre ha sido usualmente determinada mediante arrastre de pantalones, copo cubierto o métodos comparativos de pesca. No obstante, estos métodos no pueden proporcionar la selectividad de un tamaño de malla específico sin que se efectúe algún experimento de pesca con ese tamaño de malla.

El procedimiento que en esta sección se describe fue desarrollado por Tokai y Kitahara (1989). Estos autores describen la teoría y los métodos de determinación de curvas de selectividad de mallas, para un específico tamaño de malla en el copo de redes de arrastre, a partir de experimentos con diferentes tamaños de malla. Sobre unas pocas suposiciones, la selectividad de un tamaño de  $m$  para un pez de longitud  $l$  es teóricamente aproximada mediante la función  $(l-l_0)/(m-m_0)$ , en ciertos rangos de  $l$  y  $m$ , siendo  $l_0$  y  $m_0$  constantes derivadas a partir de los datos colectados. Sobre la base de lo anteriormente expuesto, Tokai y Kitahara (1989) derivaron dos procedimientos para determinar la Curva Maestra de captura. En el presente trabajo se utilizará el primer procedimiento descrito por los autores y que toma en consideración los datos generados a partir de experiencias con cubre-copo.

### 4.2.6.2. Teoría General

La selectividad de un arte es definida como la probabilidad que un pez, de una especie y talla dada, sea capturado al encontrarse con un arte específico. Por consiguiente, esto depende de varios factores tales como los materiales y tipo de construcción del arte, especies y su talla, etc. Aquí se trató con la selectividad de la malla del copo de redes de arrastre, donde se supone que todas las otras características del arte permanecen constantes.

Fujiishi (1974) (op. cit. Tokai y Kitahara, 1989) propuso métodos para determinar teóricamente la selectividad de las mallas de redes de arrastre. Este autor derivó los métodos de las siguientes suposiciones: el cuerpo del pez es rígido, la sección transversal del cuerpo del pez tiene forma elíptica con eje mayor  $2a$  y excentricidad  $\varepsilon$ , las mallas del copo tienen forma de diamante rígido con barra  $L$  y ángulo de abertura  $2\theta$ , para velocidades normales de arrastre. Sobre las suposiciones anteriores, este autor dio una condición para que un pez con altura de cuerpo  $2a$  sea retenido en la malla de barra  $L$  como sigue:

$$\frac{2a}{L} \geq \frac{\text{sen } 2\theta}{(1 - \varepsilon^2 * \text{sen}^2(\psi - \theta))^{1/2}}$$
$$\frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

Aquí  $\psi$  es el ángulo entre el eje mayor y el largo de la línea diagonal de la malla ( $0 \leq \psi \leq \pi/4$ ). Como se deduce de la ecuación anterior, la malla no puede retener al pez cuya altura de cuerpo es menor que  $L * \text{sen } 2\theta$ . A la inversa, si la altura del cuerpo es mayor que  $L * \text{sen } 2\theta / (1 - \varepsilon^2 * \text{sen}^2 \theta)^{1/2}$ , los peces no pueden pasar a través de la malla. Para peces cuya altura de cuerpo esta comprendida entre  $L * \text{sen } 2\theta$  y  $L * \text{sen } 2\theta / (1 - \varepsilon^2 * \text{sen}^2 \theta)^{1/2}$ , si este puede pasar por la malla o no, depende de  $\psi$ .

Asumiendo que  $\psi$  es aleatorio entre 0 y  $\pi/2$ , se puede calcular con la ecuación descrita anteriormente la probabilidad de que un pez de altura de cuerpo  $2a$  sea retenido en la malla de barra  $L$ . Por ejemplo, la Figura 6 presenta la

probabilidad calculada para  $\theta=\pi/3$  y  $\varepsilon=0,7$  como una función de  $a/L$ . En la Figura 6, la probabilidad se incrementa gradualmente con  $a/L$  desde  $a/L=0,43$  y llega a 1 para valores de  $a/L$  sobre 0,61. De cualquier modo, esta tasa de incremento gradualmente decrece con  $a/L$  en el rango de 0,43 a sobre 0,55 y entonces incrementa como incrementa  $a/L$ . Como lo indican Tokai y Kitahara (1989), este fenómeno también puede ser matemáticamente probado.

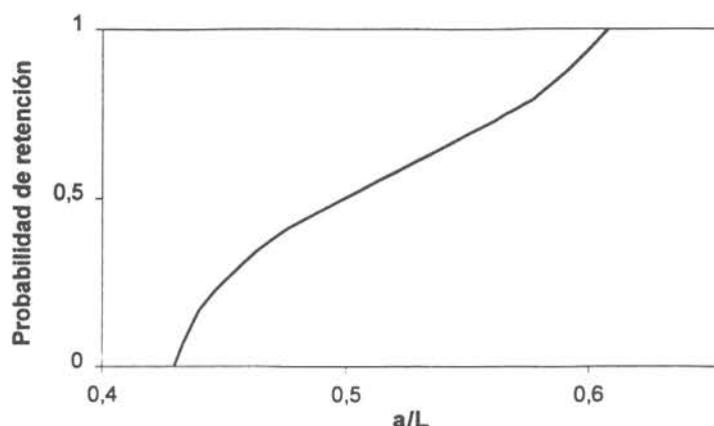


Figura 6. Probabilidad de retención presentada como una función de  $a/L$ . La probabilidad fue calculada para  $\theta=\pi/3$  y  $\varepsilon=0,7$  (copiado de Tokai y Kitahara, 1989).

Lo arriba indicado proporciona las siguientes sugerencias. Primero, más cantidad de peces probablemente hacen esfuerzos para escapar a través de la malla en el copo. Segundo, la malla del copo y los peces son deformados por la interacción entre ambos cuando hay intento de escape. Consecuentemente, esto es inferido de la ecuación descrita anteriormente y lo arriba mencionado, para la probabilidad de retención, puede ser aproximado mediante una función de  $a/L$  y  $\psi$  entre los rangos de  $a$  a  $L$ .

Sobre la base de los resultados obtenidos arriba, se deriva considerar una relación de tamaño de pez a tamaño de malla del copo para una selectividad dada. Poniendo  $m=2L$ , la selectividad de la malla de un tamaño de malla  $m$  es usualmente expresada mediante una función con relación a la longitud del cuerpo. Mientras el alto del cuerpo sea cercanamente proporcional a la longitud del cuerpo, se puede emplear la longitud del cuerpo  $l$  en lugar de la altura del cuerpo  $2a$  en los tratamientos siguientes. Para una función tamaño de pez/tamaño de malla, para una selectividad dada, es necesario tomar en consideración cambios en el crecimiento relativo y nado de escape del pez con la talla del cuerpo. Por estas razones, se aproximó la probabilidad de que un pez de talla- $l$  sea pescado tratando de escapar a través de la malla de tamaño- $m$  en el copo mediante la función de  $\psi$  y  $(l-l_0)/(m-m_0)$ ,  $F(\psi, (l-l_0)/(m-m_0))$ , en ciertos rangos de  $l$  y  $m$ . Aquí  $l_0$  y  $m_0$  son constantes y  $\psi$  esta en los rangos de 0 a  $2\pi$ . Entonces la probabilidad  $P$  que un pez de tamaño- $l$  sea atrapado por una malla de tamaño- $m$  puede ser denotada como sigue:

$$P(R) = \int_0^{2\pi} F(\psi, R) Q(\psi) d\psi$$

Aquí,  $R=(l-l_0)/(m-m_0)$  y  $Q(\psi)$  están referidos a función de densidad de probabilidad de  $\psi$ .

De la definición de selección de la malla,  $P$  es la selectividad de la malla de tamaño de malla  $m$  para tamaños de pez  $l$ ,  $s(l, m)$ . Por lo tanto, en ciertos rangos de  $l$  y  $m$  la selectividad de la malla del copo se reduce a la función  $R$ ,

$$s(l, m)=s(R)$$

Esta última ecuación es formalmente igual a la expresión de Kitahara (1971), derivada para determinar la curva de selectividad de la malla de agallamiento. La ecuación anterior quiere decir que la relación de  $m$  a  $l$  es lineal para rangos de selectividad dados entre  $l$  y  $m$ . En efecto, la gráfica de la longitud de selección al 50% contra  $m$  muestra una relación lineal (Margetts, 1954; Beverton y Holt, 1957; Myhre, 1969 y Fujiishi, 1975).

#### 4.2.6.3. Método

Sea  $m$  el tamaño de malla del copo experimental en un experimento de cubre-copo. La probabilidad de retención de la malla para la clase de longitud  $l$  puede ser definida como la razón entre la captura y la suma de las capturas en el copo y cubre-copo, para esa clase de longitud  $l$ . La gráfica de la probabilidad de retención así calculada versus  $R$ , para diferentes tamaños de malla, es reducida a una curva maestra suavizada independiente de los tamaños de malla, dentro de ciertos rangos de  $l$  y  $m$ . Luego, esto proporciona la curva de selectividad para un específico tamaño de malla, siempre y cuando este tamaño de malla este comprendido en el rango de  $m$ . Adicionalmente, la curva de selección será válida para las tallas comprendidas en el rango de  $l$ .

Para lograr los estimados de  $m_0$  y  $l_0$ , los autores realizan un ajuste lineal entre los diferentes tamaños de malla considerados y la longitud de retención al 50% ( $L_{50\%}$ ). El valor estimado de la pendiente de esta regresión lineal corresponde al valor de  $m_0$ , mientras que el intercepto al valor de  $l_0$ . Posteriormente, para cada tamaño de malla y para todas las longitudes de peces consideradas se compone el valor de  $R$ , el cual es graficado contra la probabilidad de retención observada.

Aunque estos autores no lo dejan expresamente indicado, es posible ajustar un modelo sigmoideo a los datos de la Curva Maestra. Aunque este procedimiento no es estadísticamente riguroso, proporciona una aproximación rápida y efectiva en la determinación de las longitudes de retención para un tamaño de malla no considerado en el experimento. En este caso, se ajustará una función de dos parámetros del tipo logita a los datos de la curva maestra.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Coeficiente de capturabilidad de las redes de arrastre

#### 5.1.1. Comportamiento de los artes de pesca

El comportamiento de las redes de arrastre en lo que respecta a la abertura vertical se midió con sistemas de acústicos en las tres naves, mientras que el desarrollo horizontal (abertura de punta de alas y/o portalones) sólo fue medida en los PAM Pelagos II y B/I Abate Molina.

##### 5.1.1.1. Desarrollo vertical

En la Tabla 3, se presentan los valores estadísticos estimados para el desarrollo vertical de las diferentes redes de arrastre utilizadas.

Tabla 3. Estadísticos de desarrollo vertical de las redes de arrastre

Buque	Máximo (m)	Mínimo (m)	Promedio (m)	Desviación (m)
Pelagos II	6.8	6	6,1	0,22
Biomar III	7,3	6,2	6,5	0,32
Abate Molina	5.5	4.5	5,0	0,12

En la Figura 7, se graficó el desarrollo vertical de las redes con la profundidad promedio del lance de pesca. En ella, se puede apreciar que las diferentes redes presentaron valores estables, sin que se aprecie algún efecto debido a la profundidad del lance de pesca.

##### 5.1.1.2. Desarrollo horizontal

En la Tabla 4, se presenta un resumen de las mediciones de desarrollo horizontal estimados para el PAM Pelagos II y B/I Abate Molina.

Tabla 4. Distancia promedio entre portalones y punta de alas de los sistemas de pesca.

Distancia (m)	Biomar III (*)	Pelagos II	Abate Molina
Portalones	81,1	100,6	79,9
Punta de alas	30,7	35,5	22,1

(\*) Estimados como el 57% de la longitud de relinga

En la Figura 8 se presenta la distribución del desarrollo vertical de las redes según la profundidad de arrastre. En general se puede señalar que en términos del desarrollo vertical y horizontal (altura y abertura) de las redes utilizadas muestran un comportamiento estable.

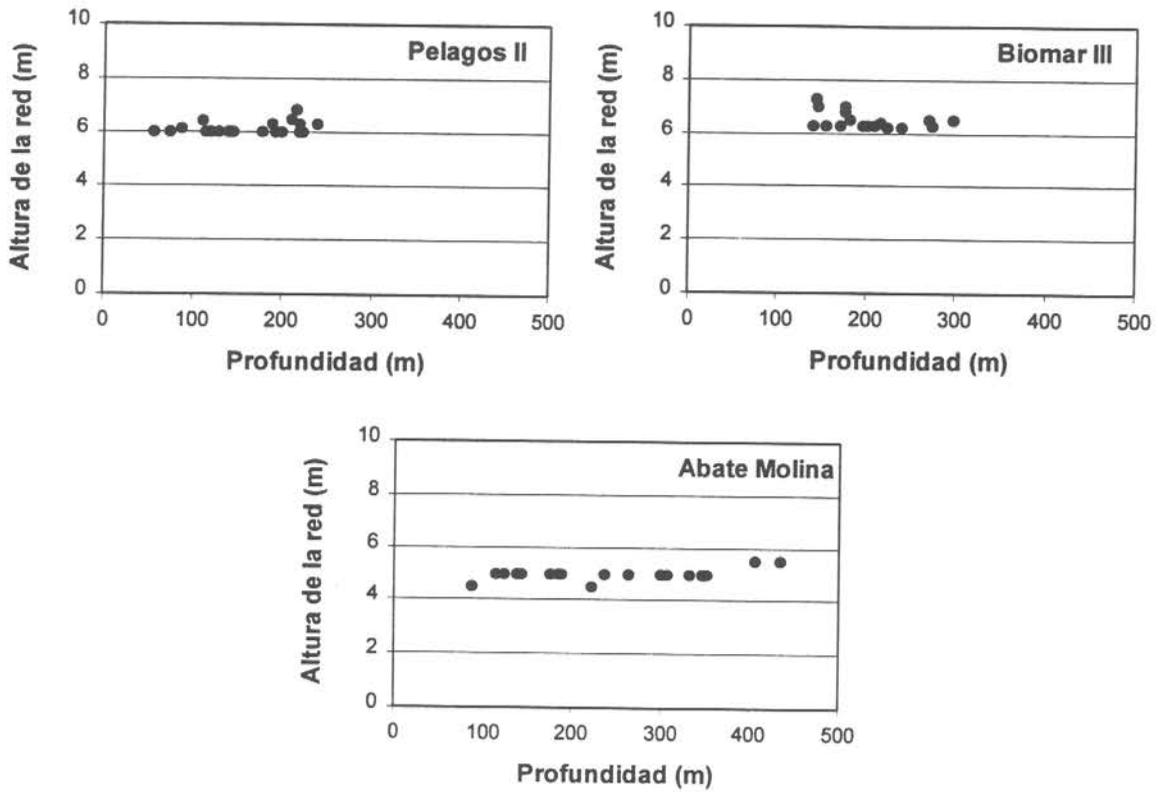


Figura 7. Desarrollo vertical (altura de relinga) de las redes utilizadas.

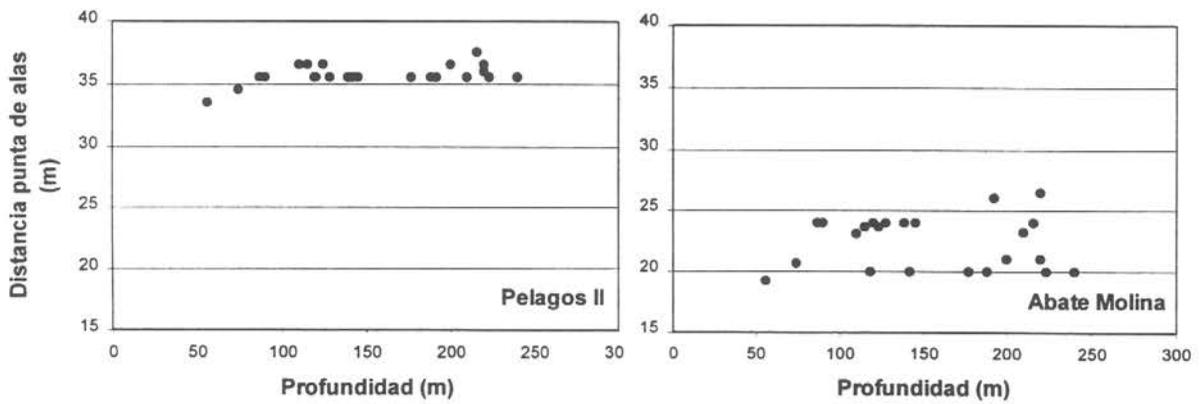


Figura 8. Desarrollo horizontal (distancia entre punta de alas) de las redes utilizadas

### 5.1.2. Distribución vertical del recurso

El coeficiente de disponibilidad ( $K_{V3}$ ), que representa la proporción del recurso que se localiza dentro de la altura de pesca (altura de la relinga) en el frente de avance de los portalones y la abundancia total de peces, fluctuó entre 0,6 y 1 con un promedio general de 0,81, con valores de 0,8; 0,81 y 0,82 para las naves Abate Molina, Biomar III y Pelagos II respectivamente Tabla 5.

Tabla 5. Estimaciones del coeficiente de disponibilidad ( $K_{V3}$ ).

	Biomar III	Pelagos II	Abate Molina
$K_{V3}$	0,81	0,82	0,8

Lo anterior, señala la presencia de un recurso con una distribución muy asociada al fondo, como se desprende de la distribución vertical estimada mediante el método acústico, que considerando rangos de un metro contados desde el fondo hacia arriba (Figura 9), la mayor concentración del recurso (60%) se localizó en los cuatro metros mas cercanos al fondo.

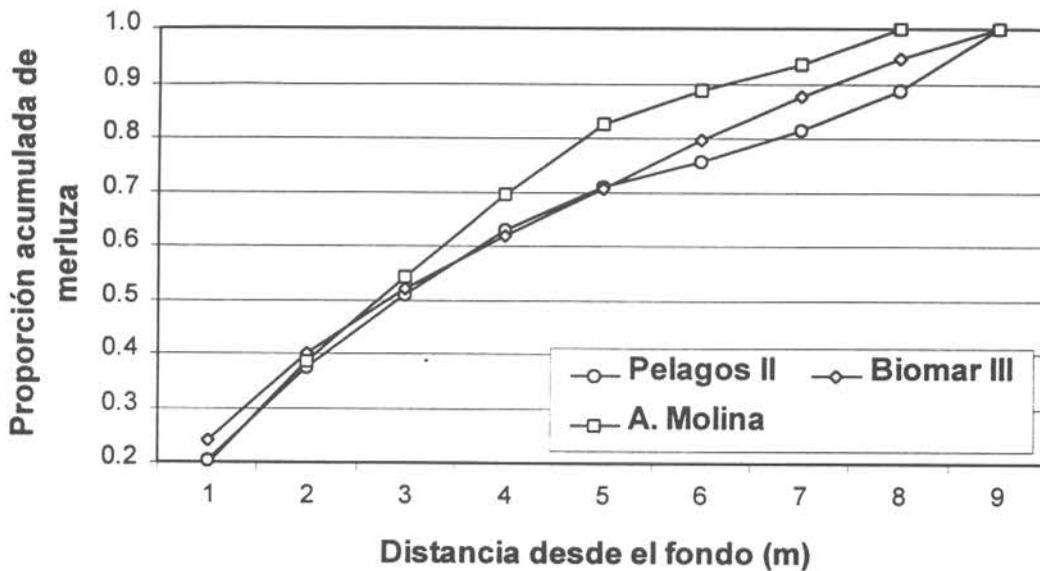


Figura 9. Proporción acumulada de merluza común según la distancia al fondo.

### 5.1.3. Eficiencia total del sistema de pesca

La eficiencia total del sistema de pesca ( $K'$ ), estimada como la razón entre la densidad no perturbada y la densidad capturada se entrega en la Tabla 6.

Tabla 6. Estimaciones de la eficiencia del sistema de pesca ( $K'$ ) y su coeficiente de variación.

	Biomar III	Pelagos II	Abate Molina
$K_{V3}$	1,36 (Cv=35%)	1,47 (Cv= 38%)	0,40 (Cv= 42%)

Los resultados obtenidos mediante el método de Dickson (1993), presentan un valor relativamente similar entre los PAM Biomar III y Pelagos II, con una diferencia relativa entre ellos de 8,2%, en cambio, el B/I Abate Molina presentó un valor que alcanzó sólo el 27 y 29% de la eficiencia con relación a los buques comerciales.

Las redes utilizadas por los buques comerciales, demuestran claramente una mayor eficiencia con respecto a la empleada por el buque de investigación. Entre las razones que pueden incidir en esta diferencia, la principal se podría atribuir al conocimiento acerca del comportamiento del recurso que poseen los patrones de pesca, que los lleva a un permanente mejoramiento del sistema de pesca redundando en un aumento de las capacidades extractivas de las unidades comerciales.

Sin embargo, es importante notar que en caso de ambos buques comerciales la eficiencia estimada es superior a 1. La razón de esta situación se podría explicar por el hecho de que una fracción del recurso haya estado localizado dentro del metro mas cercano al fondo, es decir en la llamada zona muerta o de sombra del haz acústico y en consecuencia no es detectada por el sistema de eointegración, estando por lo tanto subestimada la densidad no perturbada.

#### 5.1.4. Estimación del coeficiente de capturabilidad

El coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) estimado mediante los métodos de Dickson (1993a) y Rozenshtein (*vide* Fridman, 1973), se entregan en la Tabla 7.

Tabla 7. Estimaciones del coeficiente de capturabilidad la eficiencia del sistema de pesca. Métodos de Dickson y Rozenshtein.

Método	Biomar III	Pelagos II	Abate Molina
Dickson ( $m^2*s^{-1}$ )	230,6	278,9	53,3
Rozenshtein ( $m^3*s^{-1}$ )	1206,8	1373,1	222,2

Los valores estimados muestran al igual que en la eficiencia del sistema de pesca, un mayor valor en los buques comerciales con respecto al B/I Abate Molina, tanto en el estimado mediante el método de Dickson (1993) como de Rozenshtein (*vide* Fridman, 1973).

Al comparar las estimaciones para los buques comerciales, se puede apreciar que la diferencia relativa (20,1%) obtenida mediante el método que la mide considerando el área barrida en el frente de avance de los portalones (Dickson, 1993), es mayor si se compara con el método que considera el volumen teórico de agua filtrado por la red (13,7%).

La explicación de la diferencia observada para ambos estimadores, se origina en las variaciones en la geometría de las redes (razón altura-abertura), que varió de 0,17 para el PAM Pelagos II y 0,21 para el PAM Biomar III. Al respecto Engas y West (1987) en estudios de evaluación de stock realizados en el Mar de Barents, señalan la importancia en la performance de una red de arrastre la configuración geométrica de la misma y las variaciones que estas pudieran experimentar durante el desarrollo del lance de pesca.

## 5.2. Selectividad en la pesquería de merluza común

Como se sabe, para evaluar la selectividad de las mallas del copo de la red de arrastre de fondo utilizada por la flota arrastrera industrial que opera sobre la merluza común, se utilizaron dos técnicas experimentales; arrastre de pantalón y cubre-copo. Con la primera técnica se evaluaron tres tamaños de luz de malla en el copo (100 mm, 130 mm y 140 mm), para cada uno de los tamaños de malla se efectuaron 5 lances. Estos lances estuvieron comprendidos entre los 34°50'S y 39°20'S (Figura 10).

Con la técnica de cubre-copo se evaluaron cuatro tamaños de luz de malla en el copo, a saber: 100 mm, 110 mm, 130 mm y 140 mm. La cantidad de lances experimentales para cada tamaño de malla fue 9, 8, 7 y 8, respectivamente. Estos lances fueron efectuados en una zona espacial más reducida (34°50'S - 35°40'S) (Figura 11).

Durante las experiencias llevadas a cabo con arrastre de pantalón se muestrearon 10.267 ejemplares, de los cuales el 54,4% correspondió a machos y el 45,6% a hembras, no registrándose indeterminados (Tabla 8). En tanto que durante las experiencias con la técnica de cubre-copo, se muestrearon 14.758 ejemplares, de los cuales el 49,6% correspondió a machos, el 45,0% a hembras y resto a indeterminados (5,4%) (Tabla 9).

Tabla 8. Número de ejemplares muestreados durante las experiencias con ARRASTRE PANTALON, según tamaño de malla, sexo y lance.

Luz de malla (mm)	Sexo	Lance					Total
		1	2	3	4	5	
100	Machos	273	57	132	148	223	833
	Hembras	72	255	218	180	181	906
	Total	345	312	350	328	404	1.739
60	Machos	239	67	112	140	142	700
	Hembras	90	244	196	170	175	875
	Total	329	311	308	310	317	1.575
130	Machos	92	101	166	191	201	751
	Hembras	207	180	169	122	72	750
	Total	299	281	335	313	273	1.501
60	Machos	117	147	199	185	204	852
	Hembras	204	188	174	145	84	795
	Total	321	335	373	330	288	1.647
140	Machos	267	217	333	215	197	1.229
	Hembras	158	125	41	192	166	682
	Total	425	342	374	407	363	1.911
60	Machos	305	180	279	240	215	1.219
	Hembras	149	119	68	165	174	675
	Total	454	299	347	405	389	1.894

Tabla 9. Número de ejemplares muestreados durante las experiencias con ARRASTRE PANTALON, según tamaño de malla, lance y sexo.

Luz de malla (mm)	Sexo	Lance									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
100	M.	37	48	41	19	50	83	160	178	28	644
	H.	112	62	44	79	59	61	161	126	22	726
	Total	149	110	85	98	109	144	321	304	50	1.370
60	M.	55	18	28	25	49	75	155	160	17	582
	H.	90	43	28	46	39	58	173	135	11	623
	Total	145	61	97	77	88	145	460	304	28	1.405
110	M.	54	117	72	47	312	227	154	70	...	1.053
	H.	68	112	60	55	65	89	27	21	...	497
	Total	122	229	132	102	377	316	181	91	...	1.550
60	M.	22	72	28	28	254	153	95	8	...	660
	H.	29	72	43	18	176	54	61	4	...	457
	Total	55	152	92	77	577	241	282	232	...	1.708
130	M.	232	301	261	212	193	187	151	...	...	1.537
	H.	213	284	331	162	165	118	147	...	...	1.420
	Total	445	585	592	374	358	305	298	...	...	2.957
60	M.	226	229	163	188	224	87	120	...	...	1.237
	H.	223	233	215	173	137	105	143	...	...	1.229
	Total	449	462	378	361	361	192	263	...	...	2.466
140	M.	109	132	99	68	38	105	103	68	...	722
	H.	136	149	150	44	43	98	117	123	...	860
	Total	245	281	249	112	81	203	220	191	...	1.582
60	M.	131	134	117	53	112	117	129	92	...	885
	H.	128	170	99	30	121	94	97	96	...	835
	Total	259	304	216	83	233	211	226	188	...	1.720

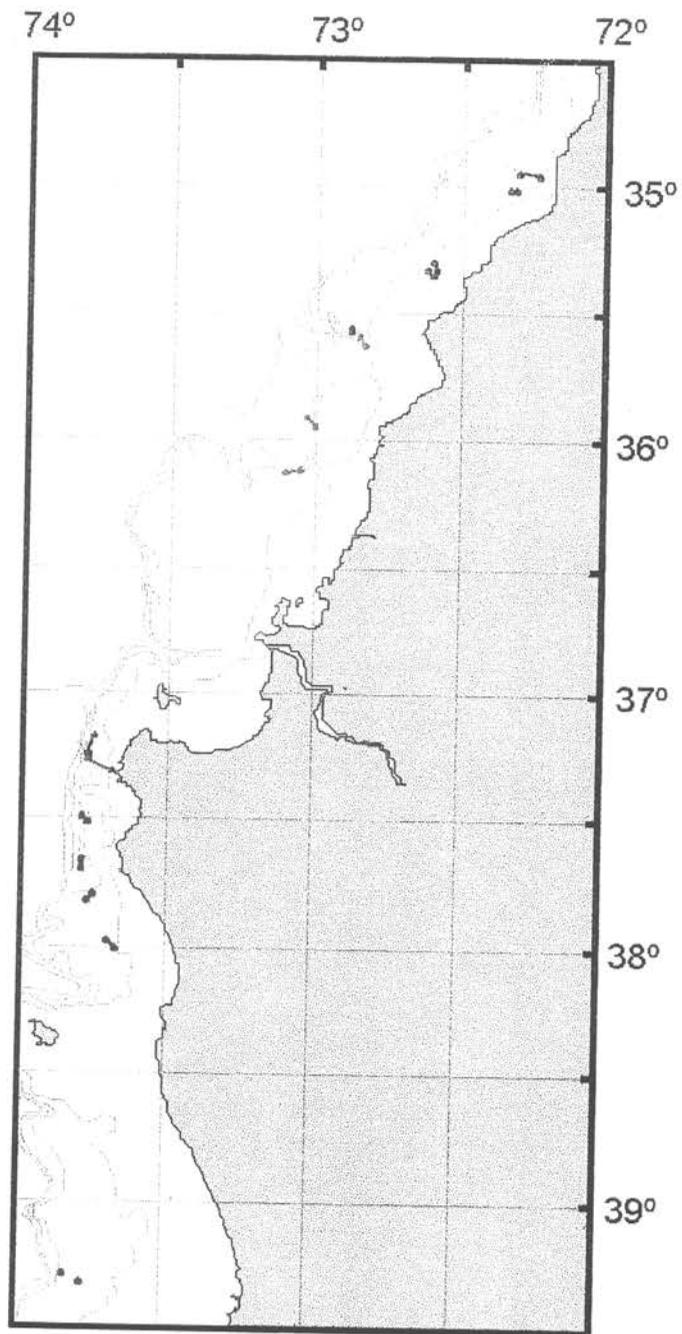


Figura 10. Georreferenciación de los lances de pesca experimentales efectuados con ARRASTRE PANTALON. Verde: luz de malla 100 mm; Rojo: luz de malla 130 mm; y Azul: luz de malla 140 mm.

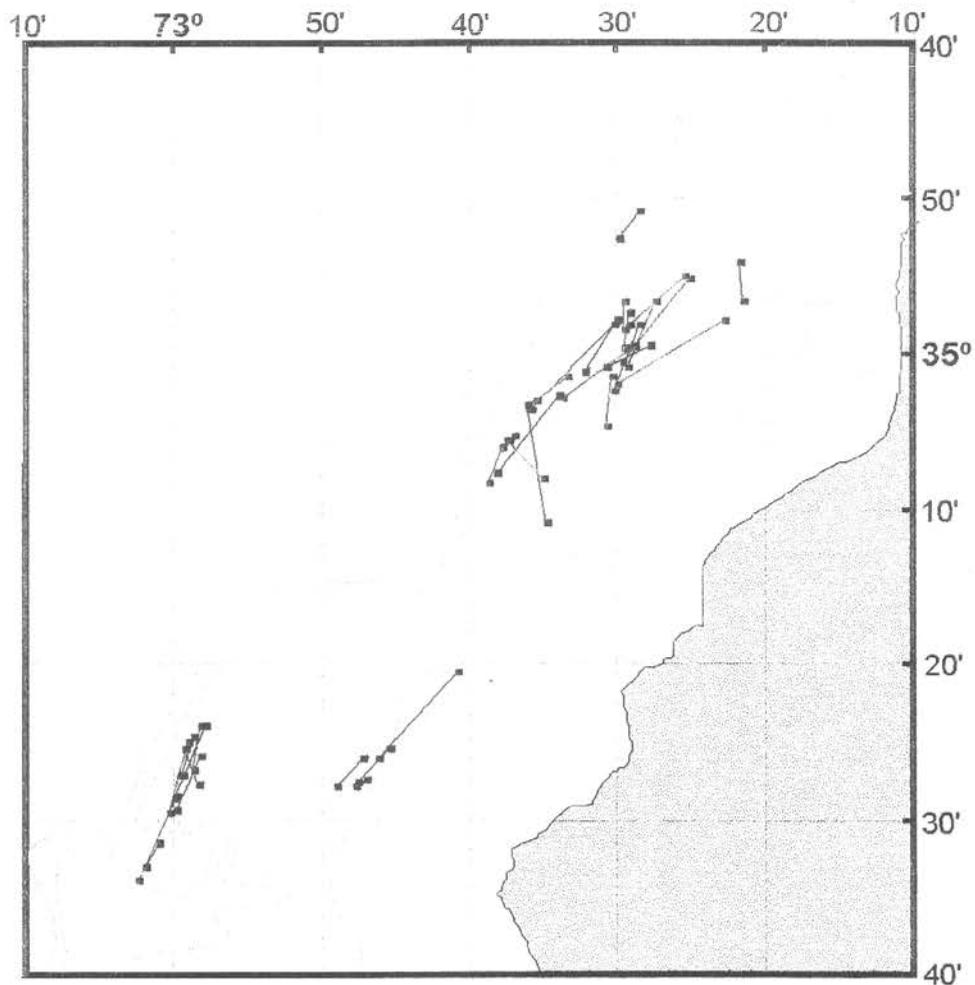


Figura 11. Georreferenciación de los lances de pesca experimentales efectuados con CUBRE-COPO. Verde: luz de malla 100 mm; Fucsia: luz de malla 110 mm; Azul: luz de malla 130 mm y Rojo: luz de malla 140 mm.

### 5.2.1. Arrastre de pantalón

En las Figuras 12 a 14 se muestran las distribuciones de frecuencias de tallas totales obtenidas de las muestras tomadas en cada lance de pesca, tanto en los copos control como en los experimentales (tamaño de malla 100 mm, 130 mm y 140 mm).

De acuerdo con Willeman *et al.* (1996), un análisis básico de la información comienza por observar las distribuciones de frecuencias de tallas generadas. En este sentido, los autores indican que para este tipo de experimentos (de artes pareados), es deseable observar que la proporción a la talla de ejemplares en el copo de malla grande sobre el total de ejemplares capturados, debe incrementarse a medida que se incrementa la talla de los ejemplares, hasta un punto donde debe hacerse asintótica u oscilar razonablemente en torno a cierto valor. Este valor en torno al cual la proporción de ejemplares en el copo de malla grande se hace asintótico, corresponde al parámetro de división  $p$ , en la función de máximo-verosimilitud.

De acuerdo con lo anterior, se puede observar para el caso de los lances efectuados con tamaño de luz de malla de 100 mm (Figura 12), que las distribuciones de frecuencias de tallas de los lances 2, 3 y 5 no reflejan lo descrito anteriormente. Más aún, la proporción de ejemplares en el copo experimental en el lance 5 decrece con el aumento de la talla. El inconveniente que a primera vista se aprecia en el lance 1, es que posee escasos registros de ejemplares de pequeña longitud en el copo control. Algo similar ocurre en el lance 4, pero en este lance se aprecia más claramente el incremento de la proporción retenida en el copo experimental.

En relación a los lances efectuados con tamaño de luz de malla de 130 mm (Figura 13), es posible apreciar el incremento no decreciente de la proporción a la talla retenida en el copo experimental. Esto se aprecia claramente para los lances 3 y 4. En el resto de los lances la proporción retenida en el copo experimental varía aleatoriamente.

Las distribuciones de frecuencias de tallas de los lances efectuados con tamaño de malla experimental de 140 mm (Figura 14), es en donde mejor se aprecia el incremento de la proporción de ejemplares en el copo experimental con el incremento de la talla. Las excepciones las constituyen los lances 2 y 5.

Este análisis preliminar de la información (previo al ajuste de las funciones), hace ver que existieron problemas de algún tipo en las experiencias de terreno llevadas a cabo con la técnica de arrastre de pantalón. Resulta difícil develar *a priori* cuál pudo haber sido el problema; no obstante, de las distribuciones de frecuencias de tallas se deduce que los peces entraron a cada una de las piernas del copo con similar probabilidad y fueron retenidos en similar forma igualmente. En otras palabras, en la mayoría de los lances no se observaron diferencias entre las estructuras de tallas retenidas en el copo control y el experimental.

Es posible plantear dos hipótesis razonables para explicar el mal funcionamiento de la técnica empleada, una dice relación con el diámetro de los copos. Al ser estos de menor diámetro que los copos convencionales, es probable que la menor cantidad de mallas haya influenciado el escape de los peces. A este respecto resulta conveniente recordar lo informado en el Informe de Avance:

"Adicionalmente a las experiencias comprometidas en este proyecto, se construyó un copo con luz de malla de 130 mm. Este copo fue construido con las dimensiones que actualmente utiliza la flota industrial, y cuyo diámetro equivale al doble del copo con malla 130 mm que fue utilizado en las experiencias de selectividad. Al efectuar lances de pesca con este "copo industrial" se observaron dos hechos reveladores: (i) todo el pescado en contacto con la tela venía agallado y (ii) más del 50% de la captura esperada se "coló" o escapó por las mallas. Esto lleva a suponer que cambios en el diámetro del copo influyen en la selectividad del mismo. En efecto, Robertson y Ferro (1988) y Reeves *et al.* (1992) detectaron este hecho, no obstante, estos autores observaron el efecto contrario, es decir, aumentos en el diámetro del copo hacen la red menos selectiva."

Una segunda hipótesis, dice relación con la posibilidad de que los copos se hayan influenciado uno al otro en su comportamiento. Dado que ambos copos estaban aparejados en conjunto (es decir, los estobos rodearon ambos copos a la vez), la presión de la pesca sobre un copo pudo haber ocasionado el cierre de las mallas del otro.

A pesar de todas las conjeturas que se puedan esgrimir, el análisis preliminar de las distribuciones de frecuencias de tallas, hace ver que el experimento con arrastre pantalón no funcionó como teóricamente se había planteado. Por este motivo, como se verá más adelante, los resultados generados con estos datos no fueron considerados y se continuó el análisis con los datos generados de las experiencias de cubre-copo. Adicionalmente, esto se verá sustentado por los resultados que se informan en la sección 5.2.1.1 (Ajuste de la función logita).

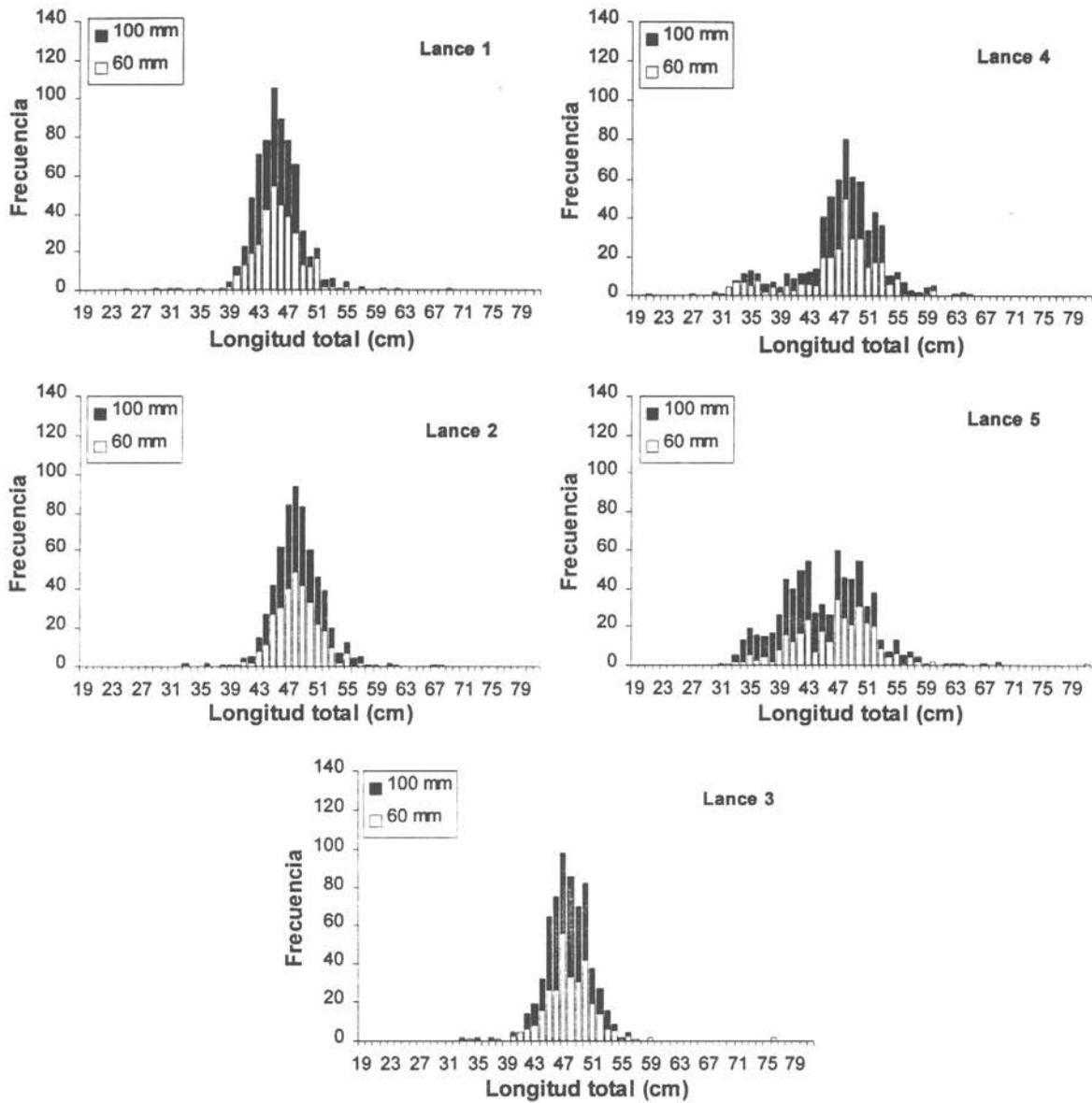


Figura 12. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 100 mm (barras oscuras) y en el copo control (barras vacías), por lance. Técnica de ARRASTRE PANTALON.

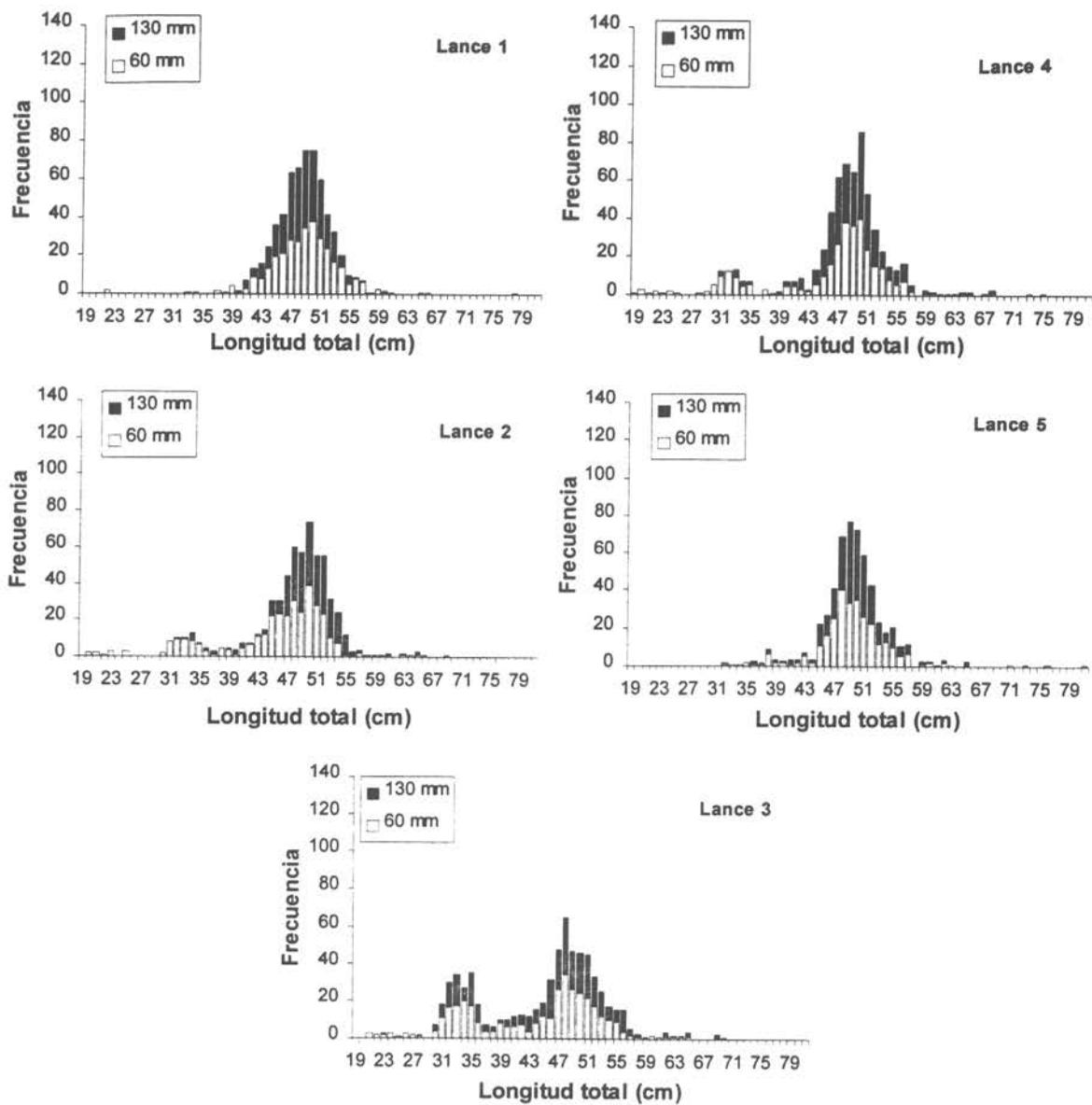


Figura 13. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 130 mm (barras oscuras) y en el copo control (barras vacías), por lance. Técnica de ARASTRE PANTALON.

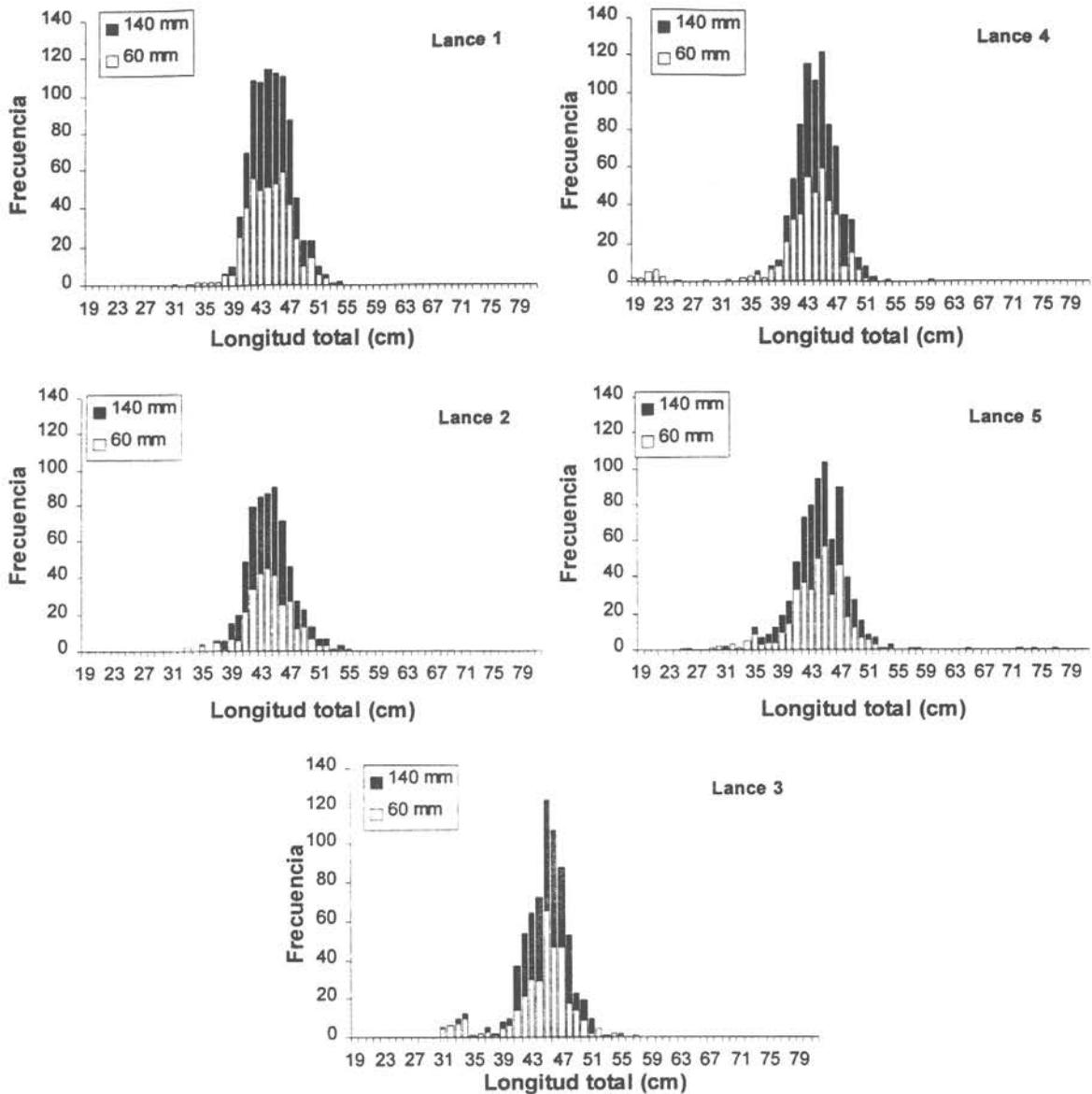


Figura 14. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 140 mm (barras oscuras) y en el copo control (barras vacías), por lance. Técnica de ARRASTRE PANTALON.

### 5.2.1.1. Ajuste de la función logita

Al realizar los ajustes de máximo-verosimilitud, con el modelo de retención a la talla del tipo logita, a los datos obtenidos de los lances de arrastre de pantalón, fue posible determinar en la mayoría de los casos los parámetros de la curva de selección. No obstante, y concordante con lo descrito en la sección anterior, los resultados de algunos ajustes fueron ser bastante ilógicos y/o presentaron valores del estadístico de desviación altos. Así por ejemplo, los resultados para la malla de 100 mm (Tabla 10, Figura 15a), indican que los ajustes efectuados con los datos de los lances 1 y 5 no se deben considerar debido al alto valor del estadístico de desviación y al bajo valor de probabilidad asociado ( $p < 0,05$ ). Por otro lado, el lance 2, si bien presenta un buen nivel de ajuste, los errores estándar asociados a los parámetros son demasiado altos, siendo además la forma de la curva de selección muy disímil a lo que debiera ser la realidad (Figura 15a). Finalmente, los ajustes resultantes de los lances 3 y 4 parecieran ser los más adecuados, sin embargo se optó por otorgar mayor confiabilidad al lance 4 por tener mayor cantidad de grados de libertad y tener más intervalos de tallas representados.

Por otro lado, en los ajustes efectuados para la malla de 130 mm, se consideraron los resultados del lance 4 como los que ofrecían mayor confiabilidad. En la Tabla 11 y Figura 15b se observa que los ajustes con los datos del lance 1, 2 y 5 proporcionaron curvas de retención con formas que no reflejan lo esperado. En tanto que los resultados generados del lance 3 (Tabla 11), si bien ofrecen un buen grado de ajuste y la curva de retención es "razonable", las longitudes de retención son inferiores a las obtenidas en el lance 4 con malla 100 mm (Tabla 10), lo cual contradice la teoría básica que indica que "las longitudes de retención (por ejemplo  $L_{50\%}$ ) deben aumentar con el incremento en el tamaño de malla".

Finalmente, se analizaron los resultados generados de los ajustes realizados con tamaño de luz de malla de 140 mm en el copo experimental, los cuales se resumen en la Tabla 12 y Figura 15c. Aquí, la mayoría de los ajustes proporcionaron curvas de retención a la talla adecuadas, con excepción del lance 5. Los resultados del lance 2 fueron descartados ya que la  $L_{75\%}$  es inferior a la que proporciona el modelo seleccionado con luz de malla de 130 mm. Si bien, los lances 1 y 4 presentaron buenos niveles de ajuste (valor-p), se observa que los valores de las longitudes de retención son muy lejanas a determinadas por el modelo seleccionado con luz de malla de 130 mm. Por esto, se seleccionó el resultado logrado del ajuste efectuado a los datos del lance 3.

Como se puede apreciar, fue posible encontrar solamente un modelo adecuado por cada tamaño de malla, con lo que no se incorpora en el resultado final la variabilidad inherente entre lances para cada tamaño de malla. Esto hace muy poco confiables los resultados, en el sentido de que representen el esquema selectivo de la pesquería para cada tamaño de malla. Solamente reflejan la situación particular que se generó en cada lance. Esta situación llevó a no considerar los resultados en los análisis subsiguientes. Por otro lado, y como se verá más adelante, los resultados que se generaron de la experiencia con cubre-copo no presentaron estos inconvenientes por lo que se consideró apropiado continuar trabajando en la información de cubre-copo.

Tabla 10. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con ARRASTRE PANTALON y malla experimental de 100 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5
<i>a</i>	-48,63 (69,502)	-430,99 (11037,903)	-24,53 (19,410)	-17,78 (12,892)	-20,31 ***
<i>b</i>	1,25 (1,763)	10,49 (269,217)	0,62 (0,495)	0,52 (0,384)	1,11 ***
<i>p</i>	0,51 (0,021)	0,50 (0,021)	0,54 (0,024)	0,53 (0,023)	0,56 ***
<i>l</i> <sub>25</sub>	38,07 (2,296)	40,96 (0,980)	37,72 (2,256)	32,02 (1,675)	17,36 ***
<i>l</i> <sub>50</sub>	38,95 (1,462)	41,07 (1,727)	39,49 (1,974)	34,13 (1,313)	18,35 ***
<i>l</i> <sub>75</sub>	39,83 (1,447)	41,17 (4,407)	41,25 (2,583)	36,24 (2,339)	19,34 ***
<i>F.S.</i>	3,90	4,11	3,95	3,41	1,83
<i>R.S.</i>	1,76 (2,485)	0,21 (5,371)	3,54 (2,818)	4,22 (3,107)	1,99 ***
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo					
Desviación	22,30	7,88	15,31	27,47	61,71
g.l.	11	12	10	21	22
valor-p	0,02	0,79	0,12	0,16	>0,005

\*\*\*: error en la estimación

Tabla 11. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con ARRASTRE PANTALON y malla experimental de 130 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5
<i>a</i>	-546,25 (4801,970)	-7,63 ***	-10,78 (4,343)	-17,10 (7,946)	-6,51 (1202,790)
<i>b</i>	13,76 (122,444)	0,08 ***	0,37 (0,150)	0,48 (0,244)	0,03 (0,305)
<i>p</i>	0,49 (0,022)	1,07 ***	0,50 (0,025)	0,53 (0,024)	0,99 (10,375)
<i>l</i> <sub>25</sub>	39,61 (5,045)	77,18 ***	26,32 (1,942)	33,36 (1,077)	155,51 (35922,193)
<i>l</i> <sub>50</sub>	39,69 (5,558)	90,17 ***	29,31 (1,736)	35,65 (1,883)	187,08 (36197,770)
<i>l</i> <sub>75</sub>	39,77 (6,110)	103,16 ***	32,30 (2,290)	37,94 (2,941)	218,65 (36473,363)
<i>F.S.</i>	3,05	6,94	2,25	2,74	14,39
<i>R.S.</i>	0,16 (1,420)	25,98 ***	5,98 (2,445)	4,58 (2,330)	63,14 (553,354)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo					
Desviación	20,55	***	22,70	17,28	11,40
g.l.	14	***	25	19	12
valor-p	0,11	***	0,60	0,57	0,49

\*\*\*: error en la estimación

Tabla 12. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con ARRASTRE PANTALON y malla experimental de 140 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5
<i>a</i>	-35,93 (14,748)	-43,06 (37,730)	-17,92 (9,323)	-26,36 (9,144)	-348,63 (2232,535)
<i>b</i>	0,91 (0,374)	1,18 (1,063)	0,50 (0,279)	0,66 (0,234)	9,96 (63,787)
<i>p</i>	0,51 (0,022)	0,54 (0,020)	0,55 (0,024)	0,56 (0,027)	0,49 (0,019)
<i>l</i> <sub>25</sub>	38,43 (0,725)	35,41 (1,107)	33,78 (1,150)	38,24 (0,768)	34,88 (0,769)
<i>l</i> <sub>50</sub>	39,64 (0,613)	36,34 (1,346)	35,99 (1,849)	39,90 (0,765)	34,99 (0,139)
<i>l</i> <sub>75</sub>	40,85 (0,852)	37,26 (1,944)	38,19 (2,927)	41,56 (1,127)	35,10 (0,667)
<i>F.S.</i>	2,83	2,60	2,57	2,85	2,50
<i>R.S.</i>	2,42 (1,001)	1,85 (1,663)	4,41 (2,472)	3,33 (1,176)	0,22 (1,412)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo					
Desviación	10,08	17,01	20,49	14,37	14,80
g.l.	12	13	15	14	16
valor-p	0,61	0,20	0,15	0,42	0,54

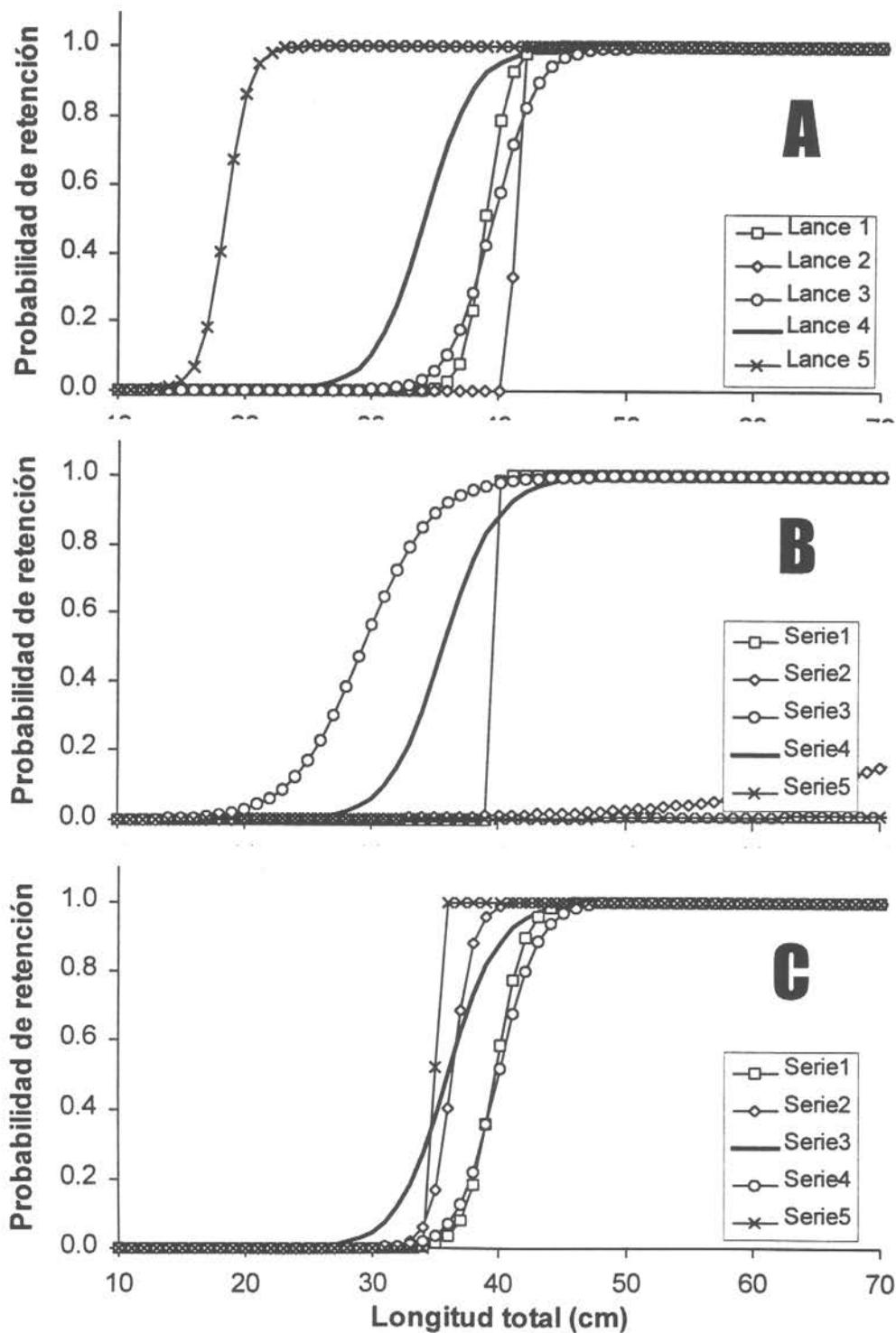


Figura 15. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de ARRASTRE PANTALON, por lance. A: luz de malla experimental de 100 mm, B: luz de malla experimental de 130 mm; y C: luz de malla experimental de 140 mm. La línea continua gruesa indica los ajustes más razonables en cada gráfico.

### 5.2.1.2. Comentario a la experiencia de arrastre pantalón

En secciones anteriores, ya se ha comentado y justificado la no consideración de los resultados obtenidos de las experiencias de arrastre de pantalón en los análisis siguientes. A pesar de esto, y en orden a mejorar las futuras experiencias que se realicen con esta técnica, es necesario tener en consideración los siguientes puntos.

Un arte de arrastre de pantalón debe ser diseñado para asegurar que una cantidad similar de peces, y con rangos de tallas similares, pasen por ambos lados del panel vertical separador y desde allí pasen a los copos. El escape de peces en el cuerpo de la red, debe suceder en similar forma en un arrastre de pantalón y en una red de arrastre normal.

Puesto que las dimensiones de la red se reducen hacia el copo, es indudable que el comportamiento de los peces debiera cambiar a medida que se acercan al copo y esto puede influir la selectividad del arte de pesca. Ahora bien, desde el punto de vista de un pez, las dimensiones de la red, en un arte de arrastre de pantalón, se reducen más drásticamente producto del panel vertical, por lo que el pez comienza a cambiar su comportamiento mucho antes de llegar al copo. Willeman *et al.* (1996) indican que esto es particularmente importante en redes de arrastre pequeñas, en las cuales el volumen interno será reducido. Adicionalmente, estos autores indican que en redes grandes de arrastre pelágico, producto de la flexibilidad de la tela, el panel separador vertical puede ondular y sesgar la división de los peces.

### 5.2.2. Lances con cubre-copo

El análisis de las distribuciones de frecuencias de tallas generadas de las experiencias con cubre-copo es intuitivamente más fácil que el de las generadas con arrastre pantalón, ya que la proporción (a la talla) de peces en el copo de malla grande (tamaño de malla experimental) suministra naturalmente una idea de la curva de retención a la talla.

En las Figuras 16 a 19, se grafican las distribuciones de frecuencias de tallas generadas en cada lance y para cada tamaño de malla experimental y control. En estos gráficos, las barras vacías representan la frecuencia de ejemplares en el cubre-copo, las que en definitiva corresponden a merluzas "escapadas" del copo experimental. En tanto que las barras oscuras representan la frecuencia de ejemplares en el copo, las que corresponden a merluzas "retenidas" en el copo experimental.

En los lances efectuados con el copo experimental con tamaño de luz de malla de 100 mm (Figura 16), se observa que todas las merluzas inferiores a 32 cm de longitud total (LT) escapan por entre las mallas de 100 mm. Por consiguiente, la retención de ejemplares comienza a los 33 cm de LT. A medida que aumenta la talla de las merluzas, se incrementa la proporción retenida. En la mayoría de los lances es posible observar que todas las merluzas cuya LT es superior a 54 cm son completamente retenidas por el copo experimental.

En los lances efectuados con luz de malla 110 mm (Figura 17), es posible apreciar una situación similar a la anteriormente descrita. La mayoría de las merluzas inferiores a longitudes de 30-32 cm escapan del copo experimental, incrementándose la proporción retenida a medida que aumenta la talla. Sobre 56 cm de LT la mayoría de los ejemplares son completamente retenidos por el copo con luz de malla 110 mm.

En los lances con luz de malla 130 mm (Figura 18), las mayoría de las merluzas con LT inferior a 34 cm escapan del copo experimental. En tanto que la mayoría de las merluzas superiores a 56-58 cm de LT son completamente retenidas por el copo. En los lances con luz de malla 140 mm (Figura 19), las mayoría de las merluzas con LT inferior a 36-38 cm escapan del copo experimental. En tanto que la mayoría de los ejemplares superiores a 57-58 cm de LT son completamente retenidos por el copo.

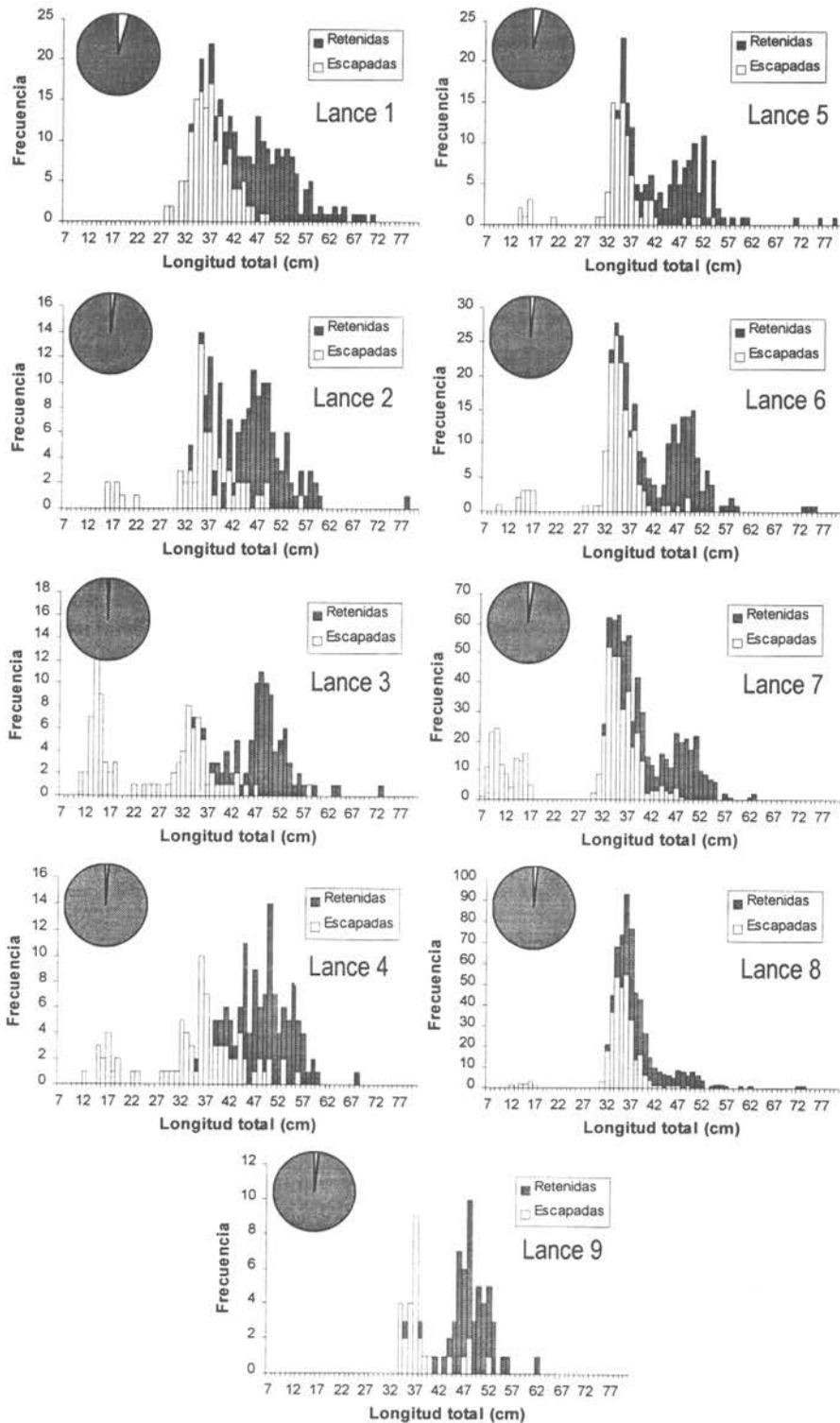


Figura 16. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 100 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo.

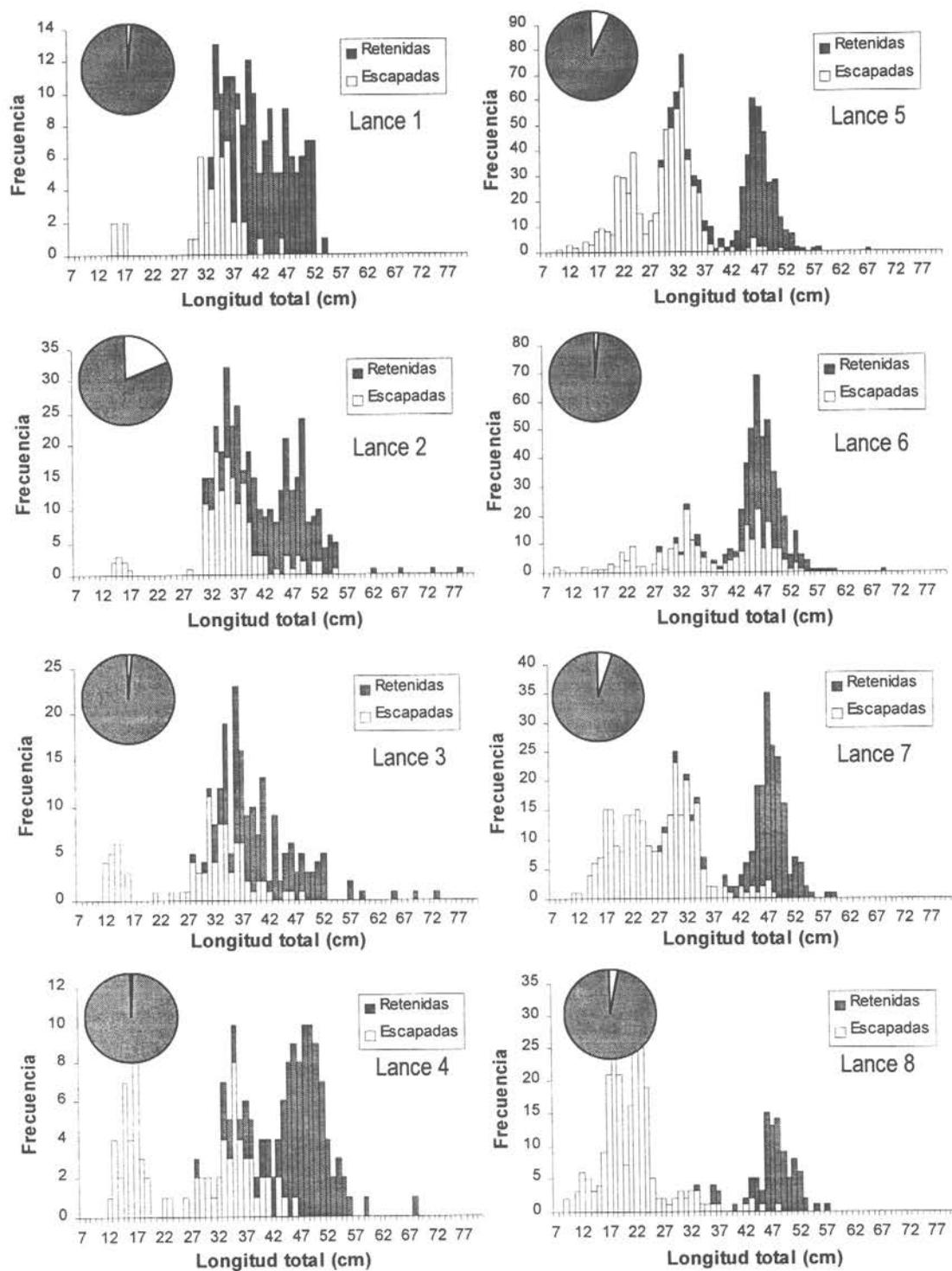


Figura 17. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 110 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo.

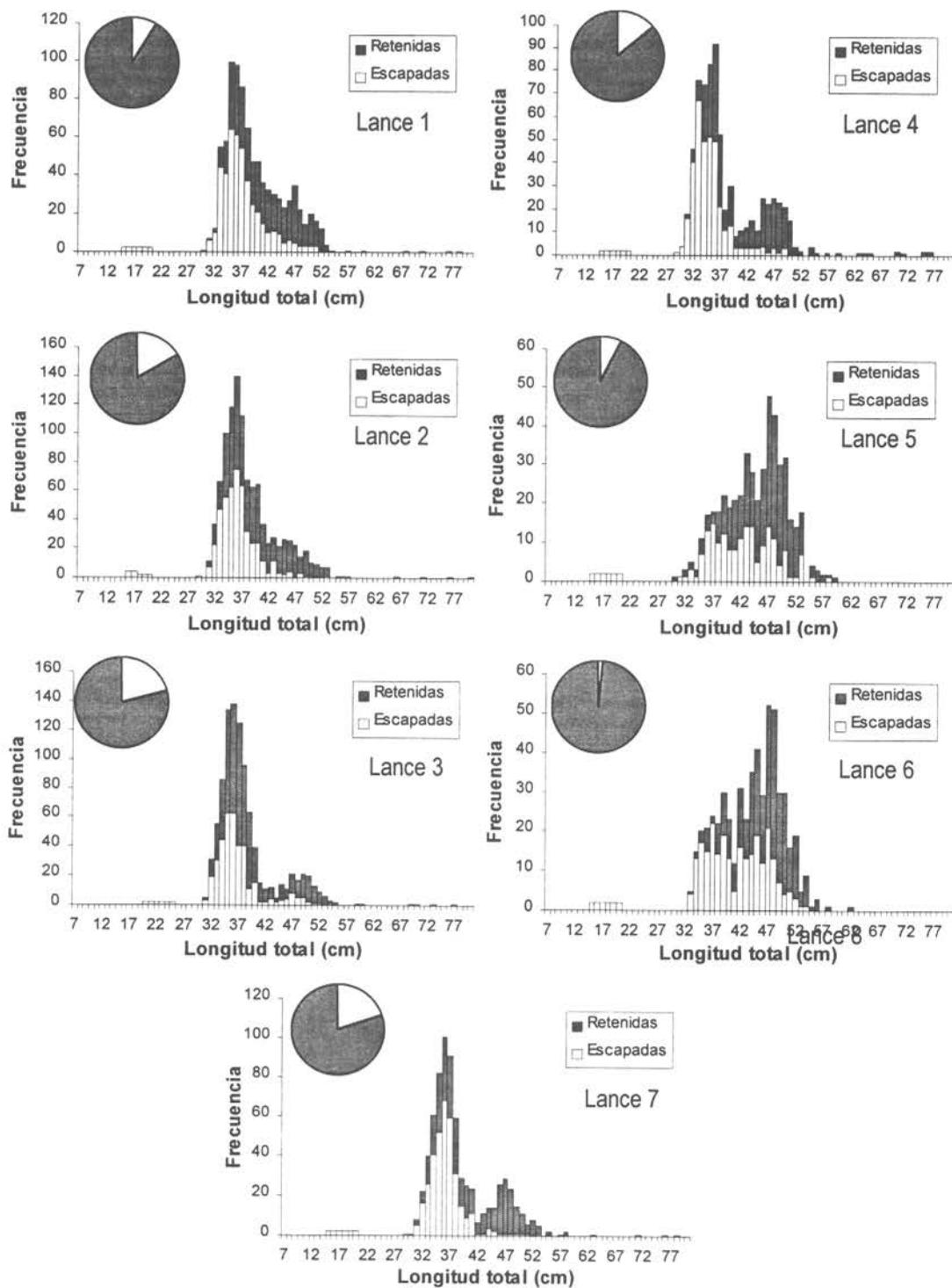


Figura 18. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 130 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo.

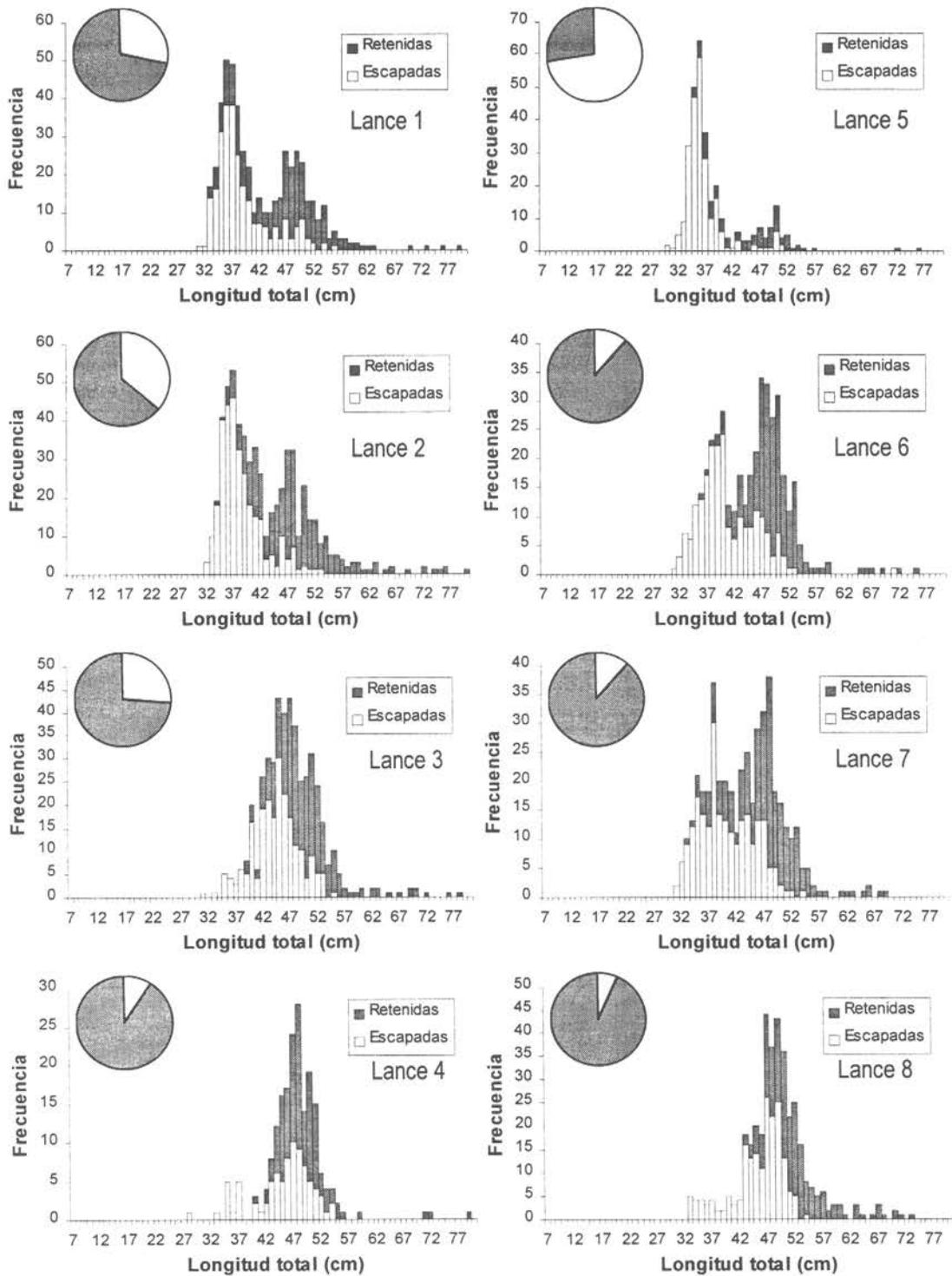


Figura 19. Distribución de frecuencias de tallas de AMBOS SEXOS de merluza común en el copo de 140 mm (barras oscuras) y en el CUBRE-COPO (barras vacías), por lance. En el círculo se indica el porcentaje en peso retenido y escapado del copo.

Una situación interesante que se deduce de las Figuras 16 a 19 es que a medida que se aumenta el tamaño de malla, la proporción (en peso) de ejemplares que escapan también se incrementa (ver gráfico de torta en estas figuras). Esta situación se resumió en la Figura 20, y fue modelada a través de un ajuste potencial.

Lo anterior tiene una gran implicancia en los rendimientos de pesca, si se pretende incrementar el tamaño de malla de los copos que actualmente utiliza la pesquería (la legislación vigente indica que el tamaño mínimo de luz de malla en los copos es de 100 mm). Actualmente, la "pérdida" de captura (en peso) es de un 2,5% en relación a todos los ejemplares que entran al copo. Un incremento de tamaño de malla a 140 mm, por ejemplo, reduciría los rendimientos de los lances de pesca a 28% en promedio, pudiendo incluso ser más grande y verificarse una pérdida de hasta un 72% (Figura 20).

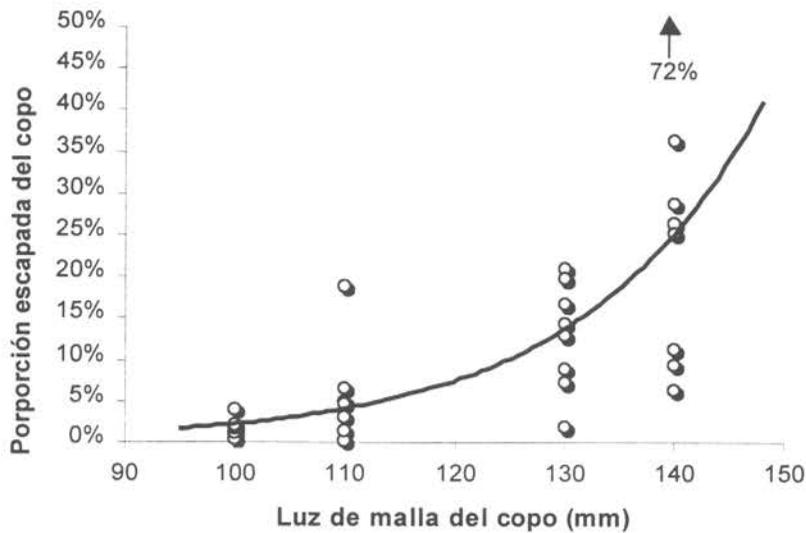


Figura 20. Proporción (en peso) de merluza escapada del copo según luz de malla en el copo, por lance. La curva modela los valores promedio para cada luz de malla. El registro de 72% para luz de malla de 140 mm no es graficado. Lances efectuados con la técnica de CUBRE-COPO.

### 5.2.2.1. Ajuste de la función logita

Los resultados del ajuste de la función logita a los datos de cubre-copo se presentan en las Tablas 13 a 16 y se grafican en las Figuras 21 a 24.

En general se obtuvieron buenos grados de ajuste de los modelos a los datos de cada lance. Las excepciones la constituyeron los lances 9 (luz de malla 100 mm), 1 y 2 (luz de malla 110 mm), 2 y 3 (luz de malla 130 mm), lo cuales presentan niveles de probabilidad inferiores a 0,05 o muy cercanos a este umbral de aceptación. En base a esto, se decidió no considerar los resultados de estos lances en los análisis posteriores. En los demás lances, el grado de ajuste fue alto, al mismo tiempo que la inspección visual de los residuales no presentó problemas y se distribuyeron en forma aleatoria con la talla (ver Anexos 8.2 a 8.5)

Tabla 13. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 100 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Capt. Copo (ton)	2,74	4,43	11,00	6,25	1,70	4,32	9,00	10,73	2,54
Capt. c-copo (ton)	0,12	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,18	0,18	0,05
<i>a</i>	-15,25 (1,689)	-10,49 (1,696)	-18,12 (3,056)	-12,15 (1,875)	-11,63 (1,628)	-15,89 (1,792)	-11,11 (0,883)	-12,78 (1,359)	-15,55 (3,159)
<i>b</i>	0,36 (0,041)	0,27 (0,042)	0,45 (0,075)	0,28 (0,042)	0,30 (0,042)	0,40 (0,047)	0,29 (0,023)	0,35 (0,037)	0,37 (0,073)
<i>I</i> <sub>25%</sub>	38,90 (0,559)	34,90 (1,140)	37,80 (0,900)	38,93 (1,092)	35,35 (0,799)	36,68 (0,504)	35,10 (0,413)	33,78 (0,398)	39,00 (1,277)
<i>I</i> <sub>50%</sub>	41,92 (0,505)	38,99 (0,810)	40,24 (0,784)	42,80 (0,812)	39,04 (0,690)	39,40 (0,495)	38,95 (0,361)	36,96 (0,276)	41,96 (1,013)
<i>I</i> <sub>75%</sub>	44,94 (0,654)	43,07 (0,905)	42,68 (0,867)	46,67 (0,890)	42,73 (0,929)	42,13 (0,660)	42,80 (0,534)	40,14 (0,476)	44,93 (1,047)
<i>Factor de Selección</i>	4,19	3,90	4,02	4,28	3,90	3,94	3,90	3,70	4,20
<i>Rango de selección</i>	6,04 (0,677)	8,17 (1,271)	4,88 (0,813)	7,74 (1,156)	7,38 (1,045)	5,45 (0,631)	7,70 (0,626)	6,36 (0,683)	5,93 (1,164)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo									
Desviación	23,25	13,01	6,00	21,47	19,86	15,93	22,55	14,98	9,68
g.l.	24	13	13	16	14	16	32	18	4
Valor-p	0,505	0,447	0,946	0,161	0,135	0,458	0,892	0,663	0,046

Tabla 14. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 110 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7	8
Capt. copo (ton)	1,53	4,91	1,53	14,61	3,88	10,51	1,78	0,73
Capt. c-copo (ton)	0,02	1,15	0,02	0,02	0,28	0,16	0,09	0,02
<i>a</i>	-16,08 (2,728)	-7,37 (0,889)	-8,96 (1,493)	-11,64 (1,870)	-14,16 (0,852)	-7,70 (0,810)	-14,17 (1,312)	-14,32 (2,171)
<i>b</i>	0,44 (0,073)	0,20 (0,023)	0,26 (0,042)	0,31 (0,048)	0,37 (0,023)	0,18 (0,018)	0,36 (0,032)	0,38 (0,055)
<i>I</i> <sub>25%</sub>	33,93 (0,728)	31,87 (1,001)	30,15 (1,096)	34,27 (1,095)	35,17 (0,357)	35,84 (1,001)	36,29 (0,688)	35,00 (1,170)
<i>I</i> <sub>50%</sub>	36,42 (0,522)	37,44 (0,641)	34,37 (0,696)	37,85 (0,844)	38,12 (0,363)	41,80 (0,608)	39,34 (0,609)	37,91 (1,032)
<i>I</i> <sub>75%</sub>	38,91 (0,598)	43,02 (0,809)	38,58 (0,822)	41,42 (0,916)	41,08 (0,450)	47,77 (0,651)	42,39 (0,648)	40,82 (1,057)
<i>Factor de Selección</i>	3,31	3,40	3,12	3,44	3,47	3,80	3,58	3,45
<i>Rango de selección</i>	4,98 (0,827)	11,16 (1,292)	8,43 (1,347)	7,14 (1,106)	5,92 (0,367)	11,92 (1,173)	6,10 (0,550)	5,82 (0,845)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo								
Desviación	33,10	40,17	15,94	9,36	38,12	27,24	14,23	7,81
g.l.	19	22	17	14	32	23	29	19
valor-p	0,023	0,010	0,528	0,808	0,211	0,246	0,990	0,988

Tabla 15. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 130 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7
Capt. copo (ton)	4,66	3,20	1,74	5,19	3,59	3,44	26,51
Capt. c-copo (ton)	0,46	0,64	0,46	1,29	0,60	0,28	0,48
<i>a</i>	-7,39 (0,640)	-6,89 (0,657)	-3,79 (0,579)	-8,65 (0,796)	-9,88 (0,832)	-6,07 (0,845)	-7,78 (0,855)
<i>b</i>	0,19 (0,016)	0,19 (0,018)	0,11 (0,015)	0,23 (0,021)	0,26 (0,023)	0,15 (0,019)	0,18 (0,019)
<i>I</i> <sub>25%</sub>	33,33 (0,613)	30,62 (0,708)	23,90 (1,923)	33,22 (0,547)	33,30 (0,440)	33,44 (1,493)	36,94 (0,909)
<i>I</i> <sub>50%</sub>	39,14 (0,395)	36,42 (0,364)	33,66 (0,773)	38,05 (0,373)	37,46 (0,349)	40,82 (0,774)	43,01 (0,531)
<i>I</i> <sub>75%</sub>	44,96 (0,669)	42,23 (0,586)	43,43 (1,054)	42,89 (0,617)	41,63 (0,553)	48,21 (0,883)	49,08 (0,763)
<i>Factor de Selección</i>	3,01	2,80	2,59	2,93	2,88	3,14	3,31
<i>Rango de selección</i>	11,63 (1,011)	11,61 (1,078)	19,53 (2,688)	9,67 (0,896)	8,33 (0,715)	14,77 (1,903)	12,15 (1,300)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo							
Desviación	7,64	30,71	30,85	26,39	22,41	21,87	14,52
g.l.	20	21	21	21	18	18	20
valor-p	0,994	0,079	0,076	0,192	0,214	0,238	0,803

Tabla 16. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 140 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7	8
Capt. copo (ton)	6,02	7,48	6,74	0,90	0,29	5,42	6,59	4,52
Capt. c-copo (ton)	2,44	4,28	2,41	0,09	0,75	0,70	0,85	0,31
<i>a</i>	-7,53 (0,734)	-13,73 (1,065)	-11,59 (1,329)	-7,91 (1,941)	-11,70 (1,259)	-15,48 (1,455)	-9,86 (0,994)	-19,38 (2,293)
<i>b</i>	0,18 (0,017)	0,32 (0,026)	0,25 (0,028)	0,17 (0,041)	0,27 (0,031)	0,34 (0,032)	0,23 (0,023)	0,40 (0,047)
<i>l</i> <sub>25%</sub>	36,22 (0,787)	38,96 (0,403)	41,81 (0,682)	38,98 (2,074)	39,57 (0,616)	41,69 (0,504)	38,72 (0,690)	45,66 (0,459)
<i>l</i> <sub>50%</sub>	42,41 (0,589)	42,35 (0,358)	46,19 (0,425)	45,27 (0,967)	43,68 (0,766)	44,88 (0,389)	43,58 (0,500)	48,41 (0,320)
<i>l</i> <sub>75%</sub>	48,60 (0,903)	45,73 (0,486)	50,57 (0,625)	51,55 (1,404)	47,78 (1,121)	48,06 (0,473)	48,43 (0,706)	51,15 (0,451)
<i>Factor de Selección</i>	3,03	3,03	3,30	3,23	3,12	3,21	3,11	3,46
<i>Rango de selección</i>	12,38 (1,218)	6,78 (0,534)	8,76 (0,994)	12,58 (2,967)	8,20 (0,961)	6,37 (0,593)	9,71 (0,975)	5,49 (0,648)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo								
Desviación	13,85	21,36	19,06	10,47	20,03	11,56	21,78	13,60
g.l.	21	22	18	10	13	20	22	15
valor-p	0,876	0,499	0,388	0,400	0,095	0,930	0,473	0,556

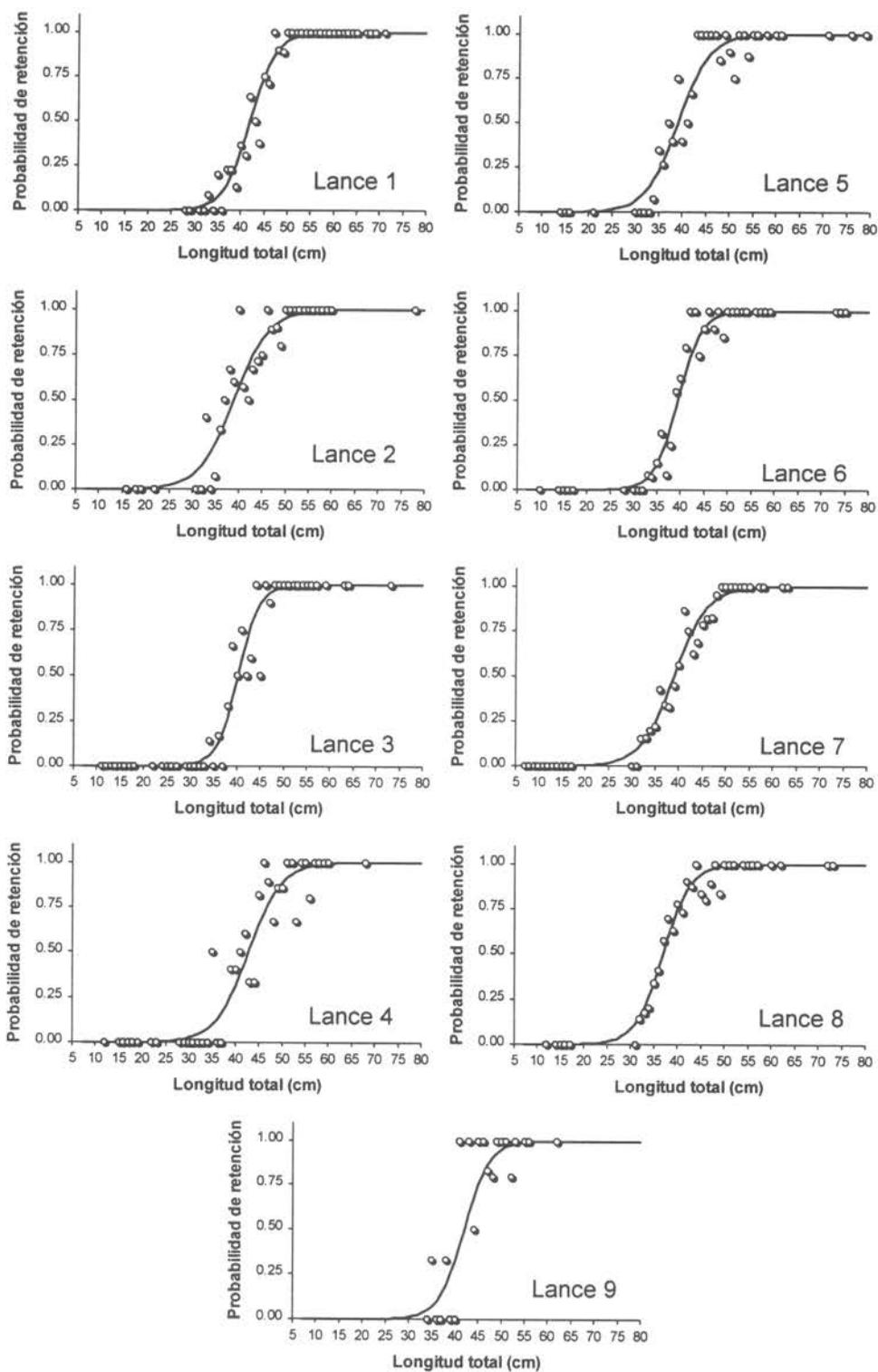


Figura 21. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 100 mm en el copo.

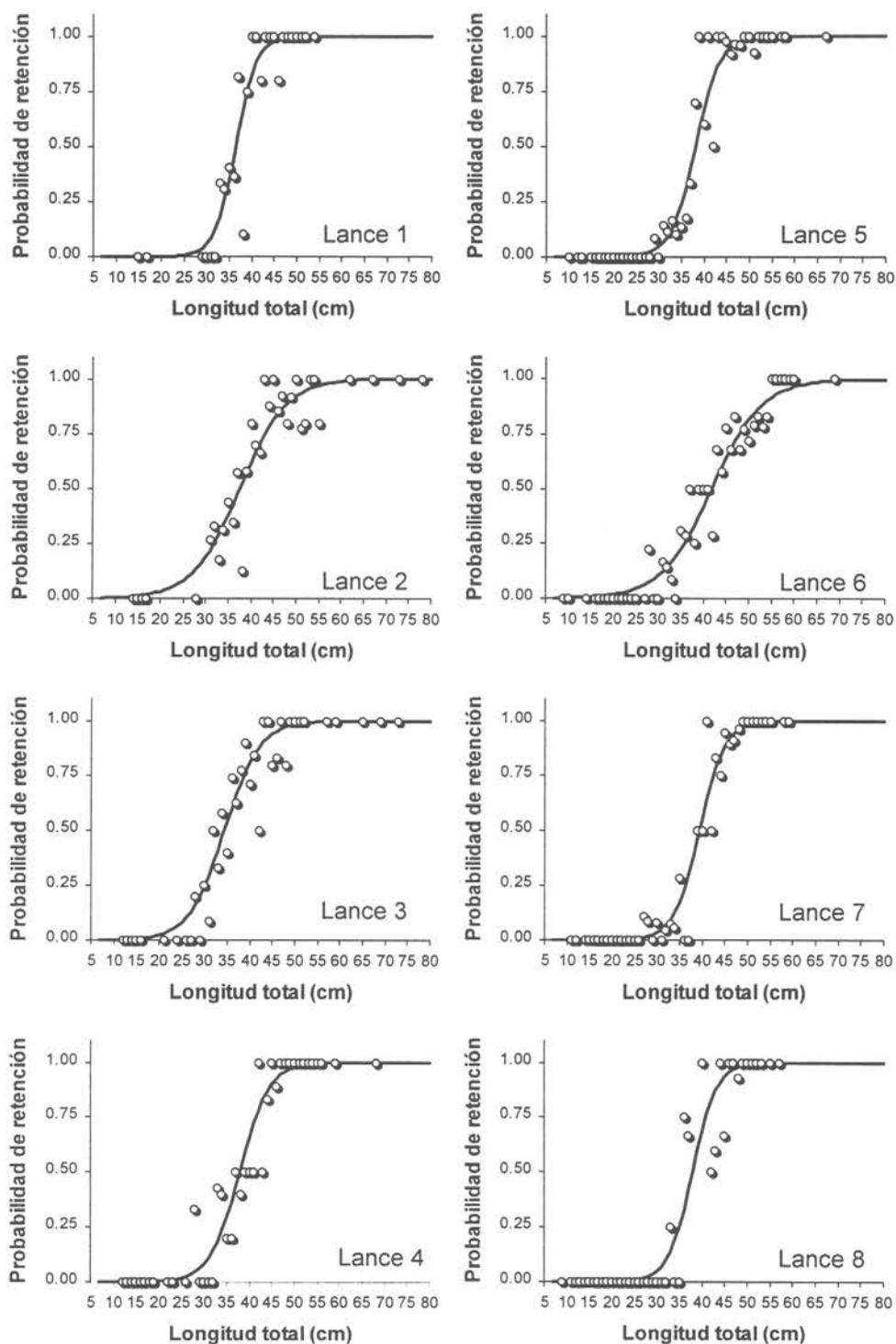


Figura 22. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 110 mm en el copo.

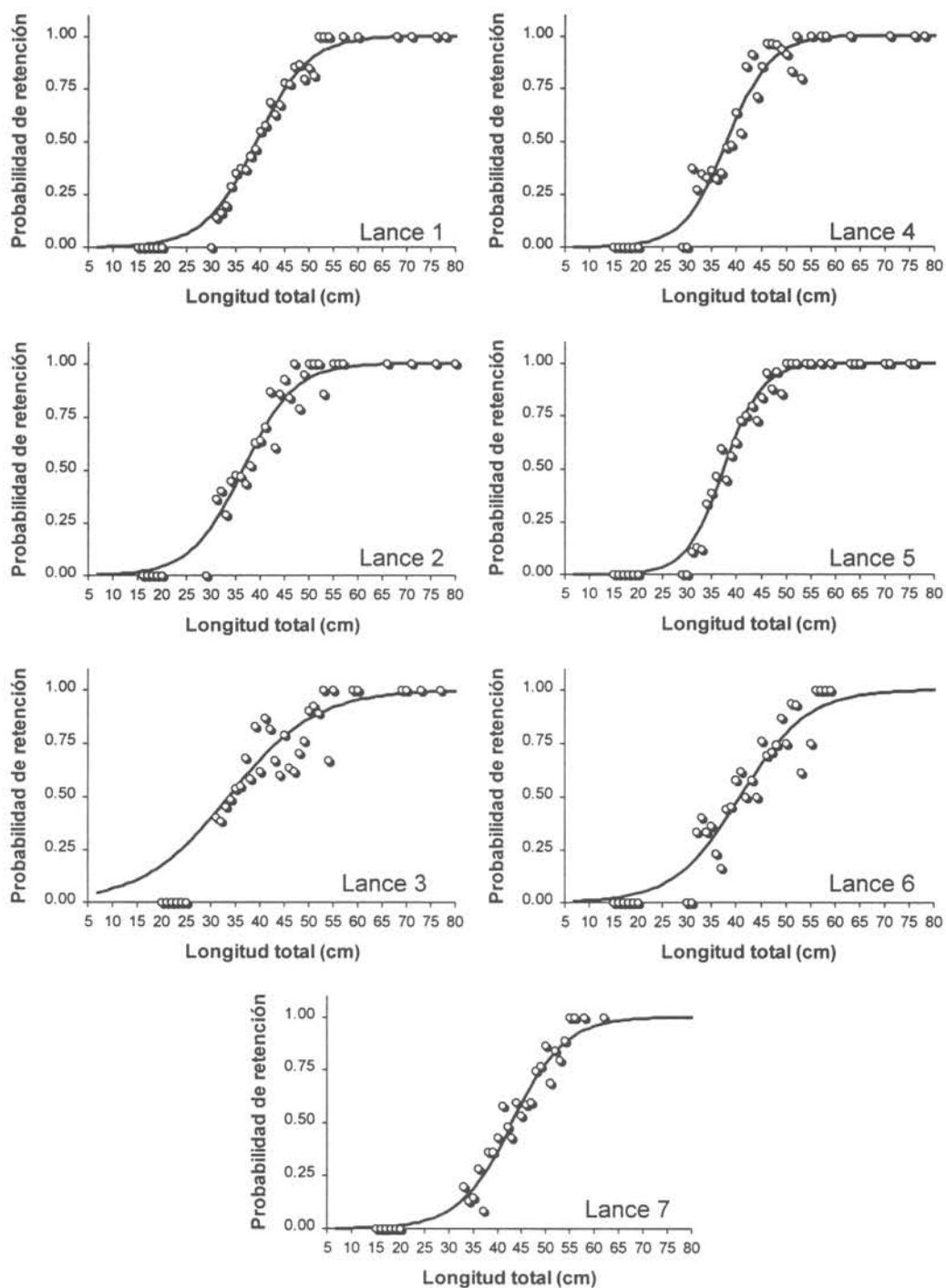


Figura 23. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 130 mm en el copo.

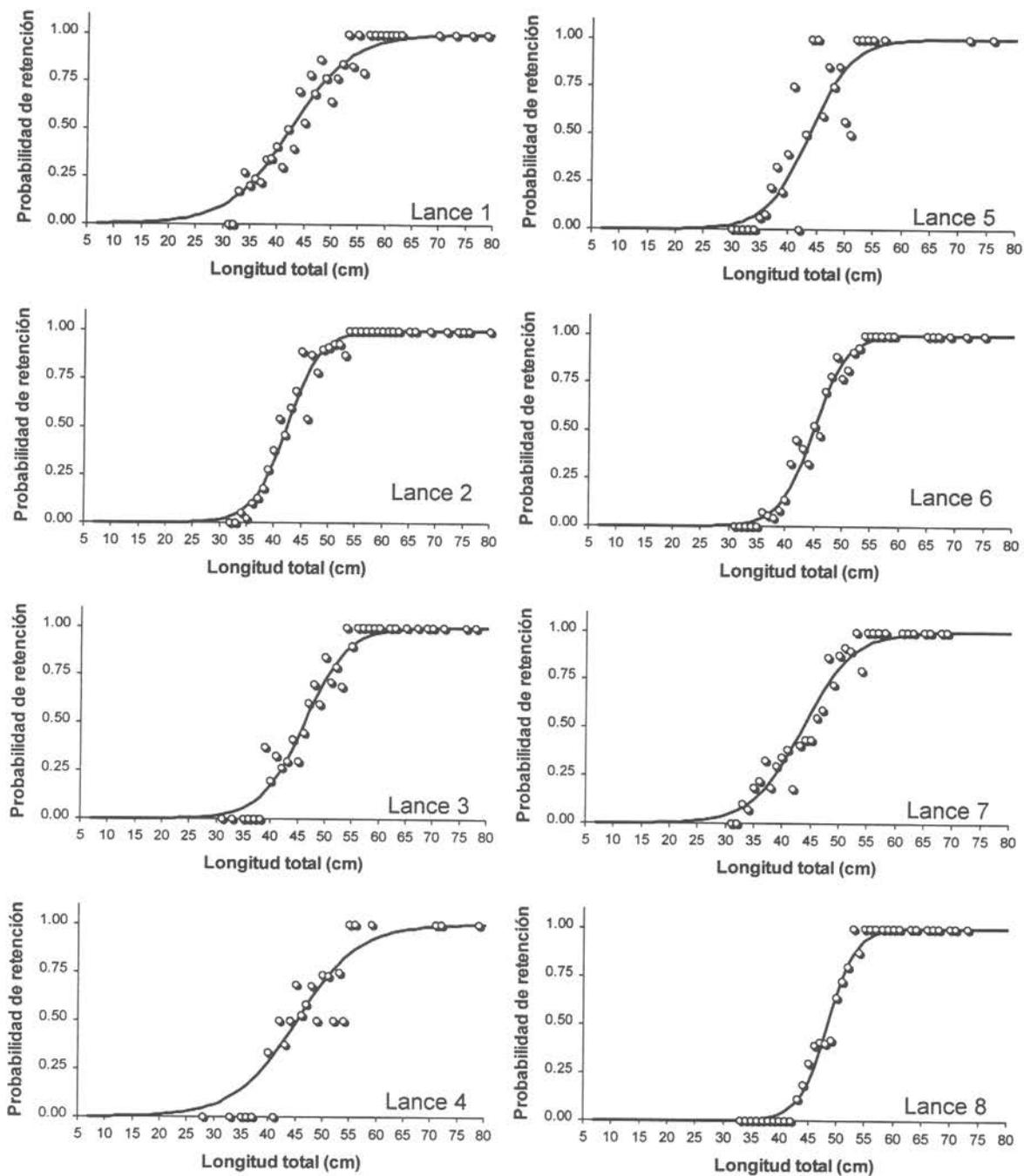


Figura 24. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 140 mm en el copo.

### 5.2.2.2. Ajuste de la función de Richards

Dado que los datos generados a partir de las experiencias de cubre-copo, proporcionaron mejores y más razonables ajustes que los de arrastre de pantalón (al evaluar la función logita), se decidió continuar los análisis y probar otro esquema de selección: la función o modelo de Richards. Este modelo de retención incorpora asimetría a la curva de selección logita, a través de un parámetro adicional,  $\delta$ . Los resultados de estos análisis se proporcionan en las Tablas 17 a 20 y Figuras 25 a 28. En la mayoría de los casos el grado de ajuste aumentó y, obviamente, el número de grados de libertad disminuyó en 1, al estimarse un parámetro adicional.

Finalmente, es necesario indicar que algunos ajustes, al ser efectuados en S-plus (con los códigos fuentes del Dr. Russell Millar), presentaron errores, los cuales se debieron a singularidad en la matriz de datos utilizada para calcular la varianza de los parámetros. Al ocurrir esto, el programa del Dr. Millar no proporciona el valor de los parámetros estimados, solamente entrega el valor de la sumatoria de la función de máximo-verosimilitud del modelo de Richards. Por este motivo, la rutina de cálculo fue implementada adicionalmente en Excel, con esto se lograron estimaciones de parámetros y del grado de ajuste. En estos casos, los resultados fueron informados en las Tablas 17 a 20 mediante una línea horizontal.

Tabla 17. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 100 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>a</i>	-30,59 (13,42)	-5,65 (11,47)	-15,19 (6,77)	-0,76 (1031,70)	-0,90 (1565,92)	-12,84 (4,47)	-12,62 (3,04)	-3,11 (197,08)	-10,77 (10,16)
<i>b</i>	0,67 (0,27)	0,21 (0,07)	0,40 (0,13)	0,21 (0,06)	0,24 (0,06)	0,35 (0,08)	0,31 (0,06)	0,26 (0,06)	0,30 (0,14)
$\delta$	3,47 (1,86)	0,80 (0,90)	0,59 (0,77)	0,25 (0,50)	0,37 (0,61)	0,33 (0,58)	0,37 (0,61)	0,29 (0,54)	1,34 (1,16)
<i>I</i> <sub>25%</sub>	39,35 (0,68)	35,10 (0,88)	37,56 -	38,73 -	35,45 -	36,51 (0,53)	35,11 (0,44)	34,00 -	38,65 (1,41)
<i>I</i> <sub>50%</sub>	42,79 (0,69)	38,50 (0,95)	39,90 -	42,06 -	38,37 -	39,10 (0,63)	39,11 (0,46)	36,71 -	41,37 (1,59)
<i>I</i> <sub>75%</sub>	45,31 (0,65)	42,70 (1,01)	42,45 -	46,29 -	42,07 -	41,96 (0,70)	42,86 (0,53)	40,16 -	44,55 (1,35)
<i>Factor de Selección</i>	4,28	3,85	3,99	4,21	3,84	3,91	3,91	3,67	4,14
<i>Rango de selección</i>	5,96 (0,74)	7,60 (1,17)	4,89 -	7,56 -	6,62 -	5,45 (0,62)	7,75 (0,64)	6,17 -	5,90 (1,09)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo									
Desviación	20,60	13,32	6,35	17,78	17,35	15,61	22,33	11,77	8,82
g.l.	23	12	12	15	13	15	31	17	3
Valor-p	0,605	0,346	0,897	0,274	0,184	0,408	0,872	0,814	0,032

Tabla 18. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 110 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>a</i>	-15,15 (6,84)	-4,42 (5,19)	0,31 (714,15)	-48,44 (38,03)	-15,01 (2,78)	-3,38 (3,75)	-20,30 (6,97)	-5,30 (61,14)
<i>b</i>	0,42 (0,14)	0,16 (0,04)	0,20 (0,06)	1,07 (0,81)	0,39 (0,06)	0,13 (0,03)	0,48 (0,14)	0,28 (0,08)
$\delta$	1,23 (1,11)	0,72 (0,85)	0,53 (0,73)	53,24 (7,30)	0,16 (0,40)	0,18 (0,42)	0,12 (0,35)	0,44 (0,67)
<i>I</i> <sub>25%</sub>	33,95 (0,71)	32,33 (0,94)	30,66 -	34,55 (1,53)	35,26 (0,47)	35,31 (1,02)	37,12 (0,99)	34,15 -
<i>I</i> <sub>50%</sub>	36,37 (0,62)	37,13 (0,73)	34,07 -	39,82 (0,98)	38,25 (0,54)	41,03 (0,82)	40,26 (1,01)	36,67 -
<i>I</i> <sub>75%</sub>	38,88 (0,65)	42,83 (0,88)	38,39 -	42,99 (0,99)	41,16 (0,52)	47,95 (0,81)	42,97 (0,80)	39,86 -
<i>Factor de Selección</i>	3,31	3,38	3,10	3,62	3,48	3,73	3,66	3,33
<i>Rango de selección</i>	4,92 (0,88)	10,50 (1,37)	7,73 -	8,44 (1,67)	5,90 (0,37)	12,64 (1,34)	5,85 (0,56)	5,71 -
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo								
Desviación	33,15	39,59	14,34	6,99	37,99	25,03	13,24	7,77
g.l.	18	21	16	13	31	22	28	18
Valor-p	0,016	0,008	0,574	0,903	0,181	0,296	0,992	0,982

Tabla 19. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 130 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7
<i>a</i>	-5,52 (2,99)	-11,40 (4,20)	4,10 (859,35)	-14,82 (5,34)	-0,04 (574,21)	-1,67 (9,38)	-5,93 (3,83)
<i>b</i>	0,16 (0,04)	0,27 (0,08)	0,10 (0,02)	0,34 (0,10)	0,20 (0,04)	0,11 (0,03)	0,16 (0,05)
$\delta$	0,45 (0,67)	2,38 (1,54)	0,62 (0,79)	2,40 (1,55)	0,20 (0,45)	0,39 (0,62)	0,66 (0,81)
<i>l</i> <sub>25%</sub>	33,55 (0,62)	29,38 (1,50)	26,73 -	32,57 (0,96)	33,59 -	34,07 (1,31)	37,01 (0,84)
<i>l</i> <sub>50%</sub>	38,95 (0,47)	36,67 (0,43)	33,93 -	38,50 (0,53)	36,99 -	40,44 (0,81)	42,81 (0,66)
<i>l</i> <sub>75%</sub>	44,98 (0,71)	42,32 (0,56)	43,06 -	43,05 (0,63)	41,30 -	48,35 (1,03)	49,20 (0,87)
<i>Factor de Selección</i>	3,00	2,82	2,61	2,96	2,85	3,11	3,29
<i>Rango de selección</i>	11,43 (1,02)	12,94 (1,82)	16,34 -	10,48 (1,35)	7,70 -	14,27 (1,83)	12,19 (1,30)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo							
Desviación	7,55	28,14	29,96	22,39	16,83	21,54	14,39
g.l.	19	20	20	20	17	17	19
Valor-p	0,991	0,106	0,071	0,320	0,466	0,203	0,761

Tabla 20. Resultado de los ajustes con modelo de retención de RICHARDS, a los lances individuales con CUBRE-COPO y malla experimental de 140 mm. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Lance	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>a</i>	-8,61 (4,74)	-5,16 (16,20)	-11,54 (4,82)	1,28 (1119,54)	0,46 (1111,06)	-10,88 (3,94)	-25,57 (12,19)	-46,95 (22,92)
<i>b</i>	0,19 (0,07)	0,23 (0,04)	0,25 (0,08)	0,14 (0,07)	0,18 (0,05)	0,27 (0,06)	0,51 (0,23)	0,90 (0,43)
$\delta$	1,67 (1,29)	0,08 (0,29)	0,83 (0,91)	0,86 (0,93)	0,18 (0,43)	0,19 (0,44)	6,00 (2,45)	7,04 (2,65)
<i>l</i> <sub>25%</sub>	36,17 (0,87)	38,57 (0,38)	41,81 (0,70)	40,05 -	38,77 -	41,39 (0,55)	38,75 (0,93)	45,58 (0,61)
<i>l</i> <sub>50%</sub>	42,57 (0,91)	41,66 (0,42)	46,19 (0,51)	45,12 -	42,57 -	44,49 (0,52)	44,46 (0,58)	48,91 (0,37)
<i>l</i> <sub>75%</sub>	48,62 (0,88)	45,56 (0,55)	50,57 (0,63)	51,54 -	47,38 -	48,04 (0,53)	48,34 (0,54)	51,15 (0,37)
<i>Factor de Selección</i>	3,04	2,98	3,30	3,22	3,04	3,18	3,18	3,49
<i>Rango de selección</i>	12,45 (1,28)	6,99 (0,59)	8,76 (1,00)	11,49 -	8,62 -	6,65 (0,69)	9,58 (1,11)	5,56 (0,74)
<i>H</i> <sub>0</sub> : modelo								
Desviación	13,93	15,97	19,06	8,57	1519,63	10,40	17,38	9,89
g.l.	20	21	17	9	12	19	21	14
Valor-p	0,834	0,772	0,325	0,478	0,000	0,942	0,688	0,770

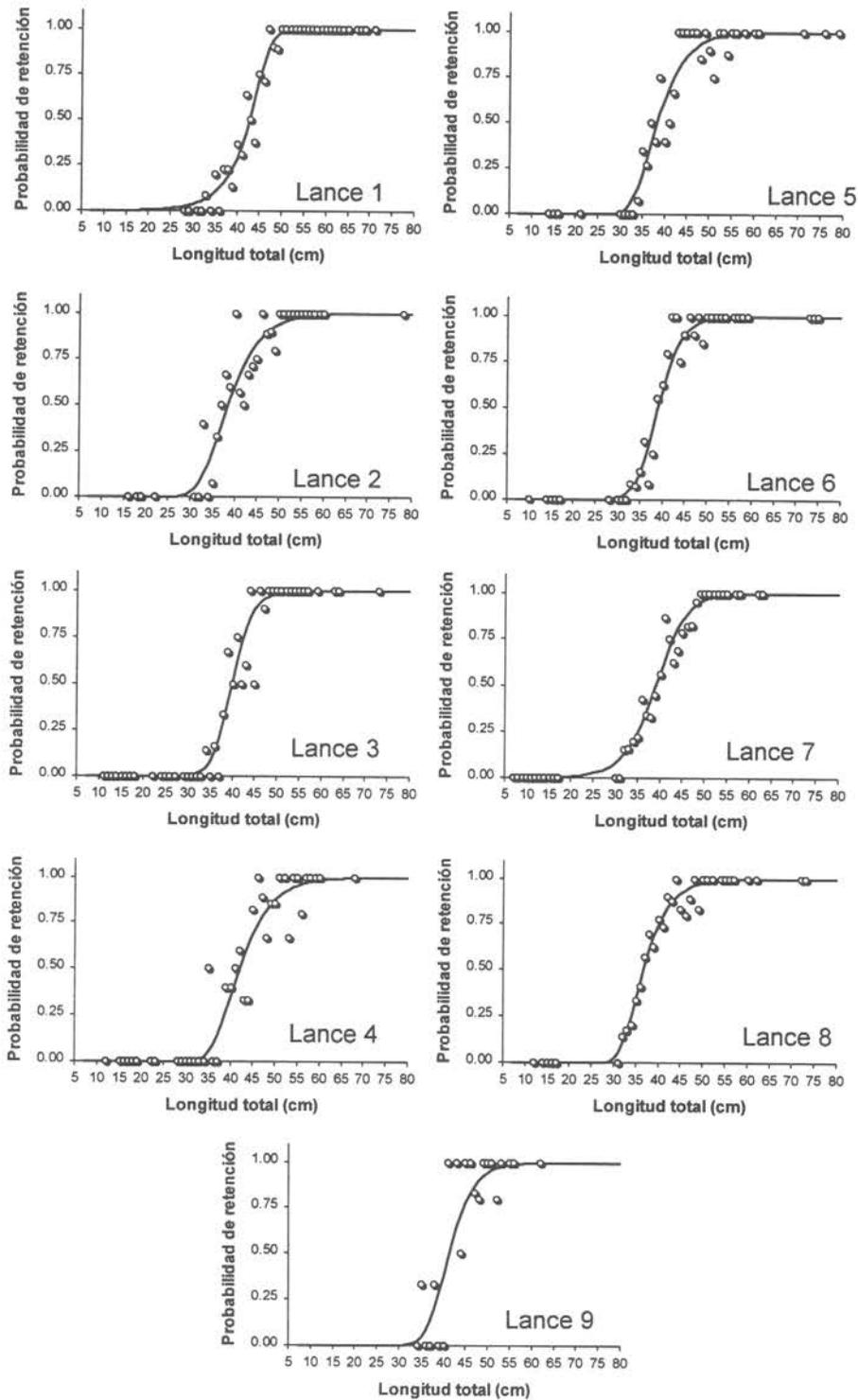


Figura 25. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 100 mm en el copo.

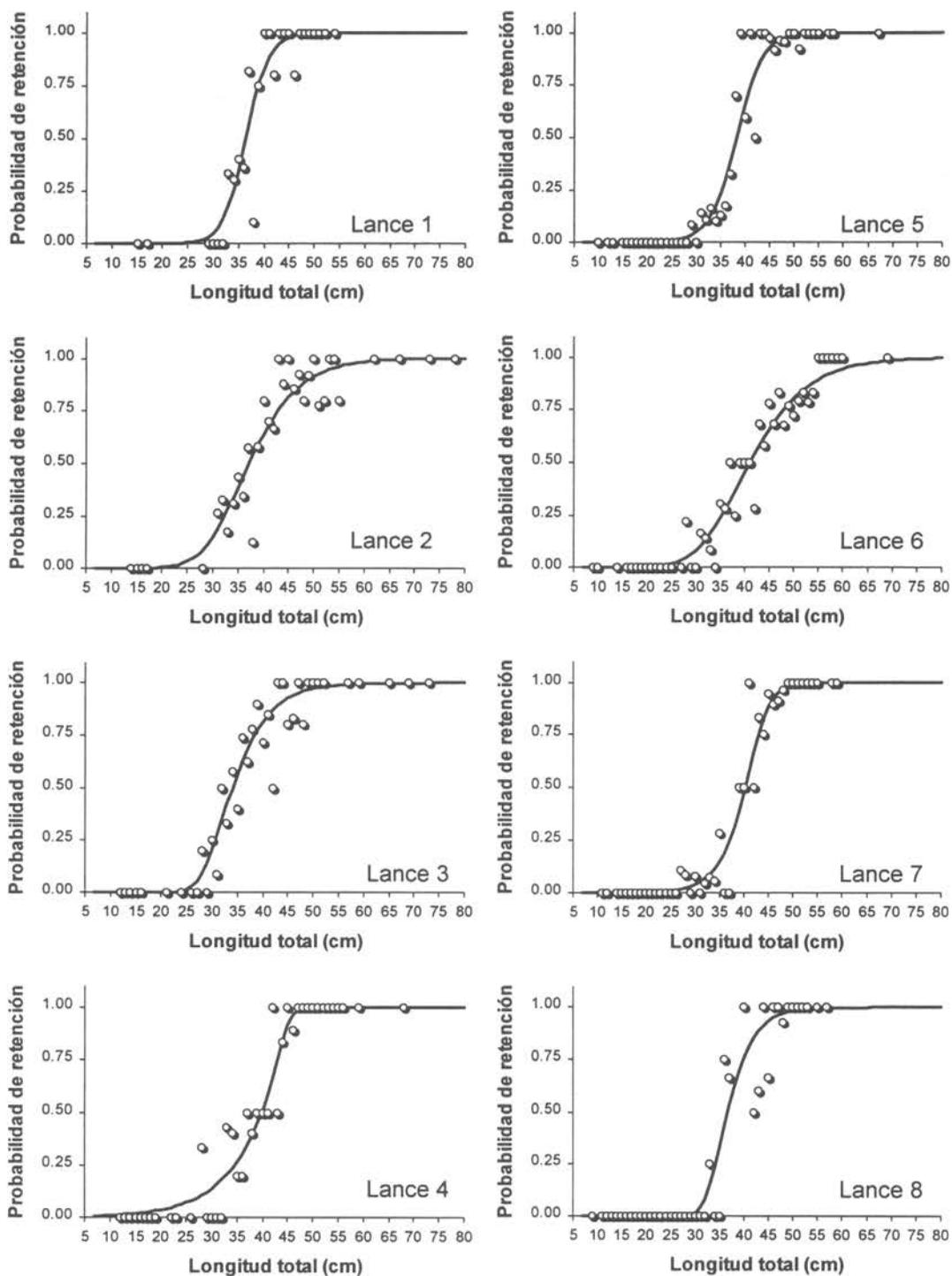


Figura 26. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 110 mm en el copo.

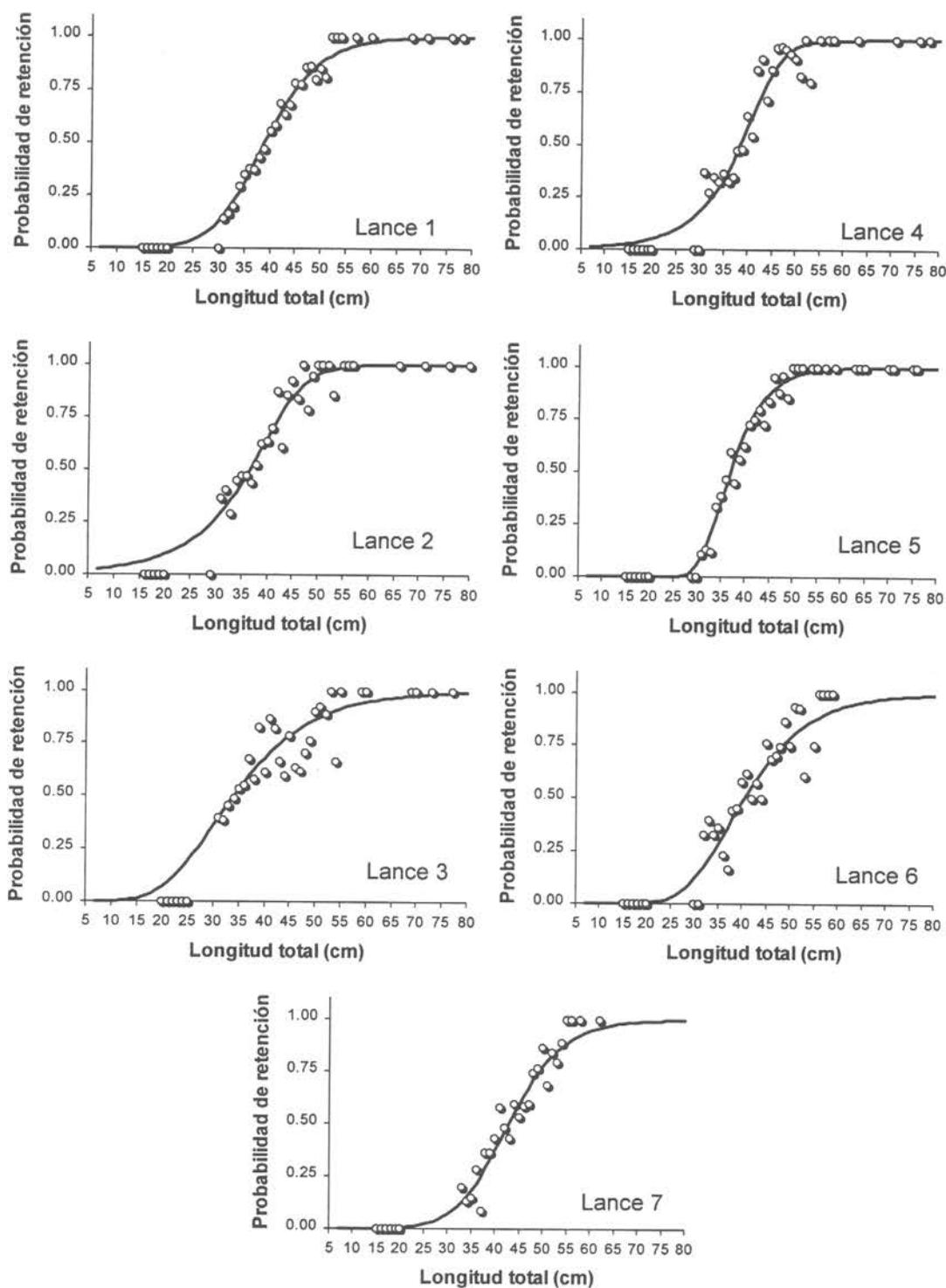


Figura 27. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 130 mm en el copo.

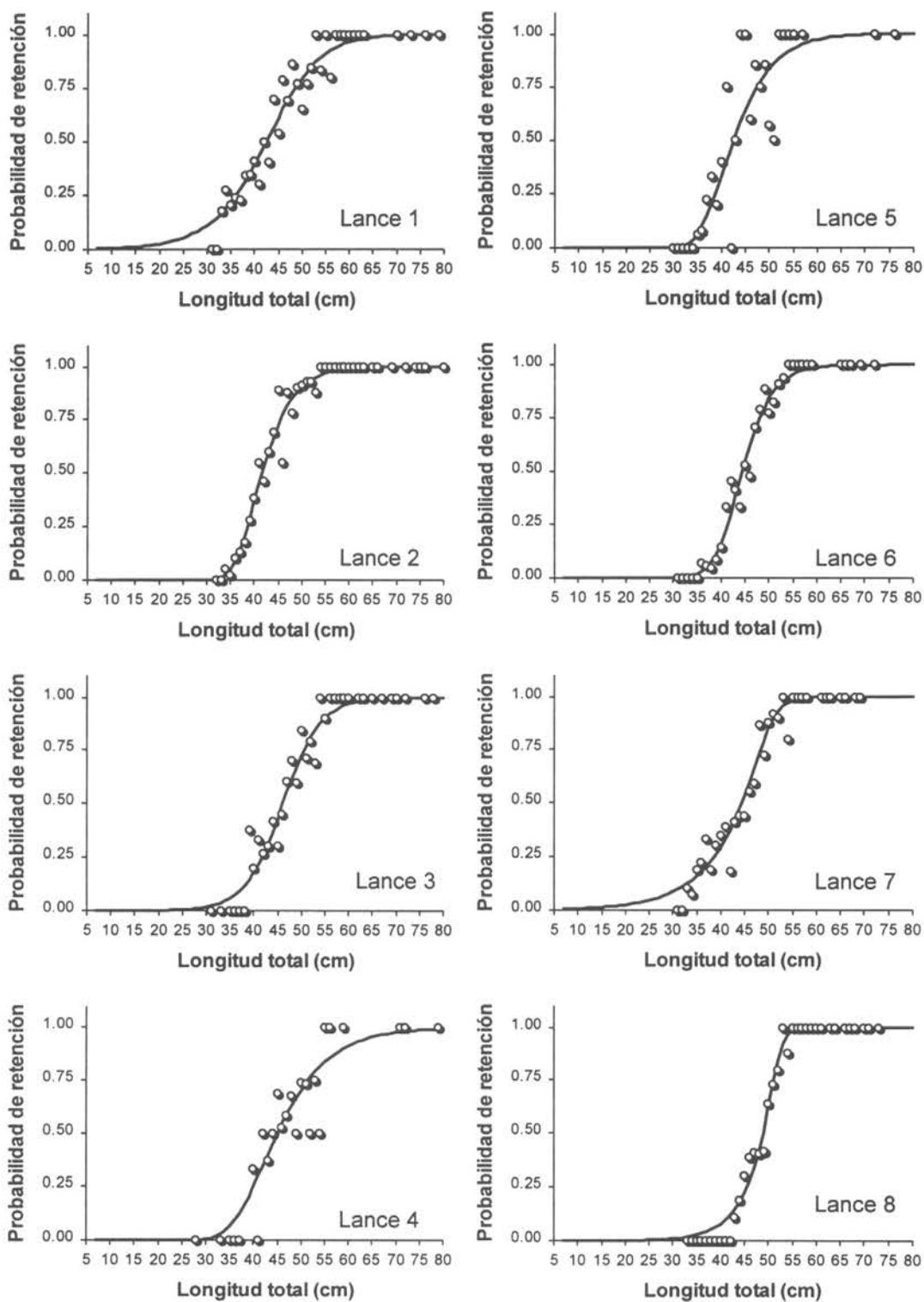


Figura 28. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo RICHARDS) a los datos de CUBRE-COPO, por lance, con luz de malla de 140 mm en el copo.

### 5.2.2.3. Comparación de modelos

La comparación entre los modelos Logita y Richards se efectuó a través del test de razón de verosimilitud (McCullagh y Nelder, 1989), utilizando como hipótesis nula el modelo de retención a la talla es de tipo logita simétrico, es decir  $H_0: \delta=1$ . En los 32 test efectuados, no se encontraron evidencias estadísticas para rechazar la hipótesis nula, lo cual significa que el modelo de Richards no aporta una mejora estadísticamente significativa (Tabla 21).

En base a estos resultados, los análisis subsiguientes se efectuaron considerando solamente el modelo logístico o logita, ya que al parecer este esquema de selección es un atributo particular de la interacción entre los peces y al arte de pesca considerado (red de arrastre de fondo tipo "Engel").

Tabla 21. Resultados de comparación de modelos Logita versus Richards ( $H_0: \delta=1$ ). Nivel de probabilidad para aceptación de hipótesis nulo es  $p \geq 0,005$

Tamaño de malla (mm)	Estadístico	LANCE								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	Desviación	2,647	-0,317	-0,355	3,682	2,503	0,317	0,228	3,207	0,864
	g.l.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	valor-p	0,104	--	--	0,055	0,114	0,573	0,633	0,073	0,353
	Hipótesis	Acept.								
110	Desviación	-0,052	0,587	1,603	2,367	0,134	2,216	0,996	0,046	
	g.l.	1	1	1	1	1	1	1	1	
	valor-p	--	0,444	0,205	0,124	0,714	0,137	0,318	0,831	
	Hipótesis	Acept.								
130	Desviación	0,085	2,563	0,890	4,005	5,587	0,334	0,132		
	g.l.	1	1	1	1	1	1	1		
	valor-p	0,770	0,109	0,345	0,045	0,018	0,563	0,716		
	Hipótesis	Acept.								
140	Desviación	-0,076	5,392	-0,003	1,899	5,701	1,162	4,399	3,706	
	g.l.	1	1	1	1	1	1	1	1	
	valor-p	--	0,020	--	0,168	0,017	0,281	0,036	0,054	
	Hipótesis	Acept.								

El hecho de que la curva de selección sea simétrica cerca de  $l_{50\%}$ , implica que no existen diferencias en el comportamiento frente al arte de pesca, ni en las relaciones morfométricas entre peces de longitudes inferiores a  $l_{50\%}$  y superiores a este valor.

#### 5.2.2.4. Integración de las curvas de selección

Como se mencionó en el Capítulo de Materiales y Métodos, la integración de las curvas de selección tiene como propósito encontrar una sola curva de selección a la talla que sea representativa para cada tamaño de malla. Cada una de estas curvas viene a ser como la curva de retención promedio de la pesquería, pues tiene integrada la variabilidad inherente entre lances de pesca.

Evidentemente, y como lo indican Willeman *et al.* (1996), la suma de las distribuciones de frecuencias de tallas se realizó en forma ponderada a la captura de la cual se tomó la muestra, de tal forma que aquellos lances con más captura tuvieran un aporte específico mayor en la estimación del esquema selectivo. A pesar que el estimado de dispersión generado al agrupar las réplicas (REP), se calculó como se indica en el Capítulo 4.2.5.2, se mantuvo la nomenclatura hasta ahora usada en los resultados, de tal forma de no confundir en la lectura de los resultados.

Previo a la integración (suma ponderada) de las distribuciones de frecuencias de tallas, y debido a la gran variabilidad del esquema selectivo entre lances para un mismo tamaño de malla, se realizó un análisis adicional. Este análisis tuvo como finalidad seleccionar, nuevamente, un pool de lances para efectuar la integración de los mismos. Dado que la gráfica entre la longitud de retención al 50% y el tamaño de malla parece mostrar una relación lineal (Margetts, 1954; Beverton y Holt, 1957; Pope *et al.*, 1975; Tokai y Kitahara, 1989; Arana y Ziller, 1994), se utilizó este concepto para eliminar todos los lances que en un ajuste tamaño de malla versus  $L_{50\%}$  fueran superiores a 1 desviación estándar. Los resultados de este análisis se grafican en la Figura 29, donde los puntos oscuros representan los lances que fueron considerados.

En definitiva, para el caso de la malla de 100 mm, los lances que se utilizaron en el análisis combinado de los mismos fueron el 1, 2, 3, 5, 6, 7 y 8. Los lances considerados con la malla de 110 mm fueron el 5, 6 y 7. Los lances considerados con la malla de 130 mm fueron el 1, 6 y 7. Los lances considerados con la malla de 140 mm fueron el 1, 2, 4, 5, 6 y 7.

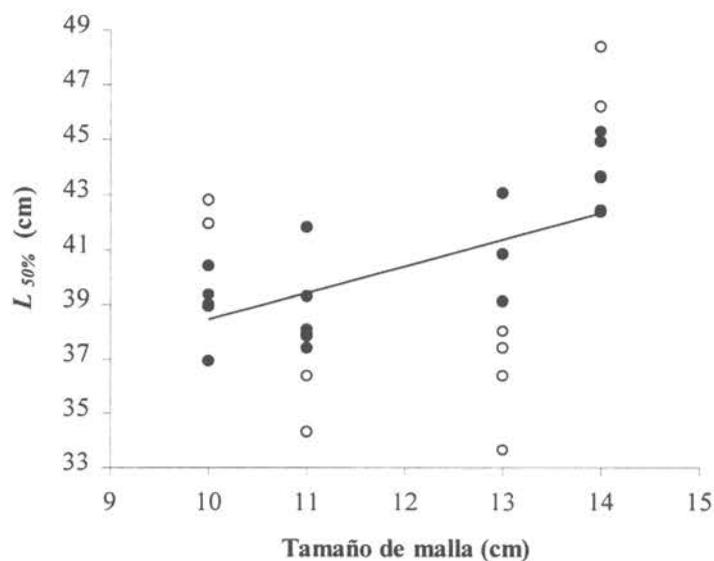


Figura 29. Tamaño de malla (luz de malla, cm) versus longitud de retención al 50% ( $L_{50\%}$ ). Los puntos vacíos son superiores a 1 desviación estándar.

Los resultados de los ajustes a los lances integrados, sin considerar sexo, se muestran en la Tabla 22 y Figura 30. Se logró apreciar que el modelo logístico se ajustó a los datos integrados adecuadamente, lográndose la convergencia en todos los análisis, aunque para el ajuste efectuado a los datos con malla de 110 mm fue necesario efectuar más iteraciones; lo cual se debió a la gran "corrida" de residuales negativos entre 48 cm y 54 cm de LT (Figura 30) y a la gran cantidad de grados de libertad.

El parámetro  $a$  da cuenta de la longitud a la cual comienzan a ser seleccionados los peces y modula la posición de la curva de selección hacia la izquierda o derecha. A medida que el valor de este parámetro se incrementa, los peces son seleccionados a tallas inferiores, es decir la curva de selección se mueve hacia la izquierda. El valor de este parámetro varió entre -7,226 y -13,430, registrándose un leve aumento con el tamaño de malla.

El parámetro  $b$ , regula la pendiente de la curva de selección, es decir, a mayor valor de este parámetro la curva de selección a la talla se asemeja a la forma "filo cuchillo". Este parámetro varió entre 0,176 y 0,341 y se observó una leve tendencia a la disminución con el aumento del tamaño de malla.

La longitud de retención al 50% ( $I_{50\%}$ ) se incrementó con el aumento del tamaño de malla, desde 39,35 cm de LT, para la luz de malla de 100 mm, hasta 43,67 cm de LT, para la luz de malla de 140 mm. Lo mismo ocurrió con  $I_{75\%}$ , la cual aumentó desde 42,56 cm hasta 48,22 cm de LT. Concordante con la tendencia a disminuir del parámetro  $b$ , el rango de selección ( $RS=I_{75\%}-I_{25\%}$ ) presentó una tendencia al aumento, lo cual indica que a medida que se aumenta el tamaño de malla la selección a la talla se hace menos en la forma "filo cuchillo".

El factor de selección ( $FS=I_{50\%}/\text{luz de malla}$ ), disminuye con el aumento del tamaño de la luz de malla, lo cual indica que la tasa de incremento de la luz de malla es mayor que la tasa de incremento de la longitud de selección al 50%. Con todo este parámetro osciló entre 3,12 y 3,94.

Tabla 22. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances agrupados, según tamaño de luz de malla. AMBOS SEXOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Luz de malla	100	110	130	140
$a$	-13,430 (1,033)	-11,860 (2,106)	-7,226 (0,347)	-10,950 (1,334)
$b$	0,341 (0,024)	0,302 (0,060)	0,176 (0,009)	0,251 (0,030)
$I_{50}$	39,35 (0,586)	39,74 (1,123)	41,14 (1,134)	43,67 (0,526)
$F.S.$	3,94	3,61	3,16	3,12
$R.S.$	6,42 (0,452)	7,92 (1,903)	12,20 (0,515)	9,09 (1,096)

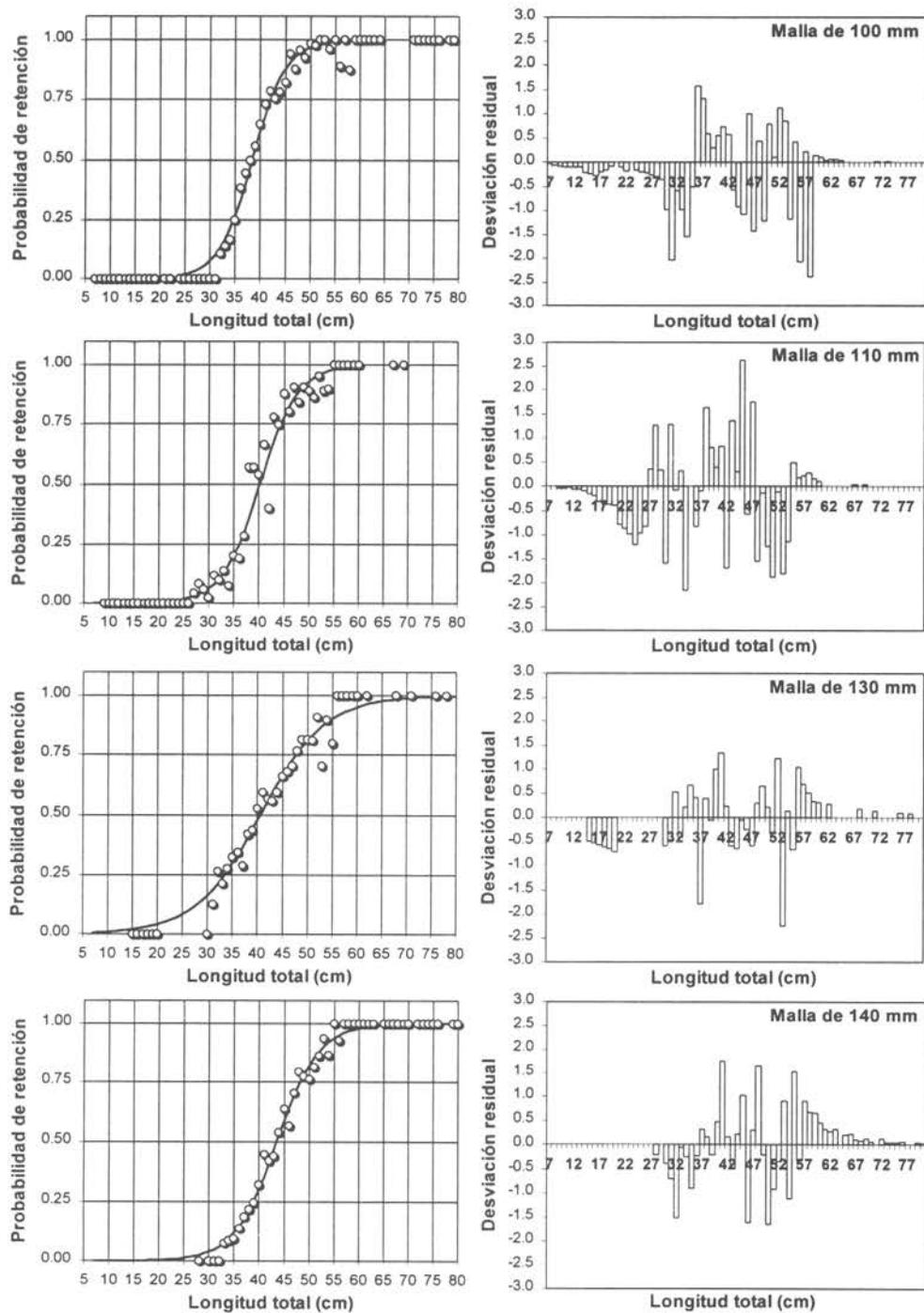


Figura 30. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO y desviación residual a la talla, por tamaño de luz de malla. Ambos sexos.

Concordante con lo señalado en el Capítulo de Materiales y Métodos, una vez efectuado el análisis integrado de los lances para ambos sexos agrupados, se procedió a realizar los mismos cálculos diferenciando sexo. Los resultados de éste análisis para el caso de los machos se visualizan en la Tabla 23 y Figura 31, y para las hembras en la Tabla 24 y Figura 32.

Se puede apreciar que para los tres tamaños de malla más pequeños, todas las longitudes de retención determinadas son mayores en hembras. Esto significa que para un mismo tamaño de malla, los machos se seleccionan a tallas más pequeñas que las hembras, con excepción del tamaño de luz de malla de 140 mm. Adicionalmente, se aprecia en dos tamaños de luz de malla evaluados (100 y 130 mm) que el rango de selección (*RS*) de machos es levemente superior al de las hembras, lo cual implica que las hembras presentan un esquema de selección a la talla ligeramente más cercano a la forma "filo cuchillo" que los machos, en estos tamaños de malla. Finalmente, tanto en machos como en hembras se observa una disminución del factor de selección (*FS*) con el incremento del tamaño de luz de malla (Tabla 23 y 24).

Tabla 23. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances agrupados, según tamaño de luz de malla. MACHOS.- Entre paréntesis los errores estándar

Luz de malla	100	110	130	140
<i>a</i>	-12,000 (0,733)	-11,700 (1,781)	-6,516 (0,533)	-11,140 (1,242)
<i>b</i>	0,306 (0,019)	0,301 (0,053)	0,161 (0,014)	0,255 (0,029)
<i>l<sub>50</sub></i>	39,20 (0,690)	39,31 (1,241)	40,51 (1,050)	43,71 (0,649)
<i>F.S.</i>	3,92	3,57	3,12	3,12
<i>R.S.</i>	6,70 (0,405)	7,65 (1,497)	13,35 (1,125)	8,39 (0,983)

Tabla 24. Resultado de los ajustes con modelo de retención LOGITA, a los lances agrupados, según tamaño de luz de malla. HEMBRAS.- Entre paréntesis los errores estándar

Luz de malla	100	110	130	140
<i>a</i>	-13,530 (1,509)	-10,380 (2,119)	-7,049 (1,195)	-10,430 (1,208)
<i>b</i>	0,341 (0,036)	0,253 (0,055)	0,170 (0,030)	0,240 (0,028)
<i>I</i> <sub>50</sub>	39,43 (0,575)	41,34 (0,995)	41,54 (1,367)	43,43 (0,697)
<i>F.S.</i>	3,94	3,76	3,20	3,10
<i>R.S.</i>	6,24 (0,722)	9,02 (2,259)	13,00 (2,458)	8,84 (1,018)

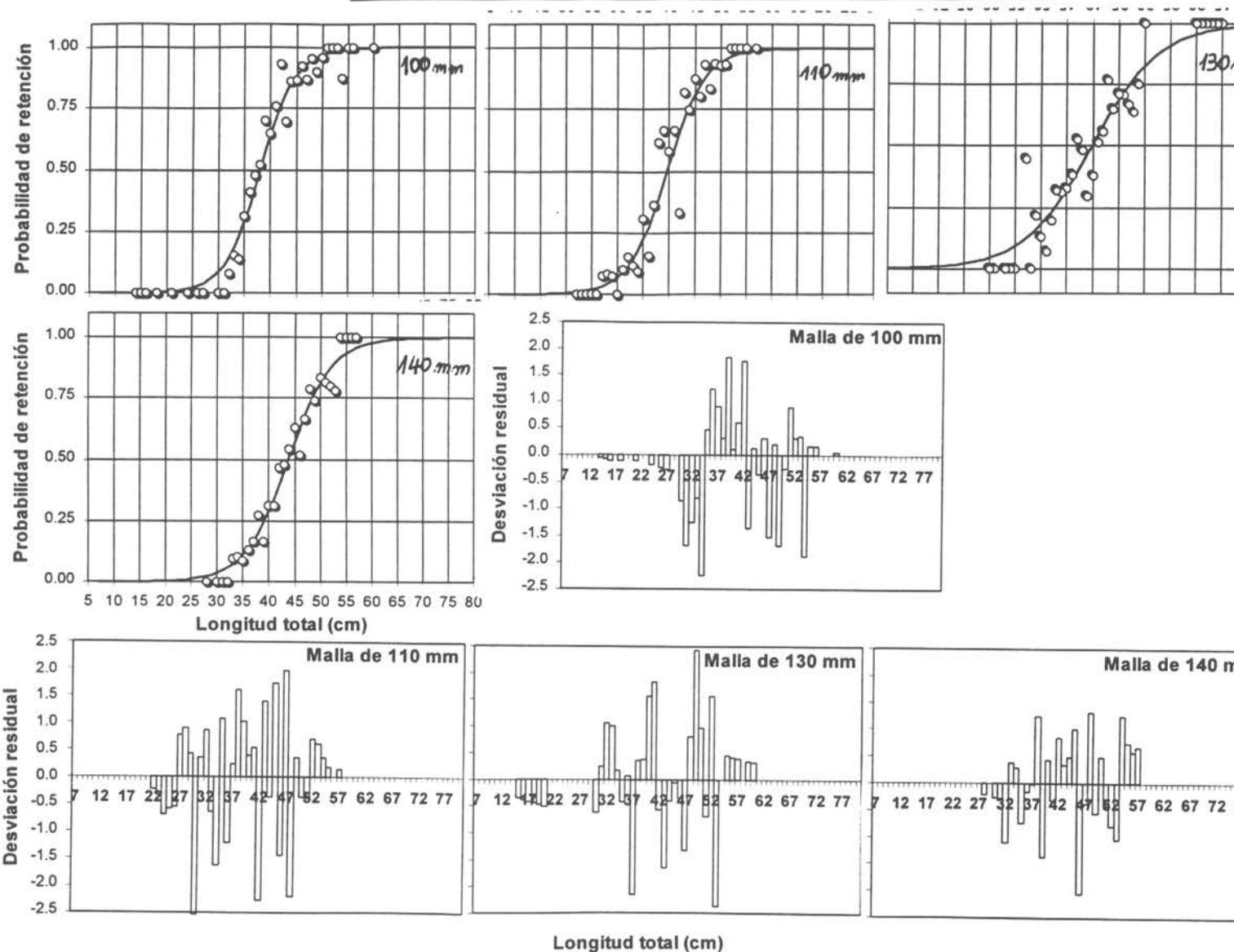


Figura 31. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO y desviación residual a la talla, por tamaño de luz de malla. MACHOS.

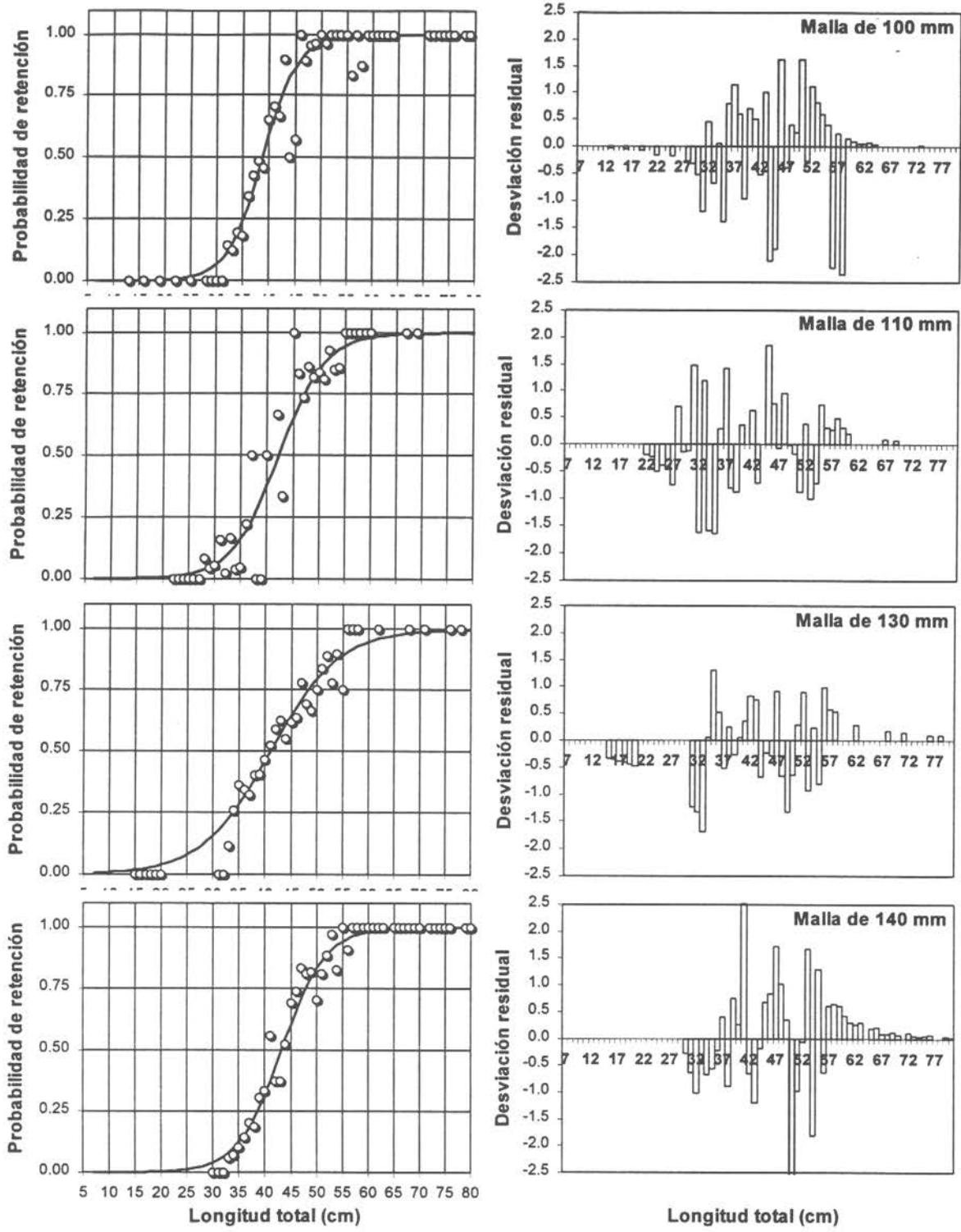


Figura 32. Probabilidad de retención observada y ajustada (modelo LOGITA) a los datos de CUBRE-COPO y desviación residual a la talla, por tamaño de luz de malla. HEMBRAS.

### 5.2.3. Determinación de la Curva Maestra de selección

La determinación de la curva maestra de selección se realizó, como lo describe Tokai y Kitahara (1989) con el primer procedimiento planteado por estos autores en su artículo. Dado que se desestimó continuar trabajando con los datos de arrastre de pantalón, no se consideró oportuno aplicar el segundo procedimiento diseñado por ellos, el cual fue creado precisamente para experimentos realizados con artes pareados, como el trouser trawl (arrastre de pantalón).

El primer paso, al aplicar el procedimiento de Tokai y Kitahara (1989), fue determinar la ecuación de la recta que relaciona el tamaño de la luz de malla con la longitud de primera captura ( $I_{50\%}$ ). Esto se realizó por sexo y los resultados se muestran en las Figuras 33 a 35. La pendiente de estas ecuaciones determinó el parámetro  $m_0$ , y el intercepto, el parámetro  $l_0$ .

Posteriormente, para cada sexo y en conjunto se calculó  $R$  como  $(I-l_0)/(m/m_0)$ , utilizando los parámetros informados en las Figuras 33 a 35. Luego, los datos de las proporciones de retención a la talla observadas, para cada uno de los sexos se relacionaron con  $R$ . A modo de ejemplo, se presenta la gráfica resultante de esta relación, para los datos sin diferenciar sexo, en la Figura 36. Finalmente, se ajustó una ecuación logita a los 3 set de datos, resultando la ecuación de la Curva Maestra para ambos sexos, machos y hembras (Figuras 37, 38 y 39, respectivamente).

Como lo indican Tokai y Kitahara (1989), se debe tener especial cuidado en la utilización de la Curva Maestra, pues dada la naturaleza de su generación, esta es válida en el rango de datos observados de las variables. Así por ejemplo, las tres Curvas Maestras determinadas son válidas para tamaños de luz de malla entre 100 mm y 140 mm. Cualquier valor de luz de malla fuera de este rango no es posible analizarlo con las Curvas Maestras proporcionadas.

En cuanto a la longitud total de la merluza, las curvas maestras son válidas para rangos de talla entre 70 y 800 mm, entre 150 y 600 mm, y entre 130 y 800 mm, para ambos sexos, machos y hembras, respectivamente. Esto significa que, por ejemplo, si se quiere determinar el esquema selectivo a la talla para machos de merluza común sobre 60 cm de longitud total, no es posible hacerlo con la Curva Maestra proporcionada en este estudio.

Finalmente, como se puede apreciar en las Figuras 37 a 39, el uso de las curvas maestras se selectividad resulta casi intuitivo. Por ejemplo, si se quiere determinar la curva maestra de selectividad de machos de merluza común, para una luz de malla de 120 mm en el copo, se debe evaluar la siguiente ecuación:

$$r(l,120) = \frac{e^{\left(-3,391+2,784*\left(\frac{l-258,25}{120-1,21}\right)\right)}}{1+e^{\left(-3,391+2,784*\left(\frac{l-258,25}{120-1,21}\right)\right)}}$$

Para longitudes totales ( $l$ ) comprendidas entre 150 y 600 mm

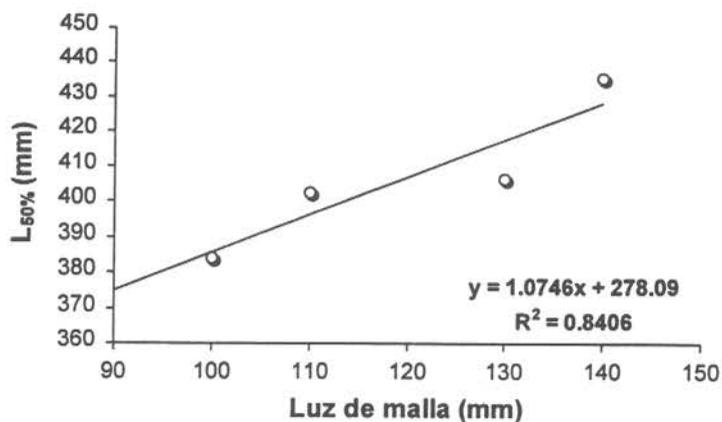


Figura 33. Relación entre luz de malla y longitud de retención al 50% y modelo lineal que la describe. Ambos sexos.

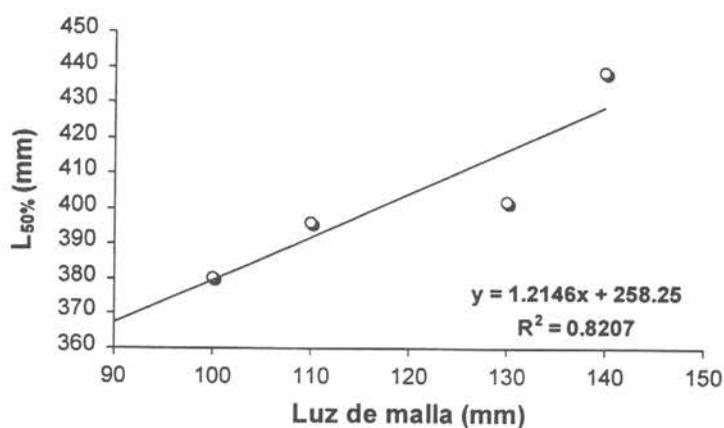


Figura 34. Relación entre luz de malla y longitud de retención al 50% y modelo lineal que la describe. Machos.

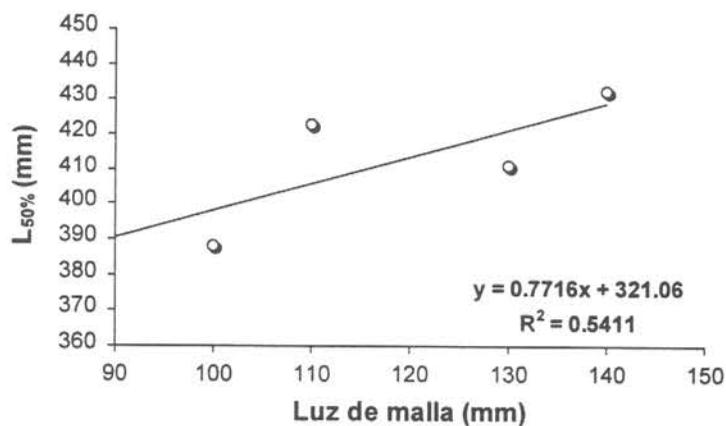


Figura 35. Relación entre luz de malla y longitud de retención al 50% y modelo lineal que la describe. Hembras.

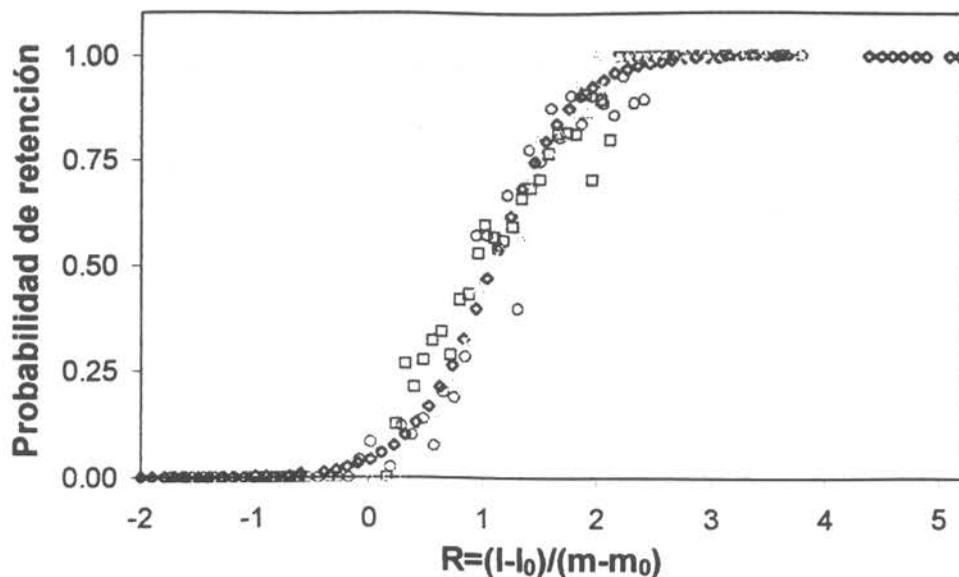


Figura 36. Relación entre  $R$  y la probabilidad de retención observada, para los datos sin considerar sexo. El Rombo rojo, círculo azul, cuadrado verde y triángulo amarillo representan los tamaños de luz de malla de 100 mm, 110 mm, 130 mm y 140 mm, respectivamente.

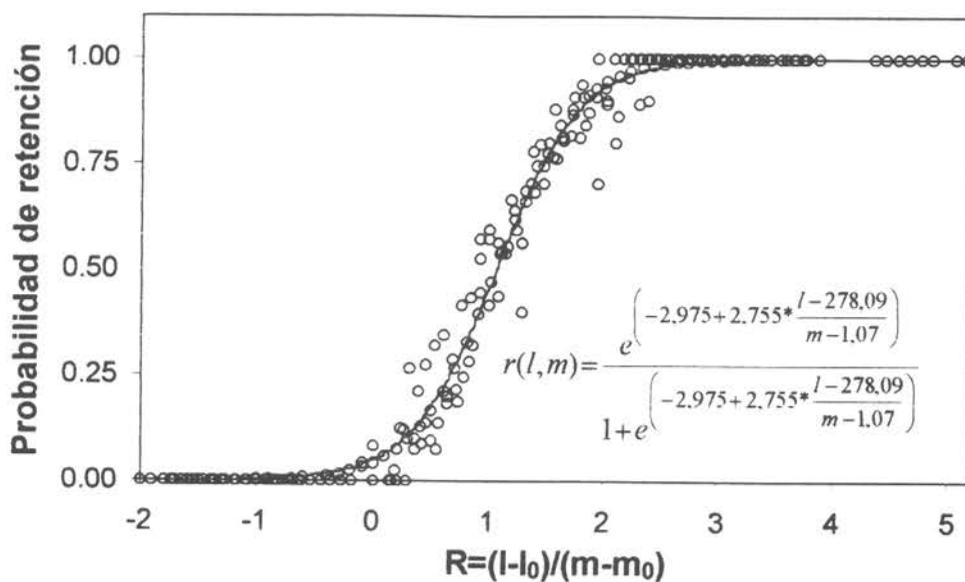


Figura 37. Curva Maestra para AMBOS SEXOS de merluza común. Válida para  $m$  [100 ; 140 mm] y  $l$  [70 ; 800 mm].

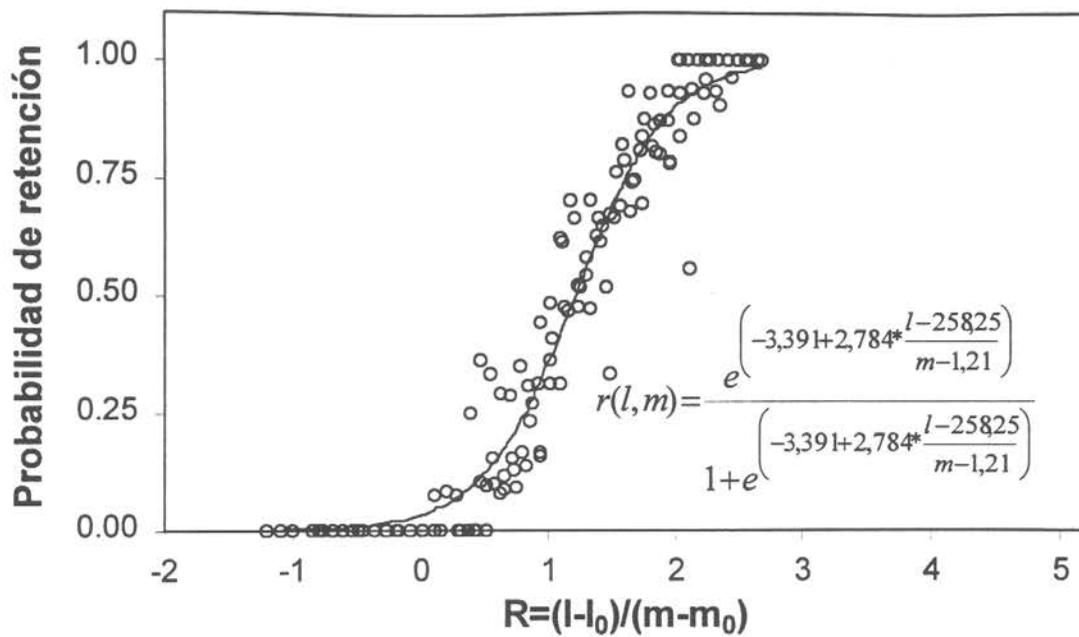


Figura 38. Curva Maestra para MACHOS de merluza común. Válida para  $m$  [100 ; 140 mm] y  $l$  [150 ; 600 mm].

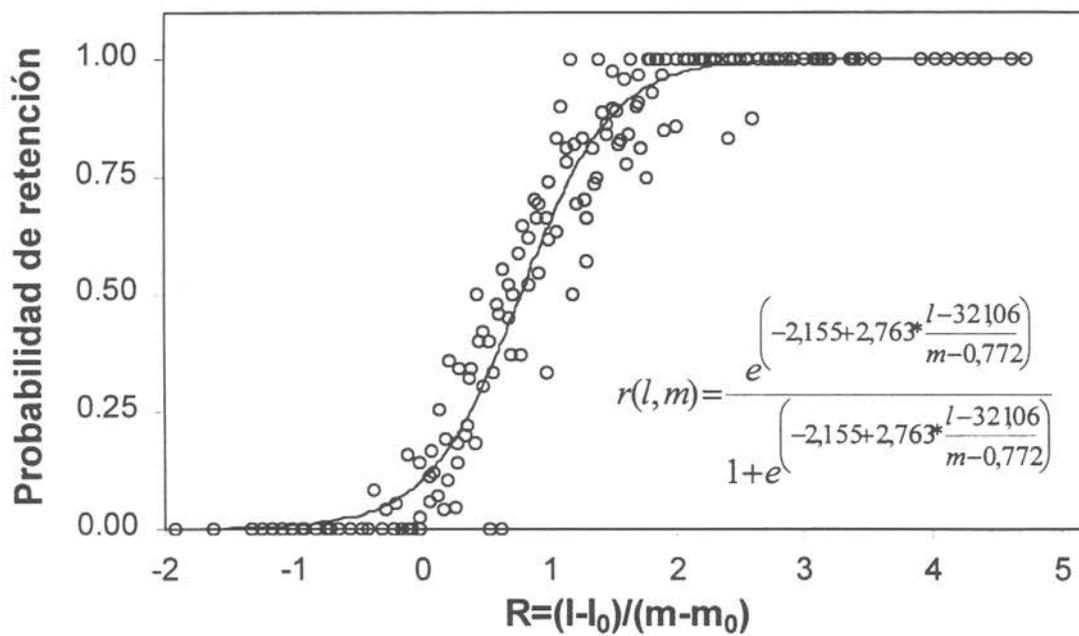


Figura 39. Curva Maestra para HEMBRAS de merluza común. Válida para  $m$  [100 ; 140 mm] y  $l$  [130 ; 800 mm].

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Capturabilidad

Es innegable que un conocimiento adecuado de la eficiencia y coeficiente de capturabilidad de los sistemas de pesca, representa un fuerte apoyo para las estimaciones de las biomásas de los stocks de recursos pesqueros (ICES, 1997).

De los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede señalar que ellos no son concluyentes en cuanto a estimar la eficiencia y coeficiente de capturabilidad de los artes de pesca en los cuales se efectuaron las mediciones. El motivo que lleva a señalar lo anterior, se basa en los coeficientes de eficiencia que deberían fluctuar entre 0 y 1 cuando es medida entre los portalones y puede llegar a aumentar hasta tres veces cuando se estima en la punta de alas (ICES, 1997). En el presente caso, los valores estimados en ambos buques comerciales en los portalones son superiores a la unidad.

La situación observada en el presente estudio, puede según Aglen (1996) ser causada por un hundimiento del recurso que se encontraba por sobre la relinga hacia el área de influencia de la red, o bien, por una alta disponibilidad de los peces con relación a la red de arrastre (distribución del recurso muy cercana al fondo), de manera que no es posible separarlos de los ecos de fondo (Ona and Mitsun, 1996), subestimándose en consecuencia la densidad no perturbada. Sin embargo, de acuerdo a los registros acústicos, el 60% del recurso se concentró en los metros mas cercanos al fondo, siendo mucho mas probable que la eficiencia del sistema de pesca, esté sobrestimada producto del aporte generado por peces que se encontraban en la zona muerta o también llamada de sombra del haz acústico, antes que por el hundimiento de los peces que se encontraban por sobre la altura de la relinga.

Con respecto a lo anterior, en estudios realizados en *Gadus morhua* por Engas and Godo (1997) y Michalsen *et al.* (1996) han informado diferencias entre las densidades estimadas mediante el método de área barrida en comparación a las lecturas del ecointegrador, que serían causadas por la presencia de concentraciones de peces muy cercanas al fondo, que presentan una mayor disponibilidad a la red de arrastre que a los sistemas acústicos.

Durante el presente estudio, se pudo observar una situación similar pues en ausencia de registros acústicos de merluza común en el ecosonda, en los sistemas de monitoreos de la red se notaba el ingreso de peces que redundaban en capturas que no guardaban relación con los registros acústicos. Esto puede ser atribuido a que el recurso que se encontraba muy cerca del fondo, por efecto del tren de bobinas de arrastre era obligado a levantarse del fondo, quedando disponible a la red.

El conocimiento del comportamiento del recurso, tanto en su distribución vertical como en su reacción frente al sistema de pesca, juegan un rol esencial para el entendimiento del proceso de captura y poder estimar la eficiencia del sistema de pesca. Este tema ha sido objeto de un amplio debate en el ámbito internacional, sin que existan hasta el momento definiciones concluyentes acerca de un método que permita estimar la capturabilidad de un sistema de pesca (ICES, 1999, 1999a, 1999b).

En un análisis acerca de los métodos para la evaluación de recursos pesqueros (RCN, 1999), y en lo que dice relación con el uso de redes de arrastre, señala como factores relevantes y catalogándolo como cuellos de botella en el conocimiento del proceso de captura entre otros, la eficiencia horizontal del sistema de pesca y el comportamiento particular de los peces. Con respecto al primero de los factores nombrados, aunque se han realizado estudios de pesca comparativa variando el ángulo y longitud de las mallas o bien utilizando diferentes artes de pesca (Dickson, 1993a,b; Ramm and Xiao 1995; Rose and Nunnallee 1998), aún se carece de un conocimiento adecuado y cuantificable del proceso de arreo. En el mismo informe se sugiere en el futuro el uso de dispositivos (multisampler

bottom trawl), que permita obtener múltiples muestras durante un lance, como también el uso de sistemas acústicas de alta resolución.

El otro factor mencionado, el comportamiento de los peces, se dice relación con la distribución vertical de los peces y el efecto del sistema de pesca en su reacción, y en particular, su consecuencia en la estimación de la altura efectiva de pesca del arte. Se menciona que en futuros estudios, deberían considerar entre otros: el uso de vehículos autónomos que naveguen cerca del fondo, el uso de boyas equipadas con transductores, el modelamiento del comportamiento de los peces y nuevamente el uso de sonares remolcados de alta resolución que permitan medir la respuesta de peces individuales.

Finalmente, en lo que respecta al uso de los sistemas acústicos tradicionales, aunque son utilizados para estimar la distribución vertical de los peces, se señala como su principal desventaja la dificultad de integrar aquellos recursos que se localizan dentro del área de la zona muerta del haz acústico. Para hacer frente a esta situación, se han utilizado diferentes métodos como son la extrapolación de la densidad a la zona muerta (utilizada en este estudio) y el uso de transductores remolcados, pero que futuros estudios deberían considerar el uso de transductores remolcados de alta frecuencia, sonares multihaz remolcado (conteo de peces), vehículos autónomos equipados con transductores de alta frecuencia que naveguen a una distancia constante del fondo.

Aunque los resultados obtenidos durante el presente estudio deben ser tomados con cautela, pareciera ser que el efectuar estimaciones de la densidad provenientes de lances de pesca de arrastre, considerando sólo la distancia entre punta de alas como una estimación del área barrida por la red de arrastre y un coeficiente de capturabilidad unitario, tendería a producir una sobreestimación de la biomasa evaluada.

Finalmente, aunque los resultados no pueden ser considerados como concluyentes, esta es una situación que afecta en general a las evaluaciones directas de recursos pesqueros, siendo la estimación de la eficiencia de captura de las redes de arrastre un tópico aún sin resolver. No obstante lo anterior, el uso de los sistemas acústicos tradicionales, que podrían considerarse como adecuadas para el estudio de recursos pelágicos, presentan en cambio desventajas para recursos demersales, para los cuales serían mas adecuados el uso de tecnologías de alta resolución y en consecuencia de alto costo. Por último, es recomendable que en futuros estudios de este tipo, se considere una etapa de estudio, que permita mediante una discusión técnica, analizar la factibilidad de poder llevarlo a efecto y obtener los resultados esperados.

## 6.2. Selectividad

La determinación del esquema selectivo a la talla de diferentes tamaños de malla, considerando el actualmente en uso, puede tener varias aplicaciones. Una de ellas es lograr determinar el patrón de explotación (o selección), el cual en conjunto con una medida del esfuerzo de pesca, proporciona la tasa instantánea de mortalidad por pesca a la edad o a la talla (Willeman *et al.* 1996). Este vector de mortalidad, puede ser provechosamente utilizado en una multiplicidad de análisis indirectos, para evaluar el estado de situación del recurso o para reconstruir la estructura etaria de una población a partir de datos de captura comercial (Cadigan y Millar, 1992).

Adicionalmente, y siguiendo con esta línea de aplicación, Jones y Mathews (1986) determinaron que cuando el rango de selección de un arte de pesca de arrastre se extiende sobre gran parte del rango de tallas muestreado, se incurren en errores de estimaciones de mortalidad y crecimiento. Estos autores determinaron que el mayor efecto se produce en la estimación de la mortalidad total, la cual puede llegar a ser subestimada hasta en un 64%.

Otra aplicación más directa, es la utilización del esquema selectivo para aplicar medidas de regulación, como la fijación de tamaños mínimos de malla. Conceptualmente, este tipo de regulación forma parte de una estrategia mixta, de modo de proteger a los juveniles de ser capturados y optimizar los rendimientos a largo plazo (Jones, 1984).

Como lo menciona Pavez (1984), el primer aspecto de la idea anterior es evitar la captura de peces juveniles, con bajo aporte unitario a la captura, sin que ello signifique concentrar la acción de pesca en peces adultos, pues esto último conlleva a otro tipo de situaciones indeseables. En el caso de los peces jóvenes, su conservación significa la preservación de un potencial reproductivo para el stock, jugando un rol fundamental la determinación de la talla de primera madurez sexual. No obstante lo anterior, y en concordancia con Bakun y Parrish (1982), cambios de largo plazo producidos por los efectos selectivos podrían ser enmascarados totalmente por las fluctuaciones del ambiente, el cual juega un rol fundamental en la sobrevivencia de los peces en la etapa de pre-reclutas.

El segundo aspecto de la estrategia de regulación por tamaño de malla es la optimización de los rendimientos a largo plazo o la maximización de los rendimientos por recluta (Pavez, 1988, Cadigan y Millar, 1992, Willeman *et al.*, 1996). Para estos efectos el concepto de talla o edad crítica de Alverson y Carney (1975) juega un rol fundamental. Este parámetro dice relación con la talla o edad a la cual la cohorte lleva hasta el máximo su peso y la cantidad neta de material generado. Como lo indica Pavez (1988) la edad crítica constituye una edad deseable de explotación; no obstante, este mismo autor indica que una edad operativa más realista es la que se obtiene al considerar entre el 80% y 90% de la edad (talla) crítica.

Si, con los resultados obtenidos en el presente proyecto, se aplica este último enfoque para determinar el tamaño de malla óptimo, es posible observar que no existen grandes diferencias en la respuesta selectiva del arte de pesca, tanto para machos como para hembras. Una situación similar se aprecia en el trabajo de Pavez (1988). No obstante, el problema se produce en la gran diferencia que existe entre las edades críticas de machos y hembras, lo que es producto del crecimiento diferencial entre los sexos. Esto lleva a la determinación de un tamaño de malla óptimo para machos y otro tamaño de malla óptimo, bastante superior, para hembras; lo que dificulta un eventual manejo o la aplicación de una medida reguladora como la fijación de un tamaño mínimo de malla.

El Decreto Supremo N° 238, que regula la actividad industrial sobre merluza común en términos del arte de pesca, establece en *Considerando* que "la aplicación de esta medida tiene por objetivo favorecer el reclutamiento a través de la protección de los individuos de mayor potencial reproductivo". Desde este punto de vista, el tamaño de luz de malla de 100 mm resulta adecuado si se considera que la talla de primera madurez sexual en hembras es de 37 cm *LT* (Alarcón y Arancibia, 1993) y la respuesta selectiva de un copo con luz de malla de 100 mm ante hembras de esta talla, indica que el 42% de estas son retenidas (Figura 32). Es decir, si se requiere que la talla de primera captura ( $L_{50\%}$ ) sea igual o superior a la talla de primera madurez sexual, el copo con luz de malla de 100 mm cumple con este requisito.

Pero, si se requiere ampliar el objetivo de administración de esta pesquería, para no sólo proteger el potencial reproductivo de la especie, sino que además tender a la maximización de los rendimientos por recluta en el largo plazo, debemos volver a la discusión planteada en el párrafo precedente al anterior. Como se indicó, es posible llegar a determinar 2 tamaños de malla óptimo, uno para machos y otro para hembras. Aparentemente, la idea inicial sería seleccionar aquel tamaño de malla mayor, aunque como se verá más adelante esto resulta impracticable en términos operacionales.

Basados en los valores de talla crítica informados por Pavez (1988) (38,15 cm machos y 49,74 cm hembras), se recalcularon los tamaños de luz de malla óptimos para machos y hembras en 102 mm y 227 mm, respectivamente. Para lograr esto se recurrió a las ecuaciones de la Curva Maestra de machos y hembras, apreciándose que la estimación efectuada en hembras está fuera del rango de los datos. Si se aplica un tamaño de malla de 227 mm resulta evidente que prácticamente ninguna merluza sería capturada, y se sigue manteniendo válido el hecho de que el 50% de las merluzas hembras de talla 49,74 cm que entran al arte son capturadas. El problema está en que la cantidad de ejemplares sobre 49 cm de *LT* que entran al arte de pesca es muy baja.

Si se consideran esta vez los valores de edad crítica informados en un proyecto FIP de edad, crecimiento y mortalidad en merluza común (Ojeda *et al.*, 1997), los que transformados a talla son 40,8 cm para machos y 54,5 cm para hembras, se obtiene que los tamaños de malla óptimos son 124 mm para machos y 287 mm para hembras.

Nuevamente, resulta impracticable aplicar un tamaño de luz de malla de 287 mm. Luego, lo que queda es maximizar los rendimientos por recluta de la fracción correspondiente a machos, para lo cual resulta adecuado la aplicación de un tamaño de luz de malla de 120 mm en el copo de las redes de arrastre.

Como se ve, la aplicación de un tamaño de luz de malla de 120 mm, debiera provocar una maximización de los rendimientos por recluta de machos en el largo plazo, a la vez que protege el potencial reproductivo de las hembras.

Desafortunadamente, la regulación a través de - solamente - la aplicación de un tamaño de malla mínimo en el copo no garantiza que se alcancen los objetivos buscados con la medida. Esto se debe a que existen múltiples maneras para no permitir la correcta acción de las mallas. Estas maneras pueden ser implementadas en forma voluntaria o involuntaria. Así por ejemplo, se ha documentado y a la vez resulta obvio, que la mayor cantidad de estobos (cinturones) aplicados al copo no permiten que las mallas se abran en toda su dimensión al ser expuestas al flujo de agua, disminuyendo el efecto selectivo de estas. Una forma involuntaria de disminuir el efecto selectivo de las mallas es producto de variables que es imposible controlar; así por ejemplo, algunos resultados de este estudio que no son informados en este documento y de otros como el de Ehrhardt *et al.* (1996) y Suuronen *et al.* (1997), han mostrado que el aumento de la captura disminuye las longitudes de retención y hace que los copos disminuyan su efecto selectivo.

Con todo, el presente estudio ha demostrado que el aumento del tamaño de malla produce una mejora en el proceso de selección del copo de las redes de arrastre. Pero un aspecto importante de considerar dice relación con la sobrevivencia de las merluzas después que escapan por las mallas de la red. Una situación extrema es que las merluzas que escapan sobrevivan, con lo cual la regulación por tamaño de malla tendría un efecto positivo en el stock. La otra situación extrema es que todas o la mayoría de las merluzas escapadas mueran, lo cual hace totalmente inoperante la regulación por tamaño de malla. Aparentemente, esta última situación es la más cercana a la realidad según estudios realizados por Chopin y Arimoto (1995). Esto debe llevarnos a pensar en mecanismos alternativos para manejar el esquema de selección de peces, y de comprobarse que efectivamente la selección por mallas es poco operativa en peces, alternativas recomendables y mundialmente probadas son los Sistemas de Grilla Selectiva (Gálvez, 1998 y 1999).

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. Capturabilidad

- El coeficiente de disponibilidad o proporción del recurso localizado dentro de la altura teórica de pesca (altura de la relinga) fluctuó entre 0,6 y 1 con un promedio general de 0,81, con valores de 0,8; 0,81 y 0,82 para las naves Abate Molina, Biomar III y Pelagos II.
- La eficiencia total del sistema de pesca ( $K'$ ) estimada como la razón entre la densidad capturada y la densidad no perturbada, presentaron valores de 1,36; 1,47 y 0,4 para las embarcaciones Biomar III, Pelagos II y Abate Molina, respectivamente.
- El coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) estimado mediante el método de Dickson (1993a) fue de 230,6; 278,9 y 53,3  $m^2*s^{-1}$ , y de 1206,8; 1373,1 y 222,2  $m^2*s^{-3}$  para las naves Biomar III, Pelagos II y Abate Molina respectivamente.
- Los resultados antes señalados, deben ser tomados con cautela, debido a que el uso de sistemas acústicos tradicionales, presenta inconvenientes en la estimación de la densidad de recursos que se encuentran muy cerca del fondo.

### 7.1. Selectividad

- La técnica de arrastre de pantalón no resultó ser efectiva para evaluar la selectividad a la talla en el recurso merluza común, en tanto que la técnica de cubre-copo sí proporcionó resultados razonables. No es posible concluir respecto de las razones para el mal funcionamiento de la técnica de arrastre de pantalón, ya que el estudio no fue diseñado para este fin. No obstante, el arrastre de pantalón no representa ni el diseño, ni las dimensiones de los artes de pesca actualmente utilizados por la flota merluquera industrial.
- Los túnel-copos utilizados en los experimentos de selectividad son efectivamente selectivos a la talla para la especie merluza común. Esta conclusión es posible ampliarla a la flota que opera en la pesquería industrial de este recurso, ya que el diseño, tamaño y configuración de los túnel-copos utilizados en el experimento son los comúnmente utilizados por la flota industrial.
- En el recurso merluza común la probabilidad de retención es función de la talla del pez y esta representada por la función no decreciente Logita, la cual toma valores entre 0 y 1.
- Para los tamaños de luz de malla, en el túnel-copo, de 100 mm, 110 mm, 130 mm y 140 mm las longitudes de primera captura ( $L_{50}$ ) en machos son 39,20 cm, 39, 31 cm, 40,51 cm y 43,71 cm respectivamente. En hembras son 39,43 cm, 41,34 cm, 41,54 cm y 43,43 cm respectivamente. Sin considerar sexo son 39,35 cm, 39,74 cm, 41,14 cm y 43,67 cm respectivamente.
- Del análisis de los datos agrupados y diferenciados por sexo, es posible concluir que el rango de selección ( $RS$ ) presenta una tendencia a incrementarse con el aumento en el tamaño de malla, lo cual indica que la selección es menos aguzada (menos "filo cuchillo") a medida que se aumenta el tamaño de malla.

- Basados en las estimaciones de crecimiento y aspectos reproductivos, efectuadas por otros autores en esta especie, y los resultados de selectividad encontrados en el presente estudio, es posible indicar que el tamaño de malla más apropiado en los túnel-copos debiera ser de 120 mm (luz de malla). Esto permitiría maximizar los rendimientos por recluta de la fracción de machos y vulneraría la fracción de hembras cuya talla es superior a la talla de primera madurez sexual.

**Recomendaciones:**

- La fijación de un tamaño de malla mínimo legal no garantiza que se logren los objetivos de administración, pues si bien, efectivamente se evita la captura de tallas pequeñas, no se garantiza que ésta fracción no capturada (pero sí vulnerada) sobreviva después de escapar por entre las mallas de la red. Se recomienda la realización de estudios conducentes a dilucidar esta incógnita.
- La inclusión de estos resultados en análisis y evaluaciones indirectas, como los Análisis de Población Virtual (APV) debe ser efectuada con precauciones. Para estos efectos se debe hacer especial distinción entre patrón de explotación a la talla (o edad) y selectividad o retención a la talla (o edad). Lo primero es la conjunción de dos probabilidades (la probabilidad de reclutamiento y la probabilidad de retención del arte de pesca); mientras que la segunda es solamente la probabilidad de retención del arte de pesca.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aglen, A. 1996. Impact of fish distribution and species composition on the relationships between acoustic and swept area estimates of fish density. *ICES J. mar. Sci.*, 53: 501-505.
- Alarcón, R. y H. Arancibia. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi* (Guichenot, 1848). *Cienc. y Tec. Mar, CONA* 16: 33-45.
- Alverson, D.L. and M.J. Carney. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 36(2): 133-143.
- 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. *Inv. Mar.*, 1(1): 39 pp.
- Arana, P. y L. Krook. 1970. Ajuste de la curva de selectividad por métodos de computación. *Inv. Mar.*, 1(10): 221-258.
- Bakun, A. and R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport and pelagic fish in the California and Perú current systems. *California Coop. Oce. Fish. Invest. Rep.*, 23: 99-112.
- Beamish, F.W.H. 1969. Photographic observations on reactions of fish ahead of otter trawls. *FAO Fish. Rep. N° 62*, Vol. 2: 511-521.
- Bergh, M.O., E.K. Pikitch, J.R. Skalski and J.R. Wallace. 1990. The statistical design of comparative fishing experiments. *Fish. Res.*, 9: 143-163.
- Bridger, J.P. 1969. The behavior of demersal fish in the path of a trawl. *FAO Fish. Rep. N° 62*, Vol. 3, 695-716.
- Broadhurst, M. and S.J. Kennelly. 1995. Effects of an increase in mesh size on the catches of fish trawls off New South Wales, Australia. *Mar. Freshwater Res.*, 46: 745-750.
- Broadhurst, M. and S.J. Kennelly. 1997. The composite square-mesh panel: a modification to codends for reducing unwanted bycatch and increasing catches of prawns throughout the New South Wales oceanic prawn-trawl fishery. *Fish. Bull.*, 95: 653-664.
- Broadhurst, M., S.J. Kennelly and G. O'Doherty. 1996. Effects of square-mesh panels in codends and haulback delay on bycatch reduction in the oceanic prawn-trawl fishery of New South Wales, Australia. *Fish. Bull.*, 94: 412-422.
- Broadhurst, M., S.J. Kennelly and S. Eayrs. 1999a. Flow-related effects in prawn-trawl codends: potential for increasing the escape of unwanted fish through square-mesh panels. *Fish. Bull.*, 97: 1-8.
- Broadhurst, M., S.J. Kennelly, J.W. Watson and I.K. Workman. 1997. Evaluations of Nordmore grid and secondary bycatch-reducing devices (BRD's) in Hunter River prawn-trawl fishery, Australia. *Fish. Bull.*, 95: 209-218.
- Broadhurst, M., R.B. Larsen, S.J. Kennelly and P.E. McShane. 1999b. Use and success of composite square-mesh codends in reducing bycatch and in improving size-selectivity of prawns in Gulf St. Vincent, South Australia. *Fish. Bull.*, 97: 434-448.

- Bustos, R., M. Aguayo, J. Sateler, J. Donoso, S. Avilés y C. Vera. 1991. Estado de situación y perspectivas del recurso. Diagnóstico de las principales pesquerías demersales (peces) zona centro-sur, 1990. IFOP: 62p. (AP 91/7)
- Cadigan, N.G. and R.B. Millar. 1992. Reliability of selection curves obtained from trouser trawl or alternate haul experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 1624-1632.
- Clark, J.R. 1963. Size selection of fish by otter trawls results of recent experiments in the Northwest Atlantic. In: ICNAF Special Publication N° 5. The Selectivity of Fishing Gears. Dartmouth, N.S., Canada, 24-96.
- Cooper, C. and W. Hickley. 1988. Selectivity experiments with square mesh codends of 130, 140 and 150 mm. In: Proceedings World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. Marine Institute, St. John's, Newfoundland Canada, 52-59.
- Córdova, J., R. Bahamonde y R. Salas. 1988. Caracterización flota pesquera industrial. 2 Flota arrastrera. En: Análisis de la actividad pesquera extractiva nacional. COFO-IFOP. AP 89/1c.
- Chopin, F. And T. Arimoto. 1995. The condition of fish escaping from fishing gears - a review. *Fish. Res.*, 21: 315-327.
- Davies, F.M. 1934. Size limits and mesh regulations for sea fish: Appendix B - report on the results of experiments with savings gears. Appendix C - a mesh experiment indicating that small fish escape while the trawl is being towed. Appendix D - Preliminary note on a commercial mesh experiment. *Rapports et Proces-verbaux des reunions, CIEM*, 90(5): 14-31.
- Dickson, W, 1993a. Estimation of the capture efficiency of trawl gear. I: Development of a theoretical models. *Fish. Res.*, 16: 239-253.
- Dickson, W, 1993b. Estimation of the capture efficiency of trawl gear. I: Testing a theoretical models. *Fish. Res.*, 16: 255-272.
- Ehrhardt, N. R. Ercoli, J. García, J. Bartozzetti y A. Izzo. 1996. Influencia de la cantidad de captura en la selectividad de mallas diamante y cuadrada en redes de arrastre para la merluza común (*Merluccius hubbsi*) e implicancias sobre el potencial de descarte. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 10: 31-43.
- Ellis, R.W. 1963. Experiments to investigate the escape of fish through the meshes of different parts of the trawl. In: ICNAF Special Publication N°5. The Selectivity of Fishing Gears. Dartmouth, N.S., Canada, 97-101.
- Engås, A. and O.R. Godo. 1986. Influence of trawl geometry and vertical distribution of fish on sampling with bottom trawl. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*; Vol.7: 35-42.
- Engås, A. and O.R. Godo. 1989a. The effect of different sweep lengths on the length composition of bottom sampling trawl catches. *J. Cons.* 45: 263-268.
- Engås, A. and O.R. Godo. 1989b. Escape of fish under the fishing line of a Norwegian sampling trawl and its influence on survey results. *J. Cons.* 45: 269-276.
- Engås, A. and C. West. 1987. Trawl performance during the Barents Sea Cod and Haddock Survey: Potential Sources of Gear Related Sampling Bias. *Fish. Res.*, 5: 279-286.

- Erzini, K. and M. Castro. 1998. An alternative methodology for fitting selectivity curves to pre-defined distributions. *Fish. Res.*, 34(3): 307-313.
- Fridman, A. 1973. Theory and design of commercial fishing gear. Israel programs for scientific translations. 489 pp.
- Fryer, R.J. 1991. A model of between-haul variation in selectivity. *ICES J. mar. Sci.*, 48: 281-290.
- Fuxiang, H. and K. Matuda. 1991. An analytical method of static characteristics of midwater trawl system. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(4): 661-666.
- Galbraith, R.D., R.J. Fryer and K.M.S. Maitland. 1994. Demersal pair trawl cod-end selectivity models. *Fish. Res.*, 20: 13-27.
- Gálvez, M. 1998. Una alternativa de manejo: Dispositivos selectivos en redes de pesca. *Chile Pesquero*, 106: 40-45
- 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.
- Glass, C.W. and Wardle, C.S. 1989. Comparisons of the reactions of fish to a trawl gear, at high and low light intensities. *Fish. Res.*, 7: 249-266.
- Godo, O.R., M. Pennington and J.H. Volstad. 1990. Effect of tow duration on length composition of trawl catches. *Fish. Res.*, 9: 165-179.
- Godo, O.R. and S.J. Walsh. 1992. Escapement of fish during bottom trawl sampling-implications for resource assessment. *Fish. Res.*, 13: 281-292.
- Godo, O.R., and K. Sunnanå. 1992. Size selection during trawl sampling of cod and haddock and its effect on abundance indices at age. *Fish. Res.*, 13: 293-310.
- Gulland, J. 1969. Manual of methods of fish stock assessment. Part I. Fish Populations Analysis. *FAO Man. Fish. Sci.*, 4: 44 pp.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES). 1997. Report of the ICES ad hoc group considering the problem of incorporating experimentally estimated values of survey trawl catchability into the stock assessment process. Working paper. ICES fish capture committee. Hamburg, Germany 1997.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES). 1999. Report of the working group on fisheries acoustics science and technology. St. John's Canada. 20—22 April 1999. ICES, CM 1999/B:2.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES). 1999a. Report of the joint session of the ICES working groups on fisheries acoustics science and technology (fast) and fishing technology and fish behaviour (fffb). St. John's, Canada. 23 April 1999. ICES CM1999/B:3.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES). 1999b. Report of the working group on fishing technology and fish behaviour. St John's Newfoundland, Canada. 19—22 April 1999. ICES CM1999/B:1.
- Johannesson, K. and R. Mitson. 1983. Fisheries acoustic. A practical manual for aquatic biomass estimation. . *FAO Fish. Tech. Pap.*, 240 pp.

- Jones, R. 1984. Mesh size regulation and its role in fisheries management. In: FAO, papers presented at the Expert Consultation on the regulation of fishing effort (fishing mortality). Rome, 17-26 January 1983. A preparatory meeting for the FAO World conference on fisheries management and development. FAP Fish. Rep., 289, Supp. 2: 214 pp.
- Jones, R. and C.P. Mathews. 1986. A note on the effect of selectivity on growth and mortality estimates. Kuwait Bull. Mar. Sci., 7: 65-73.
- Koyama, T. 1974. Study of the stern trawl. Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab., 77:171-247.
- Lillo, S. J. Córdova and A. Paillamán. 1996. Target strength measurements of hake and jack mackerel. ICES J. mar. Sci., 53: 267-271.
- MacLennan, D.N. 1992. Fishing gear selectivity: an overview. Fish. Res., 13: 201-204.
- Main, J. and G.I. Sangster. 1985. Trawling experiment with a two-level net to minimize the undersized gadoid by-catch in a Nephrops fishery. Fish. Res., 3: 131-145.
- Main, J. and G.I. Sangster. 1990. An assessment of the scale damage to and survival rates of young gadoid fish escaping from the cod-end of a demersal trawl. Scot. Fish. Res. Rep., N°46: 28 pp.
- Margetts, A.R. 1954. Selection of soles by mesh of trawls. J. Cons. Int. Explor. Mer, 20: 276-289.
- Margetts, A.R. 1963. An illustration of differing selectivities in two trawls. In: ICNAF Special Publication N°5. The Selectivity of Fishing Gears. Dartmouth, N.S., Canada, 156-157.
- Margetts, A.R. 1963. Escapes of fish through the components parts of trawls. In: ICNAF Special Publication N°5. The Selectivity of Fishing Gears. Dartmouth, N.S., Canada, 158-165.
- Michalsen, K., O. Godo and A. Ferno. 1996. Diel variation in the catchability of gadoids and its influence on the reliability of abundance indices. ICES J. mar. Sci., 53: 389-396.
- Millar, R.B. 1991. Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch: the SELECT (Share Each Lengthclass's Catch Total) model. ICES CM/B: 57.
- Millar, R.B. 1992. Estimating the size selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. J. Am. Statist. Assoc., 87(420): 962-968.
- Millar, R.B. 1993a. Incorporation of between-haul variation using bootstrapping and nonparametric estimation of selection curves. Fish. Bull., N°91: 564-572.
- Millar, R.B. 1993b. Analysis of trawl selectivity studies (*addendum*): implementation in SAS. Fish. Res., 17: 373-377.
- Millar, R.B. 1994. Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments. ICES J. mar. Sci., 51: 293-298.
- Millar, R.B. and S.J. Walsh. 1992. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. Fish. Res., 13: 205-220.
- McCullagh, P and J.A. Nelder. 1989. Generalized linear models, 2nd edition. Chapman & Hall, London.

- Nashida, K. 1990. The measurements of the distance between wing tips and the heights of the headropes of small trawler's nets. *Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst.*, (40): 213-220.
- Ojeda, V., J. Olivares, F. Balbontín, D. Garland, L. Cubillos R. Alarcón, A. Sepúlveda y M. George-Nascimento. 1997. Validación de los métodos aplicados en la estimación de edad y crecimiento, y determinación de la mortalidad en merluza común en la zona centro-sur. Pre-Informe Final, Proyecto FIP 95-15, 111 pp + fig. + tablas.
- Omoto, S., T. Tokai, M. Tanda, T. Nishikawa and K. Matuda. 1998. Comparison of selectivity curve between square-mesh and diamond-mesh codends by AIC. *Nippon Suisan Gakkaishi* 64(3):447-452.
- Ona, E. and O. Godo. 1990. Fish reaction to trawling noise: the significance for trawl sampling. *Rapp. P.-v. reun. Int. Explor. Mer*, 189: 159-166.
- Ona, E. and R. Mitson. 1996. Acoustic sampling and signal processing near the seabed: the dead zone revisited. *ICES Journal of Marine Science*, 53:677-690.
- O'Neill, F.G. and R.J. Kynoch. 1996. The effect of cover mesh size and cod-end catch size on cod-end selectivity. *Fish. Res.*, 28(3): 291-303.
- Paloheimo, J. and L. Dickie. 1964. Abundance and fishing success. *Rapp. Cons. Explor. Mer*, 155, N°28:152-163.
- Parrish, B.B., J.H.S. Blaxter and J. Hall. 1964. Diurnal variations in size and composition of trawl catches. *Rapp. P.-v. reun. Cons. Int. Explor. Mer*, 155: 27-34.
- Parrish, B.B. and J.H.S. Blaxter, J.A. Pope and R.H. Osborn. 1969. Underwater photography of fish behavior in response to trawls. *FAO Fish. Rep.* N° 62, Vol. 3: 873-884.
- Parrish, B.B. and J.A. Pope. 1963. Results of the effects of using small mesh covers: Effects on the catches of the escapes sizes of fish. In: *ICNAF Special Publication N°5. The Selectivity of Fishing Gears*. Dartmouth, N.S., Canada, 171-174.
- Pauly, D. 1984. Length-converted catch curves: A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *Fishbyte*, 2(1): 17-19.
- Pavez, P. 1981. Determinación del esquema de selectividad de la merluza común (*Merluccius gayi gayi*) por mallas de redes de arrastre de seis paneles. In: *Perspectivas de Desarrollo de las Pesquerías Nacionales. Evaluación de los Principales Recursos Demersales entre Papudo (32°20') y Chiloé (42°00')*. CORFO : AP 82-9.
- Pennington, M. and O.R. Godo. 1995. Measuring the effect of changes in catchability on the variance of marine survey abundance indices. *Fish. Res.*, 23: 301-310.
- Pope, J.A., A.R. Margetts, J.M. Hamley and E.F. Akyuz. 1975. Manual of methods for fish stock assessment. Part III. Selectivity of fishing gears. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 41, Rev. 1.
- Ragonese, S. and F. Bertolino. 1994. Estimating the girth of fish by applying an elliptic model. *NAGA, The Iclarm Quarterly*: 41-44.
- Ramm, D. and Y. Xiao. 1995. Herding in groundfish and effective pathwidth of trawls. In: *Fisheries Research* 24: 243-259.

- RCN. 1999. Methods for fishery resources assessment. Status and potentials of marine resource and environment monitoring. Report from a Working Group appointed by the Research Council of Norway. Oslo, October, 1998. 74 p.
- Reeves. S.A, D.W. Armstrong, R.J. Fryer and K.A. Coull. 1992. The effects of mesh size, cod-end extension length and cod-end diameter on the selectivity of Scottish trawls and seines. ICES J. mar. Sci., 49: 279-288.
- Robertson, J. H. and R. S. Ferro. 1988. Mesh selection within the cod-end of trawls. The effect of narrowing the cod-end and shortening the extension. Scot. Fish. Res. Rep. N°39: 11 pp.
- Robertson, J.H.B., A.M. Shanks and R.J. Kynoch. 1990. The design and testing of a divided trawl for comparative fishing experiments. Scot. Fish. Res. Rep. N°49: 13 pp.
- Rose, C. and E. Nunnallee. 1998. A study of changes in groundfish trawl catching efficiency due to differences in operating width, and measures to reduce width variation. Fisheries Research 36: 139-147.
- Sheperd, J.G. 1993. Why fisheries need to be managed and why technical conservation measures on their own are not enough. MAFF laboratory Leaflet, Number 71. Directorate of Fish. Res., Lowestoff, 16 pp.
- Simrad, 1991. Simrad EK500. Scientific echosounders. Operation manual. P217E.1. 15 pp.
- Skalski, J.R. and J.A. Perez-Comas. 1993. Nonparametric maximum likelihood estimation of mesh size selectivity. Fish. Res., 18: 321-334.
- Sparre, P. y S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO, Doc. Téc. Pesca N°306.1. Rev. 2, 420 pp.
- Suuronen, P. and R.B. Millar. 1992. Size selectivity of diamond and square mesh codends in pelagic herring trawls: Only small herring will notice the difference. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 2104-2117.
- Suuronen, P., T. Turunen, M. Kiviniemi and J. Karjalainen. 1995. Survival of vendace (*Coregonus albula*) escaping from a trawl cod end. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 52: 2527-2533.
- Suuronen, P., D. Erickson and E. Pikitch. 1997. Mesh-size management in pelagic trawl fisheries - potential solutions. In: Developing and sustaining World fisheries resources. The state of science and management. 2<sup>nd</sup> World Fisheries Congress Proceedings. P.A. Hancock, D.C. Smith, A. Grant and J.P. Beumer (Eds.), 563-567.
- Takahisa, M., T. Tokai, R. Ercoli, J.C. García, L. Salvini, J. Bartozzetti and R. Roth. 2000. Estimating codend selectivity and fish escapement from covernet of an insufficiently small mesh size. Fish. Sci. (Accepted).
- Thompson, G.G. 1994. Confounding of gear selectivity and the natural mortality rate in cases where the former is a nonmonotone function of age. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51: 2654-2664.
- Tokai, T. 1997. Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel. Beull. Jpn. Fish. Oceanogra., 61(3): 288-298.
- Tokai, T. 1998. Method of determining mesh-selectivity curve of trawl and its application to fisheries management. Nippon Suissan Gakkaishi 64(4): 597-600.
- Tokai, T. and T. Kitahara. 1989. Methods of determining the mesh selectivity curve of trawlnet. Nippon Suisan Gakkaishi 55(4): 643-649.

- RCN. 1999. Methods for fishery resources assessment. Status and potentials of marine resource and environment monitoring. Report from a Working Group appointed by the Research Council of Norway. Oslo, October, 1998. 74 p.
- Reeves. S.A, D.W. Armstrong, R.J. Fryer and K.A. Coull. 1992. The effects of mesh size, cod-end extension length and cod-end diameter on the selectivity of Scottish trawls and seines. ICES J. mar. Sci., 49: 279-288.
- Robertson, J. H. and R. S. Ferro. 1988. Mesh selection within the cod-end of trawls. The effect of narrowing the cod-end and shortening the extension. Scot. Fish. Res. Rep. N°39: 11 pp.
- Robertson, J.H.B., A.M. Shanks and R.J. Kynoch. 1990. The design and testing of a divided trawl for comparative fishing experiments. Scot. Fish. Res. Rep. N°49: 13 pp.
- Rose, C. and E. Nunnallee. 1998. A study of changes in groundfish trawl catching efficiency due to differences in operating width, and measures to reduce width variation. Fisheries Research 36: 139-147.
- Sheperd, J.G. 1993. Why fisheries need to be managed and why technical conservation measures on their own are not enough. MAFF laboratory Leaflet, Number 71. Directorate of Fish. Res., Lowestoff, 16 pp.
- Simrad, 1991. Simrad EK500. Scientific echosounders. Operation manual. P217E.1. 15 pp.
- Skalski, J.R. and J.A. Perez-Comas. 1993. Nonparametric maximum likelihood estimation of mesh size selectivity. Fish. Res., 18: 321-334.
- Sparre, P. y S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO, Doc. Téc. Pesca N°306.1. Rev. 2, 420 pp.
- Suuronen, P. and R.B. Millar. 1992. Size selectivity of diamond and square mesh codends in pelagic herring trawls: Only small herring will notice the difference. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 2104-2117.
- Suuronen, P., T. Turunen, M. Kiviniemi and J. Karjalainen. 1995. Survival of vendace (*Coregonus albula*) escaping from a trawl cod end. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 52: 2527-2533.
- Suuronen, P., D. Erickson and E. Pikitch. 1997. Mesh-size management in pelagic trawl fisheries - potential solutions. In: Developing and sustaining World fisheries resources. The state of science and management. 2<sup>nd</sup> World Fisheries Congress Proceedings. P.A. Hancock, D.C. Smith, A. Grant and J.P. Beumer (Eds.), 563-567.
- Takahisa, M., T. Tokai, R. Ercoli, J.C. García, L. Salvini, J. Bartozzetti and R. Roth. 2000. Estimating codend selectivity and fish escapement from covernet of an insufficiently small mesh size. Fish. Sci. (Accepted).
- Thompson, G.G. 1994. Confounding of gear selectivity and the natural mortality rate in cases where the former is a nonmonotone function of age. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51: 2654-2664.
- Tokai, T. 1997. Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel. Beull. Jpn. Fish. Oceanogra., 61(3): 288-298.
- Tokai, T. 1998. Method of determining mesh-selectivity curve of trawl and its application to fisheries management. Nippon Suissan Gakkaishi 64(4): 597-600.
- Tokai, T. and T. Kitahara. 1989. Methods of determining the mesh selectivity curve of trawlnet. Nippon Suisan Gakkaishi 55(4): 643-649.

- Tokai, T. and T. Mitsuhashi. 1998. SELECT model for estimating selectivity curve from comparative fishing experiments. Bull. Jpn. Fish. Oceanogr., 62(3): 235-247.
- Walsh, S.J., R.B. Millar, C.G. Cooper and W.M. Hickey. 1992. Codend selection in American plaice: diamond versus square mesh. Fish. Res., 13: 235-254.
- Willeman, D.A., R.S.T. Ferro, R. Fonteyne and R.B. Millar. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Coop. Res. Rep., 215: 126 pp.
- Xu, X. and R.B. Millar. 1993. Estimation of trap selectivity for Male Snow Crab (*Chionocetes opilio*) using SELECT modeling approach with unequal sampling effort. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 2485-2490.

## 9. ANEXOS

## 9.1. Códigos fuente (S-plus) de las funciones utilizadas para ajustar las curvas de selección

```
#####Archivo para crear funciones#####
#####También lee covfunctions#####21 Agosto 1998#####
#####Gentileza de Rusell Millar#####
#####
#####Algunas funciones para ajustar curvas asimétricas de dos#####
#####parámetros han sido omitidas, se cree que estas no son#####
#####necesarias ya que se implementó la función de Richards#####
#####
#Para usar, cree los vectores
#lenclass   Marca de clase del intervalo de longitud (cm)
#nfine     N° individuos en copo control (trouser trawl) o cubre-copo
#nwide     N° individuos en copo experimental
#
#Para ajuste logístico con cubre-copo use:      ccfit()
#Para ajuste de Richards con cubre-copo use:   ccfit(type="rich")
#Para ajuste logístico con trouser trawl use:  fit()
#Para ajuste de Richards con trouser trawl use: fit(type="rich")
#Para fijar el parámetro p en 0.5 use:         psplit_0.5; fit(npars=2)
#
#Se confeccionaron graficos del ajuste y desviación de los residuales a
#menos que plots=F sea especificado.
#####

#Curva de selección logística
#lselect_function(x) {
#  eta_x[1]+x[2]*lenclass
#  1-1/(1+exp(ifelse(eta>80,80,eta))) }

lselect_function(x) {
  expo_exp(pmin(500,x[1]+x[2]*lenclass))
  expo/(1+expo) }

cchood_function(x) {
  select_lselect(x)
  -sum(nwide*log(select) + nfine*log(1-select)) }

#ccrichhood_function(x) {
#  select_lselect(x[1:2])^(1/x[3])
#  Tmp_nwide*log(select)+nfine*log(1-select)
#  hood_-sum(Tmp) }

ccrichhood_function(x) {
  select_lselect(x[1:2])^(1/x[3])
  -sum( nwide*ifelse(select>0,log(select),-1e+06) +
        nfine*ifelse(select<1,log(1-select),-1e+06) ) }

hood2par_function(x) {
  expo_exp(x[1]+x[2]*lenclass)
  cselect_psplit*expo/( 1-psplit + expo)
  -sum( nwide*log(cselect) + nfine*log(1-cselect) ) }

hood3par_function(x) {
  expo_exp(x[1]+x[2]*lenclass)
  cselect_x[3]*expo/( (1-x[3]) + expo)
  -sum( nwide*log(cselect) + nfine*log(1-cselect) ) }

richhood_function(x) {
  select_lselect(x[1:2])^(1/x[3])
  cselect_x[4]*select/(1-x[4] + x[4]*select)
  -sum(nwide*log(cselect) + nfine*log(1-cselect)) }

richhood2par_function(x) {
  select_lselect(x[1:2])^(1/x[3])
  cselect_psplit*select/(1-psplit + psplit*select)
```

```

-sum(nwide*log(cselect) + nfine*log(1-cselect)) }

#Entrega el Chi2 de Pearson y la desviación de los residuales
devres_function(y,yhat,n,suff.big=3) {
  if( any((n==0)&(y>0 | yhat>0)) ) stop("Datos incorrectos en funcion devres")
  if( any((yhat==0 & y >0) | (yhat==n & y<n)) )
    stop("Imposibilidad en funcion devres")
  p_ifelse(n>0,y/n,0.5); phat_ifelse(n>0,yhat/n,0.5)
  sign_ifelse(y>=yhat,1,-1)
  Pearson_(y-yhat)/ifelse(n*phat*(1-phat)>0,sqrt(n*phat*(1-phat)),1)
  l_ifelse(y>0,y*(log(p)-log(phat)),0) +
  ifelse(y<n,(n-y)*(log(1-p)-log(1-phat)),0)
  cat("\n"," Pearson Chicuadro=",round(sum(Pearson^2),4),
      ", Model deviance=",round(2*sum(l),4),"#lens used=",sum(n>0))
  suff.dat_(yhat>1 & (n-yhat)>suff.big)
  cat("\n"," Pearson Chiscuadro=",round(sum(Pearson[suff.dat]^2),4),
      ", Model deviance=",round(2*sum(l[suff.dat]),4),
      "#lens used=",sum(suff.dat),"")
  list(Pearson=Pearson,devres=sign*sqrt(2*1),suff.dat=suff.dat) }

retentionlens_function(x,covar,type="logit",probs=c(0.25,0.5,0.75),sr=F) {
  np_length(probs)
  rlens_rep(NA,np)
  rlencovar_matrix(NA,nrow=np,ncol=np)
  if(type=="logit") {
    rlens_( log(probs/(1-probs)) -x[1] ) / x[2]
    if(!missing(covar)) {
      work_matrix(0,nrow=2,ncol=np)
      for(i in 1:np) work[,i]_c(-1/x[2],-rlens[i]/x[2])
      rlencovar_t(work) %*% covar %*% work
      lens_matrix(c(rlens,sqrt(diag(rlencovar))),nrow=np,byrow=F)
      if(sr) {
        srlen_rlens[np]-rlens[1]
        SR_c(srlen,sqrt(rlencovar[np,np]+rlencovar[1,1]-2*rlencovar[1,np]))
        return(list(lens=lens,sr=SR)) }
      else return(list(lens=lens)) } }
  if(type=="rich") {
    tmp_(probs^x[3])/(1-probs^x[3]); rlens_(log(tmp)-x[1])/x[2]
    if(!missing(covar)) {
      work_matrix(0,nrow=3,ncol=np)
      for(i in 1:np)
        work[,i]_c(-1/x[2],-rlens[i]/x[2],log(probs[i])/(x[2]*(1-probs[i]^x[3])))
      rlencovar_t(work) %*% covar %*% work
      lens_matrix(c(rlens,sqrt(diag(rlencovar))),nrow=np,byrow=F)
      if(sr) {
        srlen_rlens[np]-rlens[1]
        SR_c(srlen,sqrt(rlencovar[np,np]+rlencovar[1,1]-2*rlencovar[1,np]))
        return(list(lens=lens,sr=SR)) }
      else return(list(lens=lens)) } } }

fit_function(type="logit",npars=3,probs=c(0.25,0.5,0.75),x0=c(-10,0.3,0.5),
             delta=1.0,plots=T,cex=0.8,mkh=0.07,error.bars=F) {
  ntotal_nfine+nwide
  if(npars==2) cat("\n","fit: Fixed split, p= ",psplit)
  fullfithood_sum ( nwide*log(ifelse(nwide>0.001,nwide/ntotal,1)) +
                  nfine*log(ifelse(nfine>0.001,nfine/ntotal,1)) )
  cat("\n"," Prob.del modelo completo es ",format(fullfithood))
  propn_ifelse((nwide+nfine)>0.001,nwide/(nwide+nfine),2)
  if(type=="logit")
  {
    if(npars==2) {
      Tfit_nlmin(hood2par,x0[1:2],max.iter=100,max.fcal=200)
      Tcov_cov2par(Tfit$x,type="logit",p=psplit)
      select_lselect(Tfit$x); cselect_psplit*select/(psplit*select + 1-psplit)
      Tlens_retentionlens(Tfit$x,cov=Tcov$covar,probs=probs,sr=T) }
    if(npars==3) {
      Tfit_nlmin(hood3par,x0,max.iter=150,max.fcal=300)
      Tcov_cov3par(Tfit$x,type="logit")
      select_lselect(Tfit$x)
      cselect_Tfit$x[3]*select/(Tfit$x[3]*select + 1-Tfit$x[3])
      Tlens_retentionlens(Tfit$x,cov=Tcov$covar[1:2,1:2],probs=probs,sr=T) }
  }
}

```

```

Tdevres_devres (nwide,ntotal*cselect,ntotal)
}
if(type=="rich")
{
if(npars==2) {
Tfit_nlmin(richhood2par,c(x0[1:2],delta),max.iter=200,max.fcal=300)
cat("\n"," Prob.de modelo ajustado es ",
format(-richhood2par(Tfit$x)),"\n")
select_lselect(Tfit$x[1:2])^(1/Tfit$x[3])
cselect_psplitt*select/(psplitt*select + 1-psplitt)
Tcov_covrich(Tfit$x,npars=2,p=psplitt)
Tlens_retentionlens(Tfit$x,cov=Tcov$covar[1:3,1:3],type="rich",
probs=probs,sr=T) }
if(npars==3) {
Tfit_nlmin(richhood,c(x0[1:2],1,x0[3]),max.iter=200,max.fcal=300)
cat("\n"," Prob.de modelo ajustado es ",format(-richhood(Tfit$x)),"\n")
select_lselect(Tfit$x[1:2])^(1/Tfit$x[3])
cselect_Tfit$x[4]*select/(1-Tfit$x[4] + Tfit$x[4]*select)
Tcov_covrich(Tfit$x)
Tlens_retentionlens(Tfit$x,cov=Tcov$covar[1:3,1:3],type="rich",
probs=probs,sr=T) }
Tdevres_devres (nwide,ntotal*cselect,ntotal)
}
if(plots) {
xyticks_c(length(lenclass)-1,10,7)
if(!error.bars)
plot(lenclass[proprn!=2], proprn[proprn!=2], type = "b", pch = 5, mkh=mkh,
lab = xyticks, xlab = "", ylab = "", xlim = c(lenclass[1],
lenclass[length(lenclass)]), ylim = c(0,1),cex=cex)
else {
lower.bnds_pmax(proprn[proprn!=2] + qnorm(0.1/2)*0.5/sqrt(ntotal)[proprn!=2],0)
upper.bnds_pmin(proprn[proprn!=2] - qnorm(0.1/2)*0.5/sqrt(ntotal)[proprn!=2],1)
error.bar(lenclass[proprn!=2],proprn[proprn!=2],lower.bnds,upper.bnds,incr=F,
pch = 5,lab = xyticks,
xlab = "Longitud (cm)",ylab = "Prop retenida en el copo",mkh=0.07,
xlim = c(lenclass[1], lenclass[length(lenclass)]), ylim = c(0,1)) }
title(xlab = "Longitud (cm)", ylab = "Prop en la malla grande del copo",
main="Prop. captura en malla grande del copo",cex=cex)
lines(lenclass,cselect,type="l",lty=2)
plot(lenclass,Tdevres$devres,type="h",lab=xyticks,xlab="",ylab="",cex=cex)
abline(h=0)
title(xlab="Longitud (cm)",ylab="Desviacion de residuales",
main="Desviacion de residuales",cex=cex) }
list(x=Tfit$x,converged=Tfit$converged,covar=Tcov$covar,lens=Tlens$lens,
sr=Tlens$sr,devres=Tdevres$devres,suff.dat=Tdevres$suff.dat) }
ccfit_function(type="logit",probs=c(0.25,0.5,0.75),x0=c(-10,0.3),plots=T,
error.bars=F) {
ntotal_nfine+nwide
fullfithood_sum ( nwide*log(ifelse(nwide>0.001,nwide/ntotal,1)) +
nfine*log(ifelse(nfine>0.001,nfine/ntotal,1)) )
cat("\n"," Prob.del modelo completo es ",format(fullfithood))
if(type=="logit")
{
Tfit_nlmin(cchood,x0,max.iter=100,max.fcal=200)
cat("\n"," Prob.del modelo logita es ",format(-cchood(Tfit$x)))
Tcov_cccov(Tfit$x)
Tlens_retentionlens(Tfit$x,Tcov$covar,sr=T)
select_lselect(Tfit$x)
Tdevres_devres (nwide,ntotal*select,ntotal)
}
if(type=="rich")
{
Tfit_nlmin(ccrichhood,c(x0,1),max.iter=200,max.fcal=300)
cat("\n"," Prob.del modelo Richards es ",format(-ccrichhood(Tfit$x)))
Tcov_cccovrich(Tfit$x)
Tlens_retentionlens(Tfit$x,Tcov$covar,type="rich",sr=T)
select_lselect(Tfit$x[1:2])^(1/Tfit$x[3])
Tdevres_devres (nwide,ntotal*select,ntotal)
}
if(plots) {

```

```

propn_ifelse(ntotal>0.001,nwide/ntotal,2)
xyticks_c(length(lenclass)-1,10,7)
if(!error.bars) {
  plot(lenclass[propn!=2], propn[propn!=2],type = "b",pch = 5,lab = xyticks,
       xlab = "Longitud (cm)", ylab = "Prop. retenida en copo",mkh=0.07,
       xlim = c(lenclass[1], lenclass[length(lenclass)]), ylim = c(0,1) )
} else {
  lower.bnds_pmax(propn[propn!=2] + qnorm(0.1/2)*0.5/sqrt(ntotal)[propn!=2],0)
  upper.bnds_pmin(propn[propn!=2] - qnorm(0.1/2)*0.5/sqrt(ntotal)[propn!=2],1)
  error.bar(lenclass[propn!=2],propn[propn!=2],lower.bnds,upper.bnds,incr=F,
           pch = 5,lab = xyticks,
           xlab = "Longitud (cm)",ylab = "Prop. retenida en copo",mkh=0.07,
           xlim = c(lenclass[1], lenclass[length(lenclass)]), ylim = c(0,1) )
  title(main="Proporcion en el copo")
  lines(lenclass,select,type="l",lty=2)
  abline(h=c(0.25,0.5,0.75),lty=3)
  plot(lenclass,Tdevres$devres,type="h",xlab="Longitud (cm)",lab=xyticks,
       ylab="Desviacion de residuales")
  title("Gráfico de residuales")
  abline(h=0) }
list(x=Tfit$x,covar=Tcov$covar,converged=Tfit$converged,lens=Tlens$lens,
     sr=Tlens$sr,devres=Tdevres$devres,suff.dat=Tdevres$suff.dat) }

#####Ver archivo de funciones#####
#####Si ocurren problemas con las funciones cov en trouser trawl, se#####
#####necesitará adherir mejoras en la precision usada en cccovrich#####

#Informacion de la matriz y calculos para ajuste con p=0.5.
cov2par_function(x,type="logit",p=0.5) {
  ntotal_nfine+nwide
  cat("\n","cov2par: Division fija p= ",p)
  fullfithood_sum ( nwide*log(ifelse(nwide>0.001,nwide/ntotal,1)) +
                  nfine*log(ifelse(nfine>0.001,nfine/ntotal,1)) )
  cat("\n"," Curva de selectividad es",type,". Prob.del modelo completo es ",
      format(fullfithood))
  eta_x[1] + x[2]*lenclass
  if(type=="logit") {
    mu_p*exp(eta)/(1-p+exp(eta))
    dmudeta_p*(1-p)*exp(eta)/ ( (1-p+exp(eta))^2 ) }
  if(type=="cl") {
    dblexpo_exp(-exp(eta))
    mu_1-(1-p)/(1-p*dblexpo)
    dmudeta_(1-p)*p*exp(eta)*dblexpo/ ( (1-p*dblexpo)^2 ) }
  if(type=="logit" | type=="cl") {
    info_matrix(0,nrow=2,ncol=2)
    info[1,1]_sum( ntotal*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
    info[1,2]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
    info[2,1]_info[1,2]
    info[2,2]_sum( ntotal*(lenclass*dmudeta)^2 / (mu*(1-mu)) )
    covar_solve(info)
    list(covar=covar) }
  else return(NA) }

#Informacion de la matriz y calculos para el ajuste con p estimado.
cov3par_function(x,type="logit") {
  ntotal_nfine+nwide
  fullfithood_sum ( nwide*log(ifelse(nwide>0.001,nwide/ntotal,1)) +
                  nfine*log(ifelse(nfine>0.001,nfine/ntotal,1)) )
  cat("\n"," Curva de selectividad es",type,". Prob.del modelo completo es ",
      format(fullfithood))
  ntotal_nfine+nwide
  eta_x[1] + x[2]*lenclass
  if(type=="logit") {
    mu_(x[3]*exp(eta))/(1-x[3]+exp(eta))
    dmudeta_x[x[3]*(1-x[3])*exp(eta) / ( (1-x[3]+exp(eta))^2 )
    dmudp_exp(eta)*(1+exp(eta)) / ( (1-x[3]+exp(eta))^2 ) }
  if(type=="cl") {
    dblexpo_exp(-exp(eta))
    mu_1-(1-x[3])/(1-x[3]*dblexpo)

```

```

  dmudeta_(1-x[3])*x[3]*exp(eta)*dblexpo/ ( (1-x[3]*dblexpo)^2 )
  dmudp_(1-dblexpo)/( (1-x[3]*dblexpo)^2 ) )
if(type=="logit" | type=="cl") {
  info_matrix(0,nrow=3,ncol=3)
  info[1,1]_sum( ntotal*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
  info[1,2]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
  info[1,3]_sum( ntotal*dmudp*dmudeta / (mu*(1-mu)) )
  info[2,1]_info[1,2]
  info[2,2]_sum( ntotal*(lenclass*dmudeta)^2 / (mu*(1-mu)) )
  info[2,3]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta*dmudp / (mu*(1-mu)) )
  info[3,1]_info[1,3]
  info[3,2]_info[2,3]
  info[3,3]_sum( ntotal*dmudp^2 / (mu*(1-mu)) )
  covar_solve(info)
  list(covar=covar) }
else return(NA) }

#Matriz de covarianza para ajuste logistico a datos de cubre-copo
cccov_function(x) {
  ntotal_nfine+nwide
  # fullfithood_sum ( nwide*log(ifelse(nwide>0.001,nwide/ntotal,1)) +
  #   nfine*log(ifelse(nfine>0.001,nfine/ntotal,1)) )
  # cat("\n", " Curva de selección es Richard. Prob.del modelo completo es ",
  #   format(fullfithood))
  eta_x[1] + x[2]*lenclass
  mu_exp(eta)/(1+exp(eta))
  dmudeta_mu/(1+exp(eta))
  info_matrix(0,nrow=2,ncol=2)
  info[1,1]_sum( ntotal*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
  info[1,2]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
  info[2,1]_info[1,2]
  info[2,2]_sum( ntotal*(lenclass*dmudeta)^2 / (mu*(1-mu)) )
  covar_solve(info)
  list(covar=covar) }

#Matriz de covarianza para el ajuste de Richard a datos de cubre-copo
cccovrich_function(x) {
  ntotal_nfine+nwide
  # fullfithood_sum ( nwide*log(ifelse(nwide>0.001,nwide/ntotal,1)) +
  #   nfine*log(ifelse(nfine>0.001,nfine/ntotal,1)) )
  # cat("\n", " Curva de selección es Richard. Prob.del modelo completo es ",
  #   format(fullfithood))
  eta_x[1] + x[2]*lenclass
  nu_exp(eta)/(1+exp(eta)); mu_nu^(1/x[3])
  eta <- ifelse(mu == 1, Inf, eta) # Para evitar problemas numericos mas abajo
  dmudeta_(1/x[3])*mu/(1+exp(eta))
  dmudgamma_-x[3]^(-2)*mu*log(nu)
  info_matrix(0,nrow=3,ncol=3)
  info[1,1]_sum( ntotal*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) ,na.rm=T)
  info[1,2]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) ,na.rm=T)
  info[1,3]_sum( ntotal*dmudgamma*dmudeta / (mu*(1-mu)) ,na.rm=T)
  info[2,1]_info[1,2]
  info[2,2]_sum( ntotal*(lenclass*dmudeta)^2 / (mu*(1-mu)) ,na.rm=T)
  info[2,3]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta*dmudgamma / (mu*(1-mu)) ,na.rm=T)
  info[3,1]_info[1,3]
  info[3,2]_info[2,3]
  info[3,3]_sum( ntotal*dmudgamma^2 / (mu*(1-mu)) ,na.rm=T)
  covar_solve(info)
  list(covar=covar) }

#Matriz de covarianza para el ajuste de Richard a datos de trouser trawl
covrich_function(x,npars=3,p=0.5) {
  ntotal_nfine+nwide
  eta_x[1] + x[2]*lenclass
  if(npars==2) cat("\n", "covrich: Division fija p= ",p) else p_x[4]
  nu_exp(eta)/(1+exp(eta)); r_nu^(1/x[3]); mu_p*r/(1-p+p*r)
  dmudr_p*(1-p)/((1-p+p*r)^2)
  drdeta_(1/x[3])*r/(1+exp(eta)); dmudeta_dmudr*drdeta
  drdgamma_-x[3]^(-2)*r*log(nu); dmudgamma_dmudr*drdgamma
  dmudp_r/((1-p+p*r)^2)
  info_matrix(0,nrow=4,ncol=4)

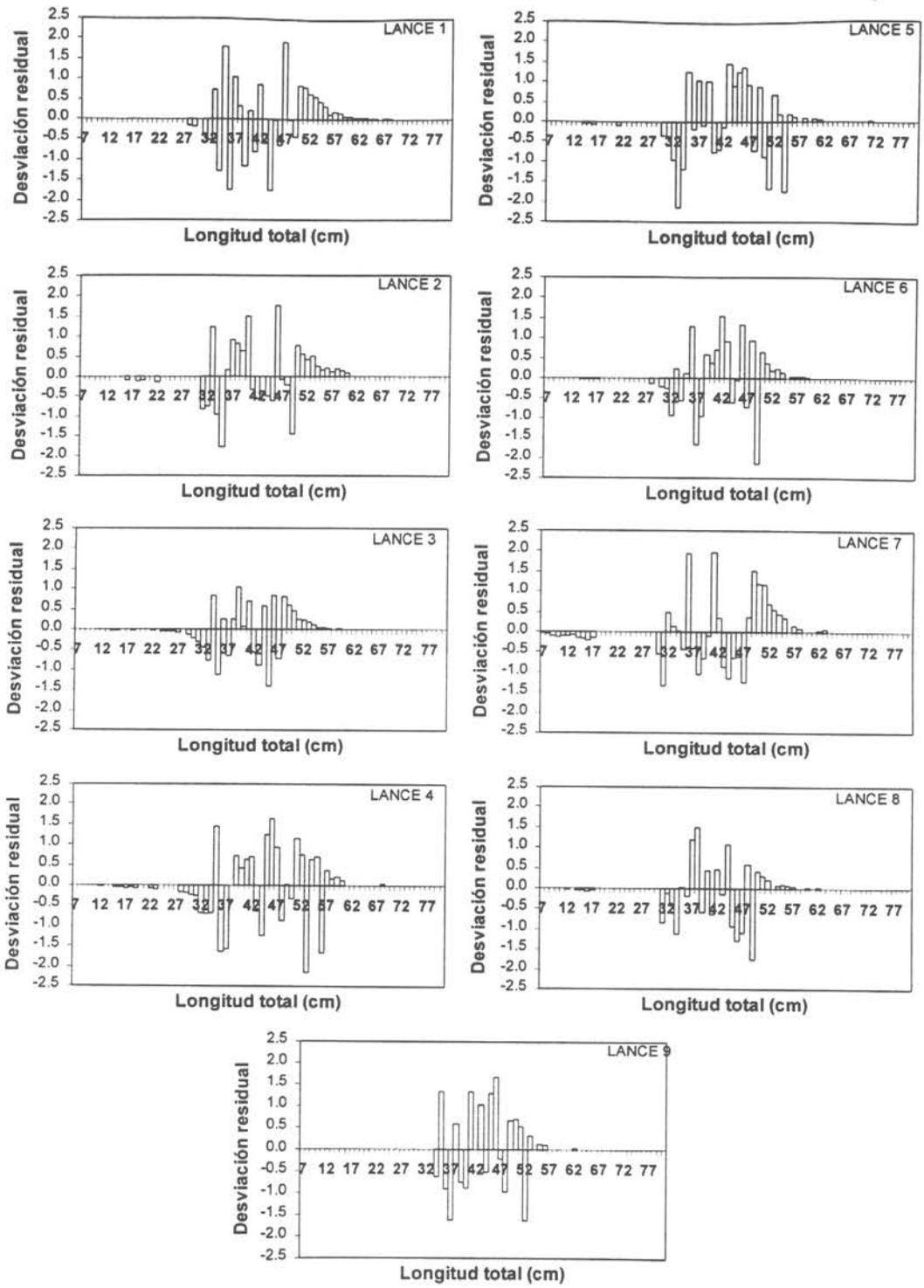
```

```

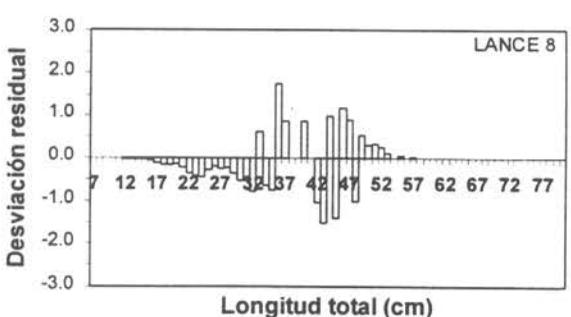
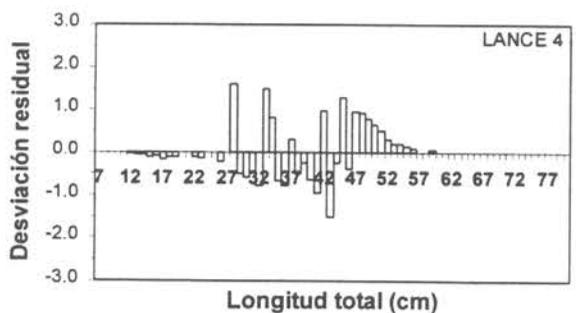
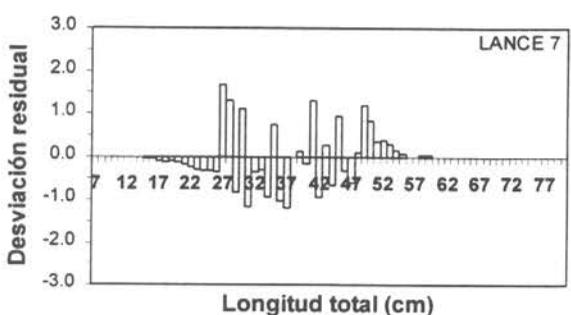
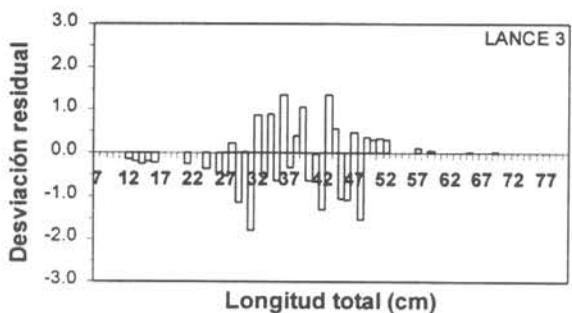
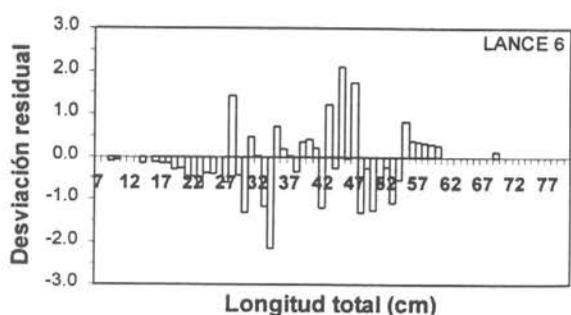
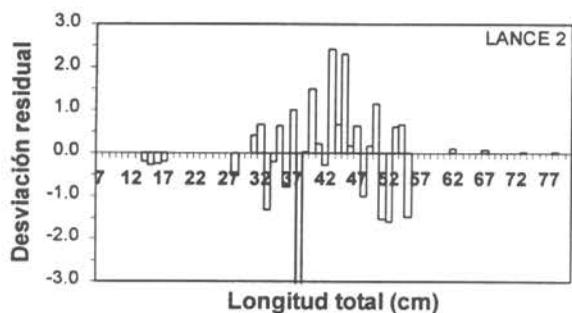
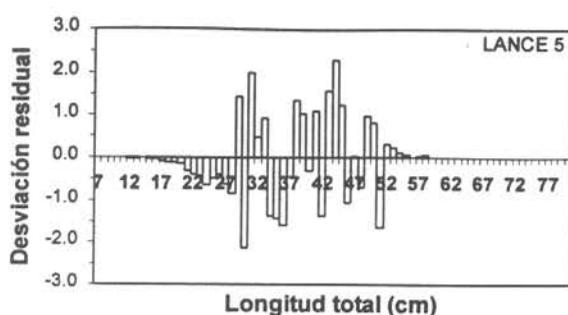
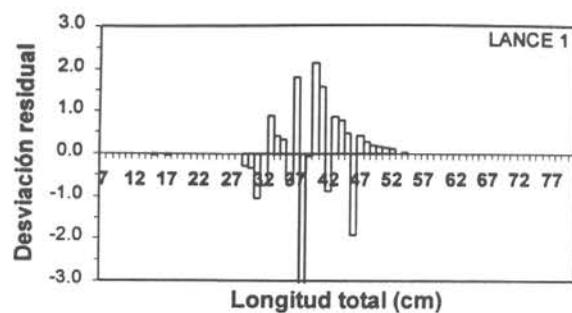
info[1,1]_sum( ntotal*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
info[1,2]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta^2 / (mu*(1-mu)) )
info[1,3]_sum( ntotal*dmudgamma*dmudeta / (mu*(1-mu)) )
info[1,4]_sum( ntotal*dmudeta*dmudp / (mu*(1-mu)) )
info[2,1]_info[1,2]
info[2,2]_sum( ntotal*(lenclass*dmudeta)^2 / (mu*(1-mu)) )
info[2,3]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta*dmudgamma / (mu*(1-mu)) )
info[2,4]_sum( ntotal*lenclass*dmudeta*dmudp / (mu*(1-mu)) )
info[3,1]_info[1,3]
info[3,2]_info[2,3]
info[3,3]_sum( ntotal*dmudgamma^2 / (mu*(1-mu)) )
info[3,4]_sum( ntotal*dmudgamma*dmudp / (mu*(1-mu)) )
info[4,1]_info[1,4]
info[4,2]_info[2,4]
info[4,3]_info[3,4]
info[4,4]_sum( ntotal*dmudp*dmudp / (mu*(1-mu)) )
if(npars==3) covar_solve(info) else covar_solve(info[1:3,1:3])
list(covar=covar) }

```

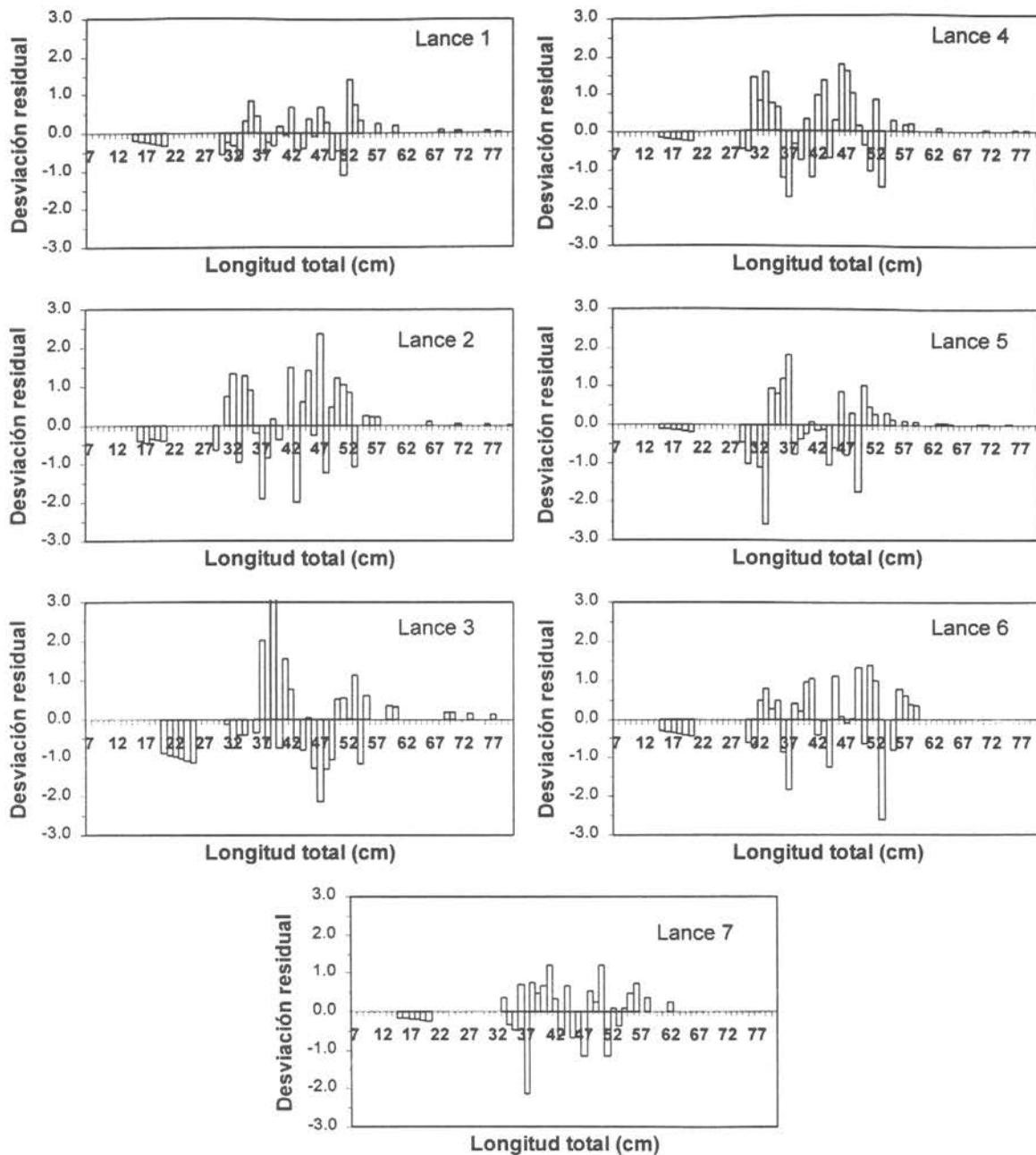
**9.2. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 100 mm.**



### 9.3. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 110 mm.



**9.4. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 130 mm.**



**9.5. Residuales para los ajustes LOGITA. Técnica de CUBRE-COPO y luz de malla de 140 mm.**

