



INFORME FINAL CORREGIDO

FONDO INVESTIGACION PESQUERA

FIP Nº 99-06

**Evaluación directa de
merluza de cola en
la zona centro-sur
1999**

Septiembre

2 0 0 0

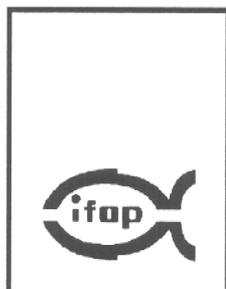


REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP
Presidente del Consejo: DANIEL ALBARRAN RUIZ-CLAVIJO

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP
Director Ejecutivo (S): SERGIO AVILÉS GOYCOOLEA



JEFE DE PROYECTO

SERGIO LILLO V.

AUTORES

**SERGIO LILLO V.
RENATO CESPEDES M.
VILMA OJEDA C.
RODRIGO VEGA H.
LUIS ADASME M.
HECTOR HIDALGO V.**

COLABORADORES

**MANUEL ROJAS G
MARCOS ESPEJO V.**

• Septiembre, 2000 •

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sergio Lillo V.	Ingeniero Pesquero
Renato Céspedes M.	Biólogo Marino
Vilma Ojeda C.	Ingeniero Pesquero
María A. Barbieri B.	Dra. en Oceanografía Biológica
Rodrigo Vega H.	Ingeniero Pesquero
Marcos Espejo V.	Ingeniero Electrónico
Luis Adasme M.	Tecnólogo en Recursos del Mar
Manuel Rojas G.	Técnico Marino
Héctor Hidalgo V.	Ingeniero (E) Gestión Pesquera
Luis Contreras C.	Asistente de muestreo (Abate Molina)
José Pérez S.	Asistente de muestreo (Abate Molina)
Claudio Muñoz C.	Asistente de muestreo (Abate Molina)
Héctor Medina T.	Asistente de muestreo (Flota cerquera)
Pedro Medina T.	Asistente de muestreo (Flota cerquera)
René Riffo C.	Asistente de muestreo (Flota cerquera)
Guillermo Bendel G.	Asistente de muestreo (Flota cerquera)
Raúl Rojas M.	Asistente de muestreo (Flota cerquera)



RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del proyecto FIP 99-06 "Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro sur, 1999", se realizó en el período comprendido entre el 1 de noviembre y 1 de diciembre de 1999, un crucero de prospección que se extendió latitudinalmente entre las latitudes 47°S y 35°20'S.

Durante el desarrollo del crucero se efectuaron 47 transectas de muestreo acústico desde dos millas de la costa hasta una distancia de 50 millas náuticas de la misma. Además se realizaron 24 lances de pesca de identificación de ecotrazos, de las capturas obtenidas se realizaron muestreos de longitud, sexo, peso y se colectaron otolitos para el estudio de edad. En forma paralela, se obtuvieron datos georreferenciados de la flota cerquera de la VIII región, como también datos sobre la estructura de tallas de las capturas.

Como resultado del estudio, se estimó una biomasa de 322 mil toneladas de merluza de cola, de las cuales 165 mil t correspondieron a hembras y 157 mil t a machos. El 70% de la biomasa estimada se concentró al norte de la latitud 37°S.

La distribución del recurso abarcó toda la zona de estudio, pero las mayores concentraciones se detectaron en el sector norte del área de estudio. Por otra parte, la operación de la flota cerquera de la VIII región se concentró durante la mayor parte de duración del crucero, al norte de la latitud 36°S, es decir fuera del área considerada para el estudio.



La abundancia (Nº) de merluza de cola, ascendió a 2634 millones de ejemplares, con un aporte del 51,3% machos y un 48,7% a hembras, es decir una proporción de sexos de 1:1.

La estructura etaria del stock evaluado, estuvo conformada por sobre el 96% por individuos juveniles, siendo los mayores aportes realizados por los grupos de edades I y II, que en conjunto representaron el 80% de la abundancia.

La estructura de tallas del stock evaluado de merluza de cola, tuvo una fuerte componente juvenil, con una moda principal entre los 28-35 cm y otra secundaria entre los 40-50 cm de longitud total. Los ejemplares juveniles pequeños (28-35 cm), se encontraron distribuidos en toda la zona de estudio, pero con un leve desplazamiento en el centro de la moda hacia tallas mayores de sur a norte. Se detectó además, una segregación batimétrica de tamaños prevaleciendo los ejemplares de inferior talla en menores profundidades y los ejemplares mayores en profundidades superiores.

La actividad de la flota pesquera, se concentró durante la mayor parte de noviembre al norte de la latitud 37°S, donde se capturó el 95% de las 183 mil t capturadas en el mes. Considerando que parte importante de la captura, se efectuó previo a la prospección de esta zona, es posible considerar que la estimación de biomasa se encuentren subestimadas



INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE TABLAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO GENERAL	5
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	7
4.1 Período y área de estudio	7
4.2 Embarcación, sistema de pesca y equipos	8
4.2.1 Sistema de Pesca	8
4.2.2 Sistema de ecointegración	8
4.3 Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso merluza de cola en la zona de estudio y caracterizar las agregaciones	10
4.3.1 Distribución espacial y batimétrica de la merluza de cola	10
4.3.2 Caracterización de las agregaciones de merluza de cola	14
4.4 Estimar la biomasa (en peso) y la abundancia en número del stock en la zona de estudio	17
4.4.1 Diseño e intensidad del muestreo	17
4.4.2 Lances de pesca de identificación	18
4.4.3 Identificación de los ecotrazos de merluza de cola	19
4.4.4 Estimación de la biomasa y su varianza	19
4.4.5 Estimación de la constante de ecointegración	23
4.5 Determinar la estructura de tallas, de edades y de pesos promedios a la edad, del stock evaluado	24
4.5.1 Descomposición del número total de individuos presentes en en la zona por intervalo de longitud ,	24
4.5.2 Descomposición del número total de individuos por edad	25



4.5.3	Determinación de la estructura de tallas -----	26
4.5.3.1	Muestreo -----	26
4.5.3.2	Estimación de la composición de la talla -----	26
4.6	Biomasa prospectada y niveles de desembarque del período -----	27
5.	RESULTADOS -----	29
5.1	Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso merluza de cola en la zona de estudio y caracterizar las agregaciones -----	29
5.1.1	Distribución espacial y batimétrica de la merluza de cola -----	29
5.1.2	Caracterización de las agregaciones de merluza de cola -----	30
5.2	Estimación de la biomasa (en peso) y la abundancia (en número) del stock en la zona de estudio -----	31
5.2.1	Estimación de la biomasa de merluza de cola -----	31
5.2.2	Abundancia y composición etaria del stock de merluza de cola -----	31
5.3	Distribución de la estructura de tallas del stock -----	32
5.3.1	Distribución en el área de estudio -----	32
5.3.2	Distribución longitudinal (costera- oceánica) -----	33
5.3.3	Distribución latitudinal -----	34
5.3.4	Distribución según la profundidad del lance de pesca -----	35
5.4	Niveles de desembarque del período y biomasa prospectada -----	36
6.	DISCUSIÓN GENERAL -----	39
7.	CONCLUSIONES -----	47
8.	BIBLIOGRAFÍA -----	49

FIGURAS
TABLAS



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Desembarques de merluza de cola. Período 1979-1999. (Fuente Sernapesca (1999).
- Figura 2.** Distribución trimestral de los desembarques de merluza de cola (Fuente: Sernapesca, 1999; IFOP, 1999)
- Figura 3.** Localización de las transectas y lances de identificación en la zona de estudio.
- Figura 4.** Diseño de la red de arrastre de mediagua utilizada.
- Figura 5.** Distribución espacial de la merluza de cola.
- Figura 6.** Distribución espacial de la captura de la flota (Fuente IFOP).
- Figura 7.** Variograma estimado para la distribución de merluza de cola en las direcciones 0° (a) y 90° (b).
- Figura 8.** a) Distribución de frecuencia relativa de la merluza de cola en la columna de agua. b) Distribución de frecuencia relativa acumulada para variable profundidad (P) y profundidad por densidad (P*Sa).
- Figura 9.** Distribución de frecuencia relativa de la merluza de cola en relación al fondo.
- Figura 10.** Distribución de frecuencia relativa (%) de los descriptores morfológicos de las agregaciones.
- Figura 11.** Composición de la abundancia en número (línea) y porcentaje (barras) por grupos de edad de merluza de cola para. Crucero área 36°-47°S, Noviembre 1999.



- Figura 12.** Distribución de talla de captura de merluza de cola, según la condición costera y oceánicas de los lances de pesca y total zona de estudio. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
- Figura 13.** Frecuencia acumulada de la longitud de merluza de cola por sexo, B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
- Figura 14.** Frecuencia acumulada de la longitud de merluza de cola para lances costeros y oceánicos. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
- Figura 15.** Distribución de talla de merluza de cola por zona (variación latitudinal). B/I Abate Molina (noviembre 1999).
- Figura 16.** Distribución de frecuencia acumulada de la talla de merluza de cola por zona de pesca. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
- Figura 17.** Distribución de tallas de merluza de cola en lances costeros por factor de profundidad. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
Factor $< 0,6$ lances cercanos a la mitad de la columna de agua.
Factor $> 0,6$ lances mas cercanos al fondo.
- Figura 18.** Distribución de talla de merluza de cola de los lances oceánicos según la profundidad, B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
- Figura 19.** Distribución acumulada de la talla de merluza de cola en lances costeros. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
- Figura 20.** Distribución acumulada de la talla de merluza de cola en lances oceánicos por profundidad. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).
- Figura 21.** Distribución latitudinal de las capturas de la flota cerquera de la VIII región (Fuente IFOP).
- Figura 22.** A: Número de lances con captura de merluza de cola. B: Captura media por lance de merluza de cola. C: Capturas por lance de merluza de cola.



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Calibración de sistema de ecointegración.
- Tabla 2.** Categorías de densidad
- Tabla 3.** Estadísticos estimados para los descriptores morfológicos de las agregaciones.
- Tabla 4.** Estimados totales de biomasa, coeficiente de variación (CV) y densidad (t/mn^2) de merluza de cola.
- Tabla 5.** Coeficientes de variación de los estimadores de biomasa total de merluza de cola.
- Tabla 6.** Composición de la abundancia en número de individuos por grupo de edad de merluza de cola, Hembras crucero Área 36°-47°S, Noviembre 1999.
- Tabla 7.** Composición de la abundancia en número de individuos por grupo de edad de merluza de cola, Machos crucero Área 36°-47°S, Noviembre 1999.
- Tabla 8.** Estadística básica de la composición de talla de merluza de cola por zona de pesca, Eval. directa de merluza de cola en la zona centro sur, B/I Abate Molina. Noviembre 1999.
- Tabla 9.** Estadística básica de la composición de talla de merluza de cola por profundidad de pesca. En condiciones costeras y oceánicas. B/I Abate Molina (Noviembre 1999).



1. INTRODUCCIÓN

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907), es una especie euribática de amplia distribución geográfica en el Pacífico suroriental y Atlántico suroccidental, que según Cousseau (1993) exhibe una gran afinidad con las aguas subantárticas, pero posee una alta capacidad de adaptación a regímenes más amplios.

En el Pacífico suroriental, su distribución ha sido descrita desde el Cabo de Hornos hasta la latitud 33°S (Avilés *et al.* 1979; Arana, 1970), sin embargo, también se ha reportado su captura asociada al talud continental de la zona de Coquimbo ((29°16'S) y en el Bajo O'Higgins (32°30'S- 73°30'W), (Lillo y Paillamán, 1996; Lillo *et al.*, 1998a). Además, se debe incluir en su área de distribución la zona de canales y fiordos que se ubican entre las X y XII regiones.

En la actualidad, la merluza de cola es objeto de dos pesquerías, una demersal asociada a la pesquería demersal sur-austral y otra pelágica, basada en la VIII región.

La pesquería demersal sur-austral, se inició en 1976 cuando bajo el Decreto Ley 500 (DL 500) se autorizó la operación de embarcaciones de pesca extranjeras. Esta pesquería de características multiespecíficas, se desarrolló al sur de la latitud 41°28,6'S y en ella la merluza de cola es capturada con sistemas de pesca de arrastre (fondo y mediagua), especialmente por la flota arrastrera fábrica, dejando en los últimos años de tener la característica de fauna acompañante, para transformarse en otro recurso objetivo de esta pesquería.

La pesquería pelágica de merluza de cola centro-sur, tiene su principal centro de operaciones en la VIII región, aunque su actividad extractiva se desarrolla entre la VI



a la X región (Serra *et al.* 1998). En esta pesquería, la captura es realizada mediante el sistema de pesca de cerco, incorporándose en los últimos años embarcaciones combinadas, que poseen los sistemas de pesca de arrastre y cerco.

Los desembarques de merluza de cola fueron incipientes con anterioridad a 1980, pero a partir de ese año se comienza a notar el aporte proveniente de la pesquería demersal sur-austral con un valor cercano a las 20 mil toneladas anuales, cifra que según Young *et al.* (1988) podría estar subestimada, producto del descarte que se produce a bordo de los buques y que no es registrado.

Por otra parte, la pesquería pelágica muestra hasta 1985 niveles incipientes de desembarque (<10 mil t), pero a partir de 1986 se observa un rápido incremento elevándose a valores de 200 mil t en los años 1988-89 (Fig. 1). A diferencia de lo observado en la pesquería demersal, donde los desembarques se han mantenido constantes durante los últimos 20 años, en la pesquería pelágica, se presentan fuertes fluctuaciones interanuales, con niveles de desembarque que han fluctuado entre 70 y 360 mil t (SERNAPESCA, 1999).

Estacionalmente, también es posible observar entre ambas pesquerías un desfase temporal de los períodos de máxima captura de merluza de cola. En la pesquería demersal sur austral, éstas se obtienen durante el segundo y tercer trimestre (SERNAPESCA, 1998), período de concentración reproductiva de este recurso. Young *et al.* (1998), señalan que en el período 1993-1995 el área de captura se extiende entre las latitudes 43°S a 57°S, con la presencia de un foco permanente localizado en las cercanías de las islas Guafo y Guablín.

En cambio en la pesquería pelágica centro sur, existe una marcada estacionalidad en la captura de la merluza de cola, la cual se extiende desde el cuarto trimestre de un



año y finaliza en el primer trimestre del año siguiente (Fig 2), aunque en los últimos años hay un marcado predominio de las capturas obtenidas en el cuarto trimestre.

En lo que respecta a las evaluaciones del recurso, se pueden señalar las estimaciones mediante métodos indirectos realizadas por Arancibia *et al.* (1994), quienes reportan niveles de biomasa para los grupos de edades 3+ que aumentaron de 200 mil t a 300 mil t entre los años 1989/90 - 1991/92 y a 589 mil t en 1992/93. Por otra parte, Payá *et al.* (1999) estimó para el año 1997 una biomasa de 832 mil t, de las cuales el 34% eran aportadas por ejemplares inmaduros de las edades 2 y 3.

Las evaluaciones directas de merluza de cola, se remontan a inicios de la década del 70, cuando el IFOP realizó una pesca exploratoria en el área de Corral al Cabo de Hornos, estimando una biomasa agregada de 230 mil toneladas (Bahamonde, 1978), posteriormente Payá *et al.* (1993), estimaron una biomasa de 591 mil toneladas para la zona exterior limitada por Punta Puga (41°30'S) y el Golfo de Penas, mientras que Mora *et al.* (1993) estimaron una biomasa de 80 mil toneladas para la zona interior de la XI región.

En prospecciones realizadas en la zona sur austral, Lillo y Espejo (1997), estimaron para el área de la plataforma continental ubicada entre las latitudes 40°-47°S, una biomasa de 264 mil t para el bienio junio-julio con un fuerte predominio de ejemplares juveniles (<55cm), que representaron el 91% de la abundancia (Nº) y el 66% de la biomasa (peso), sin embargo, para los meses de agosto-septiembre estimaron una biomasa de 223 mil t, pero con una clara diferencia en la composición de tallas del stock en comparación junio-julio, reflejado en una drástica caída en el aporte de la fracción juvenil del orden del 67% en la abundancia (Nº) y un 31% en términos de la biomasa (peso). Este cambio en la estructura del stock, fue considerado como un efecto del desplazamiento de carácter reproductivo de la fracción adulta del stock hacia



el área de las islas Guafo y Guablín, como también a un desplazamiento de la fracción juvenil posiblemente hacia el área de la pesquería centro-sur.

La administración de la pesquería, mediante el establecimiento de cuotas globales de captura fijadas considerando la estimación de la captura total permisible, procedimiento que requiere el uso de información auxiliar para su calibración, siendo la evaluación directa como un método independiente de la actividad pesquera, uno de los índices mas usados en este tipo de estimaciones.

El carácter demerso-pelágico de este recurso, señala al método hidroacústico como el más adecuado para su evaluación, donde su principal ventaja lo constituye su independencia de la actividad pesquera y rapidez en la entrega de sus resultados, permitiendo elaborar en un corto plazo cartas de distribución y abundancia del recurso en estudio, además de su estructura poblacional.

En este contexto, el Consejo de Investigación Pesquera Fondo frente a la necesidad de disponer antecedentes sobre la abundancia y biomasa actual del recurso merluza de cola en la VIII y XI Regiones, incluyó el presente proyecto dentro del programa de investigación del año 1999 y de acuerdo a lo establecido en los términos básicos de referencia, corresponde la entrega del informe final, el cual debe contener los resultados del proyecto.



2. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar, aplicando el método hidroacústico, el stock del recurso merluza de cola entre la VIII y XI Regiones.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1** Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso merluza de cola en la zona de estudio y caracterizar las agregaciones.
- 3.2** Estimar la biomasa (en peso) y la abundancia en número del stock en la zona de estudio.
- 3.3** Determinar la estructura de tallas, de edades y de pesos promedios a la edad, del stock evaluado.
- 3.4** Analizar la relación entre los niveles de desembarque del período y la biomasa prospectada.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Período y área de estudio

El crucero se efectuó en el período comprendido entre el 3 de noviembre y 01 de diciembre de 1999. El área de estudio comprendió latitudinalmente entre las latitudes 47°00'S y 35°20'S, donde se realizaron 47 transectas de muestreo acústico con una distancia entre ellas de 15 millas náuticas. En la figura 3, se entrega el despliegue espacial de las transectas diferenciando aquellas realizadas entre las 07 y 19 horas (día) y 19 y 07 horas (noche).

En lo que respecta a su extensión longitudinal, entre las latitudes 47° y 44°S, las transectas se realizaron desde la primera milla de la costa hasta el veril de los 1.000 metros de profundidad, pero a partir de la latitud 44° hacia el norte, la extensión de las transectas alcanzó a 50 millas náuticas.

Aunque los términos básicos de referencia consideraban el límite norte del área de estudio en la latitud 36°S, los datos referentes a las áreas de operación de la flota señalaban que Ésta se encontraba operando al norte del área de estudio (35°40'S) y a una distancia de 80 millas de la costa. Frente a lo anterior, se decidió modificar la posición longitudinal de la transecta programada más al norte (36°05'S) desplazándola a un rango de distancia de 50 a 100 millas náuticas de la costa. Además, se agregaron tres transectas adicionales distribuidas en forma paralela a la anterior, lo que permitió extender el área de estudio hasta la latitud 35°20'S.



4.2 Embarcación, sistema de pesca y equipos

La embarcación utilizada fue el B/I "Abate Molina", arrastrero con rampa de 43,5 metros de eslora, 426 toneladas de registro grueso y una potencia de 1.400 HP.

Su equipamiento constaba de redes de arrastre, un sistema de ecointegración marca Simrad modelo EK500 conectado a un transductor de frecuencia de 38 KHz y otro marca OssianP.

4.2.1 Sistema de Pesca

Los lances de pesca de reconocimiento, se efectuaron mediante el uso de una red de mediagua, adquirida para el presente proyecto en Nueva Zelandia, de diseño similar al empleado en ese país por la flota que opera sobre el "hoki" (Fig. 4). El desarrollo de la red alcanzó a 40 metros en sentido vertical (altura de relinga) y 45 metros en sentido horizontal (abertura de punta de alas), a velocidades promedios de 3,6 nudos.

Con el objeto de disminuir la selectividad de la red, el copo fue forrado interiormente con un paño de 50 mm de tamaño de malla.

4.2.2 Sistema de ecointegración

En la evaluación de la merluza de cola, se utilizó un sistema de ecointegración marca SIMRAD modelo EK500, operando en una frecuencia de 38 KHz. Este fue calibrado de acuerdo al procedimiento establecido por su fabricante (Simrad, 1991), que consiste en medir las diferencias en las señales de intensidad de blanco (TS) y ecointegración (Sa) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro), de fuerza de blanco conocida.



El proceso de medición de la fuerza de blanco (TS) y el ajuste de las ganancias del sistema de ecointegración (Sa), se realiza mediante las expresiones:

$$G_1 = G_0 + \frac{TS_m - TS_b}{2}$$

donde G_1 y G_0 representan las ganancias ajustada y por ajustar del transductor, y TS_m y TS_b , corresponden a las intensidades medidas y teóricas del blanco de referencia.

El ajuste de las ganancias de ecointegración (Sa), se efectúa mediante el siguiente procedimiento iterativo:

$$G_1 = G_0 + \frac{10 * \log \frac{Sa_m}{Sa_t}}{2}$$

donde Sa_m y Sa_t , representan las unidades de ecointegración medidas y teóricas del blanco estándar, siendo:

$$Sa_{(t)} = \frac{4 * \pi * \Phi_{bs} * (1852)^2}{\Psi * r^2}$$

donde:

- Φ_{bs} = sección dispersante de la esfera
- r = profundidad de la esfera (m)
- r_o = profundidad de referencia (m)
- Ψ = ángulo equivalente del haz acústico
- Sa_t = Sa teóricos del blanco estándar
- Sa_m = Sa medidos del blanco estándar



Los resultados de las mediciones (Tabla 1), mostraron un comportamiento normal y estable del sistema de ecointegración.

4.3 Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso merluza de cola en la zona de estudio y caracterizar las agregaciones.

4.3.1 Distribución espacial y batimétrica de la merluza de cola

La distribución espacial de la merluza de cola en el área prospectada, se estimó a partir de la información de los ecotrazos correspondientes a merluza de cola detectados mediante el sistema acústico y la información de los lances de pesca de identificación. Se presenta como una carta de contornos, en donde éstos representan curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo ver de manera clara las áreas de mayor concentración de los recursos (MacLennan y Simmonds, 1992).

En el mapeo de las densidades de la merluza de cola, se consideraron aspectos relacionados con la técnica geoestadística, (uso de los semivariogramas) herramienta analítica que permite determinar la existencia de, (estructuras espaciales) tales como: tamaño, dirección y tipo de estructura (Anónimo, 1991, Pelletier y Parma, 1992, Maynou *et al.* 1998).

En geoestadística, el método intrínseco es una aplicación de la teoría de funciones aleatorias a la estimación local (mapeo) y a la estimación global (estimación de la abundancia). En este método, los datos son interpretados como una representación muestral de un proceso aleatorio dentro del área de estudio, a través de un variograma, el cual mide la variabilidad media entre dos mediciones experimentales $(Z(x_i) - Z(x_{i+h}))^2$ como función de su distancia h , definida mediante la ecuación:



$$2\gamma(x, h) = E[Z(x) - Z(x+h)]^2$$

La asunción de estacionaridad de segundo en el método intrínseco, es decir, que la media y la varianza de los incrementos sean constantes, permite estimar el variograma experimental $2^*\gamma(h)$ como:

$$2\gamma^*(\theta, h) = \frac{1}{N(\theta, h)} \sum_i [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Siendo $Z(x_i)$ el valor experimental en el punto x_i y $N(\theta, h)$ el número de pares de datos en la dirección θ y distancia h .

El ajuste del variograma experimental a un modelo matemático, se efectuó de acuerdo a los propuestos por Cressie (1993) para los modelos esférico y exponencial como:

Modelo esférico:

$$\gamma(h, \theta) = \begin{cases} 0, & |h| = 0 \\ c_0 + c_s \left\{ \frac{3}{2} \left(\frac{|h|}{a_s} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|}{a_s} \right)^3 \right\}, & 0 < |h| \leq a_s \\ c_0 + c_s, & |h| > a_s \end{cases}$$

Modelo exponencial:

$$\gamma(h, \theta) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + c_e \{ 1 - \exp(-h/a_e) \}, & h \neq 0 \end{cases}$$



Donde, c_0 corresponde a la variabilidad de microescala, c_s , c_e representan la varianza estructural de los respectivos modelos de variogramas y a_s , a_e los rangos o distancias hasta la cual los datos presentan correlación.

La suma de ambas variabilidades ($c_0 + (c_s ; c_e)$), representa el *sill* o nivel máximo de variabilidad. En el caso del modelo exponencial el rango se asume como el punto en el cual el modelo incluye el 95% del *sill*, esto puede ser estimado como tres veces el rango teórico ($3a_e$).

El ajuste de los modelos a los datos del variograma experimental, se realizó mediante el método de mínimos cuadrados descrito por Cressie (1993) minimizando la función:

$$\sum_{i=1}^H |N(h_j)| \left\{ \frac{\hat{\gamma}(h_j)}{\gamma(h_j; \theta)} - 1 \right\}^2$$

donde H es el número de intervalos en que la distancia entre puntos de muestreo fue discretizada. Cada residuo al cuadrado es ponderado de acuerdo a $N(h_j)$, que es el número de pares de datos utilizados para estimar $\hat{\gamma}(h_j)$ y al inverso de $\gamma(h_j)^2$. Lo anterior, tiene la propiedad de aumentar la ponderación de los puntos cercanos al origen del variograma, permitiendo obtener un buen ajuste en las cercanías de su origen y disminuir la ponderación de los puntos no representativos (Cressie, 1993; Pelletier and Parma, 1994; Maravelias *et al.*, 1996).

La carta de distribución espacial, se confeccionó de acuerdo a una escala de categorías de densidad señaladas en la Tabla 2. El mapeo de las densidades se realizó mediante el software Surfer 6 (Kleckner, 1996).



En lo que respecta a la distribución batimétrica, se midió la profundidad de las agregaciones y se utilizó el método propuesto por D'Amours (1993) para estimar la probable existencia de algún grado de preferencia o rechazo de la merluza de cola por un rango batimétrico.

En el presente estudio se utilizaron la variable profundidad media del cardumen o agregación registradas durante el crucero. Básicamente se determinó la distribución de frecuencia relativa acumulada de la variable profundidad independiente y luego ponderada por la densidad del recurso (S_a). La comparación de ambas curvas revelaría preferencia o rechazo del recurso respecto a la variable medida (profundidad). Si el recurso se distribuye en forma azarosa con relación a la profundidad, es decir, no se encuentra relacionado a un rango específico de ésta, ambas curvas evolucionarán de forma similar. De lo contrario, si el recurso se asocia (aceptación) o no (rechazo) a un rango de valores determinado de la variable, las curvas evolucionarán de manera diferente, incrementándose la curva ponderada a mayores o menores tasas dentro de un mismo rango de valores.

Para el cálculo de las distribuciones de frecuencia relativa acumulada de profundidad se utilizó la expresión:

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i)$$

donde,

$$I(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{si } x_i \leq t, \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

con n = número de intervalos básicos de muestreo y x_i = profundidad promedio de la agregación en el rango t en el intervalo básico de muestreo i ($i = 1, \dots, n$) con incrementos de 1 m. La función ponderada correspondió a:



$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} I(x_i)$$

siendo y_i = densidad del recurso en el intervalo básico de muestreo i dentro del rango t de la variable profundidad e \bar{y} = promedio de la densidad del recurso en todas las observaciones.

Por último, la significancia estadística (p) de la asociación entre las distribuciones de frecuencia relativa acumulada de la profundidad y la ponderada por la densidad del recurso, se determinó utilizando un complemento del método de D'Amours (1993) propuesto por Perry & Smith (1994), el cual utiliza la prueba Kolmogorov-Smirnov para comparación de distribuciones (Conover, 1980). Esta consiste en la determinación de la máxima diferencia absoluta entre las dos distribuciones $g(t)$ y $f(t)$ en cada punto t :

$$\max_{\forall t} |g(t) - f(t)| = \max_{\forall t} \left| \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\bar{y}} \right) I(x_i) \right|$$

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa Statistica 5.0, con la hipótesis nula de igualdad de distribuciones rechazada si el valor calculado de la máxima diferencia absoluta entre $g(t)$ y $f(t)$ es mayor al valor entregado por tabla a un nivel de significancia del 5%.

4.3.2 Caracterización de las agregaciones de merluza de cola

La descripción del tamaño y forma de las agregaciones de merluza de cola, se utilizó una técnica desarrollada en base al reconocimiento de cardúmenes o agregaciones desde observaciones acústicas verticales realizadas mediante el ecointegrador OSSIANP.



Un cardumen o agregación, es definido como un conjunto de muestras acústicas que satisfacen una ley de continuidad vertical y horizontal y además exceden un umbral predeterminado de energía y tamaño. El algoritmo debe encontrar muestras contiguas a lo largo del mismo pulso (continuidad vertical) y muestras contiguas desde el pulso anterior (continuidad horizontal). La resolución horizontal corresponde a la distancia cubierta entre pulsos sucesivos y la vertical sobre el mismo pulso, a la distancia relativa a la mitad de la duración de un pulso. Si el número de muestra no se incrementa con el nuevo pulso, la detección de la agregación se considera terminada y el conjunto de descriptores es calculado.

La serie de descriptores de tipo morfológicos utilizados, como la altura, extensión, área transversal, elongación y perímetro, son variables que permiten medir el tamaño y forma de las agregaciones, permitiendo clasificarlas ya sea en términos de tamaño como de su estructura interna (Scalabrin y Massé, 1993; Freón *et al.* 1996).

El área de una agregación acústica se obtiene simplemente en relación a cada uno de los valores de amplitud. Un rectángulo es asociado a cada muestra S con un valor de amplitud sobre el umbral de eointegración. La superficie del rectángulo Se es calculada como el producto de la distancia horizontal cubierta desde el pulso precedente (d_j) y la distancia vertical cubierta desde la muestra anterior e , donde

$$e = \frac{1}{\eta}, \text{ por lo tanto:}$$

$$Se = d_j * e$$

Finalmente, el Area transversal de la agregación (*Area*) es el resultado de la suma del área de todos los rectángulos elementales:

$$Area = \frac{1}{\eta} * \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n S_{ij}$$



Los rectángulos mencionados, son utilizados posteriormente para calcular algunos de los descriptores. El Perímetro (*Perim*) es calculado como la suma de las caras externas de los rectángulos ubicados en el contorno de la agregación.

Algunos de los descriptores son determinados inmediatamente después de la detección de la agregación, mientras que para el resto, ciertos puntos especiales de la agregación son usados como referencia para calcularlos, principalmente en el caso de los descriptores morfológicos y batimétricos.

La dimensión fractal (*DFrt*) es un descriptor adimensional empleado para caracterizar la desigualdad del contorno de la agregación y corresponde a la relación entre la superficie de un cuadrado con perímetro equivalente al perímetro de la agregación y la superficie de la agregación:

$$DFrt = 2 * \frac{\ln\left(\frac{Perim}{4}\right)}{\ln Area}$$

El valor 1 representa un contorno suave o cuadrado y un valor 2 un contorno desigual o complejo. El sentido biológico de este descriptor puede estar asociado al grado de cohesión entre los peces que constituyen la agregación, especialmente en la frontera o borde de la agregación (Scalabrin, 1997).

La elongación (*Elon*) es un descriptor utilizado para caracterizar la forma general de la agregación y es definido básicamente como la relación entre el largo y el alto:

$$Elon = \frac{Largo}{Alto}$$

Valores elevados estarán asociados a agregaciones en forma de elipse, mientras que valores menores a agregaciones más circulares.



4.4 Estimar la biomasa (en peso) y la abundancia en número del stock en la zona de estudio.

4.4.1 Diseño e intensidad del muestreo

El diseño de muestreo empleado en la evaluación acústica del stock de merluza de cola, correspondió a un muestreo de tipo sistemático, en el cual asumiendo aleatoriedad en la distribución del recurso con relación a la localización de la primera transecta, ha sido señalado como el más adecuado en estudios dirigidos a estimar la abundancia y distribución de un recurso pesquero (Simmonds, 1996; Petitgas, 1991; Francis, 1984; Simmonds *et al.*).

De acuerdo a lo señalado en la oferta técnica, se realizaron 47 transectas en dirección general weste-este distanciadas latitudinalmente por 15 millas náuticas (Fig. 3). Esta intensidad de muestreo, se enmarca dentro de los márgenes en los cuales, la ganancia en precisión frente a un aumento moderado del esfuerzo de muestreo es pequeña (Aglen, 1989).

En lo que respecta a su extensión longitudinal, entre las latitudes 47° y 44°S, las transectas se realizaron desde la primera milla de la costa hasta el veril de los 1.000 metros de profundidad, pero a partir de la latitud 44° hacia el norte, la extensión de las transectas alcanzó a 50 millas náuticas.

Cada transecta fue discretizada en intervalos básicos de muestreo de 1 milla náutica, registrándose en cada una de ellas: posición geográfica, densidad expresada en unidades de eointegración (Sa), profundidad y tipo de agregación del recurso.



4.4.2 Lances de pesca de identificación

Durante el crucero, se efectuaron 24 lances de pesca de arrastre (Fig. 3) en profundidades de fondo que fluctuaron entre 70 a 4.000 metros, mientras que la red considerando como referencia su relinga superior operó entre 75 y 280 metros.

La captura de los lances fue tratada a bordo de la siguiente forma:

- Depositar la captura en la cubierta y separar los individuos de merluza de cola de la fauna acompañante.
- Llenar con merluza de cola diez cajas plásticas de 42 litros y pesar en una balanza romana de 150 kg.
- Encajonar, registrar y devolver al mar el resto de la captura de merluza de cola.
- Realizar los muestreos de longitud, peso, sexo y recolección de otolitos.
- Obtener muestras de las capturas correspondientes a la fauna de acompañamiento.
- La captura en peso (y número de individuos) de cada especie por lance, se obtuvo del cociente entre el peso (y número de individuos) en las submuestras y la captura.

En cada lance de pesca se realizaron los siguiente muestreos:

Muestreo de longitudes: Orientado a obtener la composición por talla y por sexo. Se midió la longitud total de cada ejemplar de la muestra con una precisión de 1 cm.



Muestreo biológico-específico: Orientado a obtener las relaciones entre longitud y peso de los ejemplares por sexo. Se midió la longitud total y peso total de los ejemplares.

Muestreo de otolitos: Destinado a la recolección de otolitos. Se extrajeron los otolitos y se registró la longitud total del pez y el sexo.

4.4.3 Identificación de los ecotrazos de merluza de cola

La identificación de los ecotrazos correspondientes a la merluza de cola, se realizó mediante la inspección de los ecogramas, conjuntamente con los datos provenientes de los lances de pesca de identificación.

4.4.4 Estimación de la biomasa y su varianza

La biomasa (\hat{B}) se estimó mediante dos estimadores, uno de estadística tradicional (estimador de razón) y el otro mediante técnicas de estadística espacial (geoestadística).

a) Estimador de razón

La biomasa (\hat{B}) de la merluza de cola se estimó como:

$$\hat{B} = \hat{A} * \hat{R} * \hat{C}_b$$

donde:

- \hat{A} = área de estudio en millas náuticas cuadradas
- \hat{R} = estimador de la densidad media
- \hat{C}_b = coeficiente de eointegración ($t^*mn^{-2}*Sa^{-1}$)



La razón (\hat{R}), equivale a las lecturas acústicas promedios del ecointegrador por intervalo básico de muestreo, se estimó como:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

donde:

- n = número de transectas en la muestra
- x_i = densidad de la transecta i-ésima
- y_i = número de I.B.M en la transecta i-ésima

El estimador de varianza de la biomasa, se expresa según:

$$\hat{V}(\hat{R}) = \hat{A}^2 * \hat{V}_1(\hat{R})$$

Los estimadores de la varianza de la razón $\hat{V}_1(\hat{R})$ utilizados fueron:

Conglomerado de tamaños desiguales (Hansen *et al.*, 1954)

$$\hat{V}_1(\hat{R}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{n\bar{Y}^2} (S_x^2 + \hat{R}^2 S_y^2 - 2\hat{R}S_{xy})$$

donde N y n representan el número total de transectas en el área y en la muestra respectivamente y:

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$



$$S_x^2 = S_{xx} \quad ; \quad S_y^2 = S_{yy}$$

$$\bar{x} = \sum_1^n \frac{x_i}{n} \quad ; \quad \bar{y} = \sum_1^n \frac{y_i}{n}$$

Estratos agrupados (Volter, 1985)

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N} \right) \frac{\hat{R}^2}{n(n-1)} (S_x^2 + S_y^2 - 2S_{xy})$$

donde:

$$S_{xy} = \sum_1^{n-1} \frac{(x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1})}{\bar{x} \bar{y}}$$

$$S_x^2 = S_{xx} \quad ; \quad S_y^2 = S_{yy}$$

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para la biomasa, se estima por la expresión:

$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} * \hat{A} * \sqrt{\hat{V}_1(\hat{R})}$$

b) Estimador geoestadístico

En el caso de diseños de muestreos como el propuesto en el presente estudio, correspondiente a uno sistemático con una mayor densidad de datos en una dirección que en otra, la estimación de la varianza difiere de aquellos cuando las muestras provienen de muestreos discretos en el área de estudio (Armstrong *et al.*, 1992; Anónimo, 1991; Petitgas y Rivoirard, 1991).



Cuando las transectas están regularmente espaciadas y existe un muestreo continuo en la dirección de las transectas, Armstrong *et al.* (1992); Petitgas (1991) proponen el siguiente método de estimación de la varianza que considera la extensión y distancia entre transectas:

Sea d_i la longitud de una transecta, l_i la distancia intertransectas y $Z(d_i)$ la densidad en la transecta i , la estimación de la densidad global ($Z^*(V)$) se estima mediante la ponderación de cada $Z(d_i)$ por su área de influencia v_i ($l_i * d_i$), pero si la distancia entre transectas es constante, v_i es proporcional a d_i tal que:

$$Z^*(V) = \frac{\sum_i v_i Z(d_i)}{\sum_i v_i} = \frac{\sum_i d_i Z(d_i)}{\sum_i d_i}$$

mientras que $Z(V)$ puede ser definido como:

$$Z(V) = \frac{\sum_i v_i Z(d_i)}{\sum_i v_i} = \frac{\sum_i d_i Z(d_i)}{\sum_i d_i}$$

Así el error de estimación es el promedio ponderado de los errores elementales de estimación $Z(d_i) - Z(v_i)$:

$$Z^*(V) - Z(V) = \frac{\sum_i d_i [Z(d_i) - Z(v_i)]}{\sum_i d_i}$$



La varianza se estima como:

$$\sigma_e^2 = \text{Var}[Z * (V) - Z(V)] = \frac{\sum_i d_i^2 \sigma_{Ei}^2}{\left(\sum_i d_i\right)^2}$$

donde σ_{Ei}^2 es la varianza de extensión elemental de la línea de transecta a su block de influencia y se estima como:

$$\sigma_{Ei}^2 = 2\bar{\gamma}_{SV} - \bar{\gamma}_{VV} - \bar{\gamma}_{SS}$$

El cálculo de los variogramas promedios en dos dimensiones, se realizó mediante el método de varianzas de extensión propuesto por Journel and Huijbregts (1978), en el cual un punto x toma sucesivamente la posición de cada nodo de la grilla e y toma una posición aleatoria en cada célula de la grilla.

El cálculo de la estimación global y su varianza de estimación, se realizará mediante la utilización de los programas estadísticos EVA2 (Petitgas y Lafont, 1997) y Geoeas (Sparks and England, 1983).

4.4.5 Estimación de la constante de ecointegración

La constante de ecointegración \hat{C}_b se estimó mediante la ecuación propuesta por Bodholt (1991):



$$\hat{C}_b = \frac{Sa * \bar{w} * 10^3}{\frac{TS}{4\pi * 10^{10}}}$$

donde:

- \hat{C}_b = constante de eointegración ($t^*mn^{-2}*Sa^{-1}$ ref. 1 Sa)
- \bar{w} = peso promedio de la merluza de cola (kg)
- \overline{TS} = fuerza de blanco promedio de la merluza de cola (db)
- Sa = Unidades de eointegración

La fuerza de blanco promedio se estimó como: $TS = 20 \log (\text{longitud}) - 72.7$ estimada para hoki (*Macruronus Novazelandiae*) por Do and Surti (1993).

4.5 Determinar la estructura de tallas, de edades y de pesos promedios a la edad, del stock evaluado.

El procedimiento a utilizar, corresponde al que habitualmente se emplea en las evaluaciones indirectas que se realizan mediante el método de análisis secuencial de poblaciones (ASP) (Payá. 1997) y que ha sido empleado en diferentes evaluaciones directas de merluza común y merluza del sur (Lillo *et al.* 1994; Payá *et al.*, 1993; Lillo *et al.* 1998b), que considera los siguientes pasos para cada sexo por separado:

4.5.1 Descomposición del número total de individuos presentes en la zona por intervalo de longitud.

Se realizó mediante la descomposición de la abundancia en intervalos de talla (2 cm) mediante la ecuación:



$$N_i = \frac{f_i}{\sum_i f_i} N_t$$

donde,

- N_t : Abundancia (N°) de merluza de cola.
 f_i : Frecuencia o número de individuos de la muestra pertenecientes al intervalo "i".
 N_i : Número de individuos presentes del intervalo "i".

4.5.2 Descomposición del número total de individuos por edad

Los individuos presentes en cada intervalo de longitud (N_i), se asignaron a las diferentes edades según una clave talla-edad. Esta clave, indica las probabilidades de un individuo de una determinada longitud pertenecer a cada una de las diferentes edades. La clave talla-edad se construyó a partir de las lecturas de edad de los otolitos recolectados en el crucero.

$$nL_{(x)} = PL_{(x)} * NL$$

$$N_{(x)} = \sum PL_{(x)} * NL$$

donde:

- x : Grupo de edad
 L : Longitud total del pez
 $N(x)$: N° de individuos a la edad x
 NL : N° de individuos a la longitud L
 $PL(x)$: Probabilidad de la edad x de individuos de longitud L .
 $nL(x)$: N° de individuos de longitud L correspondientes a una edad determinada x .



Este cálculo se efectuó separadamente para machos y hembras, debido a sus diferencias en crecimiento (Aguayo y Gili, 1984), calculándose para cada sexo la relación longitud-peso correspondiente y corrigiéndose los pesos promedios con el procedimiento de Piennar y Ricker (1968) y Nielsen y Schoch (1980), que incorpora la variabilidad existente en torno a cada longitud promedio.

4.5.3 Determinación de la estructura de tallas

4.5.3.1 Muestreo

La estructura de tallas de merluza de cola, se obtuvo de los mediante un muestreo aleatorio de las capturas. Sin embargo, en los lances que la captura fue escasa se efectuó un censo en la toma de información de talla.

El registro de la longitud de merluza de cola consistió en medir a cada pez su longitud total e identificación del sexo, como también fue registrada la información de bitácora de pesca del lance de pesca, con objeto de permitir georreferenciar la información.

4.5.3.2 Estimación de la composición de la talla

El estimador de la estructura de tallas está definido por:

$$\hat{P}_{hk} = \sum_{i=1}^{N_h} \frac{\hat{X}_{hi}}{\hat{X}_h} \hat{P}_{hik}; \quad h = 1, 2, \dots, H$$

siendo

$$\hat{X}_{hi} = \frac{Y_{hi}}{W_{hi}} \quad ; \quad \hat{X}_h = \sum_{i=1}^{N_h} \hat{x}_{hi} \quad \text{y} \quad \hat{P}_{hik} = \frac{n_{hik}}{n_{hi}}$$



donde: X_{hi} representa el número de ejemplares medidos en lance i y área h ; X_h representa el número total de ejemplares medidos en el área h ; k indexa a la clase de talla; h al área de pesca; i al lance de pesca.

En el análisis de los resultados de la composición de talla de merluza de cola se entrega por área total prospectada, por zonas geográficas (en sentido latitudinal), por profundidad y por distancia a la costa.

Por otro lado, es necesario señalar que se denomina juveniles a los ejemplares menores de 55 cm, talla de primera madurez sexual según Avilés et al. (1979), Toledo (1991).

4.6 Biomasa prospectada y niveles de desembarque del período

La estimación de los niveles de desembarque del período, se estimaron de la información de captura georreferenciada recolectada por el sistema de pesquerías pelágicas de la zona centro sur. Conjuntamente con lo anterior, se recolectó datos de estructuras de tallas de las capturas, mediante el embarque de muestreadores a bordo de naves de la flota industrial.

Además, se analizó la captura por lance obtenida por la flota en función a la hora del día, esto con el objeto de detectar la presencia de un ciclo diario en la captura de merluza de cola.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



5. RESULTADOS

5.1. Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso merluza de cola en la zona de estudio y caracterizar las agregaciones

5.1.1 Distribución espacial y batimétrica de la merluza de cola

La distribución espacial de la merluza de cola, muestra su presencia a lo largo de toda la zona de evaluación con un predominio de concentraciones de baja densidad. Sólo en dos sectores, uno que puede calificarse como secundario localizado en la cercanías de la isla Guafo (44°S) y otro principal frente a Talcahuano (Fig. 5).

El gran predominio de las concentraciones de baja densidad y la presencia de sólo dos sectores de mayor densidad de merluza de cola, es concordante con el área de operación de la flota observada durante el mes de noviembre (Fig. 6), la cual trabajó mayoritariamente al norte del área de estudio (35°40'S) y sólo durante la última semana de noviembre frente a Talcahuano (36°50'S).

Los variogramas estimados, muestran la presencia de un recurso conformando agregaciones altamente estructuradas, caracterizadas por la ausencia de variabilidad de microescala (efecto nugget o pepita) y un rango o distancia de correlación de 5 millas náuticas (Fig. 7). En el sentido norte-sur (90°), no se detecta la presencia estructuras del recurso, sino mas bien una distribución aleatoria, hecho que puede ser atribuído a que el tamaño de las estructuras sea menor que la distancia entre transectas (15 millas náuticas).

En lo que respecta a la distribución batimétrica de las agregaciones de merluza de cola en la columna de agua, el 70% de ellas se registraron a profundidades menores



a 150 metros (Fig. 8a), con una disminución progresiva en la presencia de agregaciones a mayores profundidades. Sin embargo, no muestra preferencia por ningún rango de profundidad en especial (Fig. 8b).

La alta presencia de agregaciones en profundidades menores a 150 m, puede asociarse a la estructura del stock del stock evaluado, compuesto mayoritariamente por ejemplares juveniles que presentan un comportamiento de características pelágicas, a diferencia de su fase adulta donde presenta hábitos más demersales.

En lo que respecta a la distribución de las agregaciones de merluza de cola en relación a la profundidad del fondo (Fig. 9), el recurso se localizó preferentemente en dos rangos batimétricos, uno asociado a la plataforma continental entre 101 y 200 m, como también a profundidades superiores a 500, esto último asociado principalmente a la presencia de merluza de cola en el sector norte del área de estudio.

5.1.2 Caracterización de las agregaciones de merluza de cola

Todas las distribuciones de frecuencia de las variables fueron unimodales e inclinadas a la izquierda (Fig. 10) a excepción de la dimensión fractal. La tabla 3 sintetiza los valores promedio, moda, desviación estándar y coeficiente de variación de cada variable.

La inspección de las variables que caracterizan la forma y tamaño de las agregaciones, permitió identificar una tendencia general de dimensiones horizontales significativamente mayores que verticales, con un valor promedio de elongación de 5,4. El grado de suavidad del contorno de las agregaciones (dimensión fractal) podría clasificarse como medio, con un promedio para este descriptor de 1,47. Del resto de las variables (largo, alto, perímetro y área), se destaca el elevado nivel de



los valores del coeficiente de variación, lo que deja de manifiesto la gran variabilidad de las dimensiones de las agregaciones de este recurso.

5.2 Estimación de la biomasa (en peso) y la abundancia (en número) del stock en la zona de estudio.

5.2.1 Estimación de la biomasa de merluza de cola.

Para el período de estudio, se estimó una biomasa de merluza de cola de 323 mil t por el método geoestadístico y 334 mil t con el estimador de razón (Tabla 4), con una diferencia relativa entre ambos del 3,6%. Teniendo en consideración, que la precisión de los estimados de biomasa se sitúan en 28% para el estimador de razón y en 21,5% para el estimador geoestadístico (Tabla 5), ambos estimados de biomasa se pueden considerar como estadísticamente similares.

5.2.2 Abundancia y composición etaria del stock de merluza de cola

La estimación de la abundancia expresada en número de ejemplares a partir de la biomasa (peso), se realiza a partir de las distribuciones de frecuencias de talla estimadas para el crucero y relaciones de peso-longitud diferenciadas por sexo.

En las Tablas 6 y 7 se presenta la estructura de la abundancia por GE, tallas promedios, varianzas y los pesos promedios correspondientes.

La proporción en peso por sexo, indica que en términos globales, las hembras presentan una proporción levemente mayor que los machos, con una participación en peso de 51,1 % frente a un 48,9 % de los machos.

El stock evaluado, estuvo compuesto por ejemplares de 20 a 96 cm de longitud total,



pertenecientes a los grupos de edades I a XIII. Empero, en la estructura de la abundancia por grupos de edad, aparece como relevante el aporte de los GE I y II, perteneciente a las clases anuales de 1997-98 representando aproximadamente un 80 % de la abundancia. Una moda secundaria levemente superior al 10 % se presenta en el GE IV (Fig. 11).

La biomasa empleada en los procesos 322.000 t. corresponde a 2.633.881.039 individuos. La proporción sexual en número es algo diferente a la proporción en peso, presentándose que en número de individuos los machos son levemente más numerosos, observándose que un 51,3 % corresponde a machos (1.350.017.605) y un 48,7% a hembras (1.283.863.434).

5.3 Distribución de la estructura de tallas del stock

5.3.1 Distribución en el área de estudio

La estructura de tallas de las capturas de los lances de identificación muestran para ambos sexos una fuerte moda de ejemplares juveniles entre los 26 y 36 cm (Fig. 12), y una segunda moda inferior de ejemplares juveniles entre los 42 y 48 cm, en consecuencia la talla promedio es juvenil en aproximadamente en 38 cm, con participación de ejemplares juveniles del 97% (< 55 cm, Tabla 8), sobre un total de 5.622 individuos medidos.

Las distribuciones acumuladas por sexo muestran que las estructuras de tallas de machos y hembras son muy similares (Fig. 13), con importante presencia de ejemplares juveniles de merluza de cola, siendo la proporción sexual entre macho y hembra prácticamente 1:1 (Tabla 8), luego es adecuado un análisis en conjunto, situación que permite identificar mejor las variaciones espaciales.



La mayoría de los ejemplares capturados de merluza de cola en el crucero de investigación no registraron actividad reproductiva importante. El principal estado de madurez sexual registrado fue el estado II, es decir inmaduros.

5.3.2 Distribución longitudinal (costera- oceánica)

En el total de lances efectuados en el crucero de investigación es posible identificar dos tipos lances de pesca: unos denominados costeros que están localizados más cercanos a la costa y en profundidades de fondo entre 100 y 650 m; y otros denominados oceánicos localizados más hacia mar afuera y a profundidades sobre los 1.500 m.

Las distribuciones de tallas de merluza de cola entre una situación costera y una oceánica muestran diferencias, una con dos modas y la otra con tres modas respectivamente (Fig. 12 y 14), pero ambas muestran una alta presencia de ejemplares juveniles.

Ambas distribuciones de tallas muestran una fuerte moda de ejemplares juveniles (Fig. 12), pero con cierto desplazamiento hacia tallas relativamente mayores entre la condición costera y la oceánica (moda entre 24–30 cm y 30–34 cm, respectivamente). Esta misma situación se presenta en la moda secundaria, la cual en la condición costera se registra entre 40–46 cm, mientras en la parte oceánica se presenta entre 46–50 cm. Una tercera moda sólo se observa en la condición oceánica entre 56–60 cm. Esta presencia de juveniles de mayor talla en la zona oceánica significa que su talla promedio (42 cm) sea mayor que la talla promedio de la zona costera (36 cm). Esta situación se observa de forma más clara en las distribuciones acumuladas, en donde la distribución costera tiende a ser más juvenil que la distribución oceánica.



Los tamaños de muestra registrados para una condición costera y otra oceánica cumplen y superan los valores esperados (ver propuesta Técnica), con 3.958 y 1.664 ejemplares medidos, respectivamente.

5.3.3 Distribución latitudinal

Las distribuciones de tallas de merluza de cola en sentido latitudinal fueron agrupadas principalmente por características de localización geográficas comunes, identificándose 5 zonas, las cuales se describen a continuación en sentido sur a norte, según fue efectuado el crucero de investigación:

ZONA	LATITUDES	NOMBRE GEOGRÁFICO
1	45° - 46°30' L.S.	I. Guamblín – Pta. Taitao
2	43° - 44° L.S.	I. Guafo
3	41°30' - 42°30' L.S.	Chiloé
4	37° - 40°30' L.S.	I. Mocha - Corral
5	35°30' - 37° L.S.	Talcahuano (condición oceánica)

Las zonas comprendidas entre I. Mocha y Pta. Taitao, es decir entre la zona 1 a la 4 (37° - 46°30' L.S.) reúnen la condición costera. Mientras, la zona de Talcahuano reúne la condición oceánica, descrita en el punto anterior,

Las cinco zonas señaladas se caracterizan en común por presentar una alta presencia de ejemplares juveniles de merluza de cola, con una moda principal de tallas menores a 38 cm y una segunda moda de ejemplares juveniles de mayor tamaño (Fig. 15). Sin embargo, las magnitudes y los valores de tallas que caracterizan las modas de las distribuciones de tallas de cada zona difieren entre ellas, no siendo similares según muestra las distribuciones acumuladas (Fig. 16).

No obstante, la existencia de esta diferencia entre las distribuciones de tallas de las zonas, es posible apreciar una suave tendencia en incremento o desplazamiento de las



dos principales modas de tallas hacia tallas mayores, en sentido latitudinal de sur a norte.

5.3.4 Distribución según la profundidad del lance de pesca

En el análisis de los datos generados de los lances de pesca, es posible observar una variación en las estructuras de tallas de merluza de cola con respecto a las profundidades en que se localizan las concentraciones de peces en la columna de agua. Es decir, los ejemplares más juveniles (<38 cm) se localizan a menor profundidad que los ejemplares juveniles de mayor tamaño (Figs. 17 y 18), de acuerdo a la definición de condición costera u oceánica respectivamente, definida en la sección 5.3.2 del presente informe.

En condiciones costeras se calculó un factor que relaciona la localización de la concentración de la especie en la columna de agua respecto de la profundidad, identificándose dos estratificaciones. Una condición denominada “factor de profundidad < 0,6”, en donde reúne todos los lances de pesca efectuados en que la red pasó por o bajo la mitad de la columna de agua, en relación a la distancia entre la superficie y el fondo. En cambio, la segunda condición denominada “factor de profundidad > 0,6” reúne todos los lances de pesca efectuados más cercanos al fondo.

La estructura de talla de los lances efectuados más cercanos a la mitad de la columna del agua (factor profundidad < 0,6) en condiciones costeras se caracteriza por una alta participación de ejemplares juveniles (Fig. 17), con una moda principal entre los 26-30 cm. En cambio, la estructura de talla de los lances efectuados más cercanos al fondo (factor profundidad > 0,6) se caracteriza por una mayor participación de ejemplares juveniles de mayor talla, disminuyendo la moda de ejemplares juveniles antes mencionada y aumentando una moda de ejemplares juveniles de mayor talla entre los 38-46 cm. Estas dos características sugieren una estratificación de la estructura de tallas en merluza de cola por profundidad.



En condiciones oceánicas se observa un patrón similar, es decir en lances efectuados a menor profundidad la estructura de tallas de merluza de cola es principalmente juvenil; pero esta estructura de tallas cambia a bimodal con tallas mayores de forma gradual hacia lances efectuados a mayor profundidad (Fig. 18, Tabla 9). En lances a menor profundidad se caracteriza por una moda de ejemplares juveniles (30-36 cm), la cual tiende a estar ausente hacia los lances de mayor profundidad, los cuales presentan dos modas con un claro desplazamiento hacia tallas mayores, pero no más allá de tallas superiores a 65 cm, como por ejemplo a 200 m la estructura de talla bimodal presenta una moda entre los 46-50 cm y otra entre los 56-62 cm.

Las distribuciones acumuladas de las tallas según la profundidad del lance de pesca en una condición costera y otra oceánica (Figs. 19 y 20) muestran claramente el patrón descrito, una estratificación de las tallas según la profundidad, es decir a menor profundidad las tallas son menores, condición que cambia a tallas mayores al aumentar la profundidad.

La comparación de las distribuciones de tallas empleando métodos estadísticos no paramétricos (Kolmogorov-Smirnov), permitió detectar diferencias significativas entre las condiciones oceánicas y costeras, entre las zonas (en sentido latitudinal), y batimétrico. Estas diferencias y similitudes se muestran gráficamente con las distribuciones acumuladas.

5.4 Niveles de desembarque del período y biomasa prospectada

Durante el mes de noviembre, período de realización del crucero de prospección, el desembarque reportado por la flota industrial alcanzó a 183 mil toneladas (IFOP, 1999), que al ser desagregada en períodos de 10 días entrega valores de 39, 59 y 85 toneladas, respectivamente.



Por otra parte, al desagregar la biomasa estimada en dos zonas limitadas latitudinalmente por la isla Mocha, 225 mil t (70%) fue aportada por el sector norte y 97 mil t (30%) por el sector sur.

Sin embargo, durante el período del estudio la operación de la flota se concentró al norte de la latitud 37°S (Fig. 6 y 21), donde se obtuvo el 97% de la captura registrada. Además, es importante señalar que con anterioridad al inicio de la prospección de dicha zona (24/11/99), el desembarque ya alcanzaba hasta ese momento a las 119 mil t es decir, un 65% del total del período de estudio. Lo anterior, significa que esta captura no fue prospectada y en consecuencia no debe ser considerada como integrante de la biomasa de merluza de cola estimada en el presente estudio.

En este escenario, al considerar la biomasa estimada al norte de la isla Mocha y en el período en que esta zona fue prospectada, la captura registrada por la flota alcanzó a 65 mil toneladas, equivalente al 29% de la biomasa estimada para dicha zona.

Otro aspecto a señalar, se refiere lo constituye Un aspecto que se considera necesario señalar Por otra parte, Con respecto a la distribución de las capturas de merluza de cola con relación a la hora del día, en la figura 22a se presenta la frecuencia de lances con captura de merluza de cola según la hora del día. En ella, se puede apreciar que la mayor proporción de lances se efectúa durante las horas de oscuridad, entre las 19 y 24 horas, en tanto la fracción minoritaria se efectúa hacia el mediodía.

Por otra parte, las capturas promedio por lance (Fig. 22b) también presentan sus mayores valores hacia las horas de oscuridad, principalmente entre las 22 y 07



horas. Durante el período diurno, aunque en algunas horas se alcanzan valores similares a los observados durante el inicio de la noche, los valores presentan en general una mayor variabilidad y niveles inferiores a los observados durante las horas de la madrugada.



6. DISCUSION GENERAL

La biomasa de merluza de cola presente en la zona y período del estudio, se estimó en 322 mil toneladas. La abundancia alcanzó a 2.634 millones de ejemplares y una estructura juvenil del stock dominada por los grupos de edades I y II, pertenecientes a las clases anuales 1997-98.

Sin embargo, existen razones fundadas para señalar que el nivel de biomasa estimada corresponde sólo a una fracción de la misma. Las razones para sustentar la afirmación anterior, se basa en dos hechos observados durante el período del estudio que se detallan a continuación.

El primero, dice relación con el área de operación y los niveles de captura de la flota durante noviembre, la que operó casi todo el mes al norte de la latitud 36°S, donde capturó el 77% de las 183 mil t registradas en dicho mes (Fuente IFOP). Además, cabe consignar que parte importante de la captura se realizó previa a la prospección del área de operación de la flota y por lo tanto, ésta no fue prospectada resultando en consecuencia en una subestimación de la biomasa.

El otro elemento que lleva a considerar la biomasa como subestimada, se refiere a la capacidad de detección de los equipos acústicos, donde la alta concentración de organismos planctónicos era de densidad, que enmascaraba la presencia de cardúmenes de peces, especialmente densidades medias y bajas, que no habrían sido consideradas en la evaluación. Frente a lo anterior, para que en futuros estudios se pueda mejorar la capacidad de discriminar los registros de plancton de los correspondientes a merluza de cola, podría plantearse como alternativa el uso de dos transductores de distintas frecuencias. Conjuntamente, con lo anterior sería conveniente realizar estudios de estimaciones de su fuerza de blanco, que



permitan trabajar con valores obtenidos con merluza de cola en lugar de utilizar los resultados para el "hoki", pues debido a características físicas (textura) podrían presentar entre ellos diferencias en su fuerza de blanco. Sin embargo, cabe señalar que al menos en recursos demersales, las estimaciones de fuerza de blanco para diferentes especies, como Pacific whiting (*Merluccius productus*) (Traynor, 1996); haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) (Ona, 1987), merluza del cabo (*Merluccius capensis*) (Svellinggen and Ona, 1996), son prácticamente similares.

Conjuntamente con lo anterior, es necesario efectuar estudios exploratorios para definir el período del día (diurno/nocturno) adecuado para efectuar la prospección. A este respecto, el evaluador del proyecto planteó que la merluza de cola, -de acuerdo a la experiencia de los patrones de pesca- "se hace detectable acústicamente entre las 10 y 18 horas del día".

Sin embargo, al analizar la operación de la flota durante la temporada de pesca de merluza de cola de 1999, no se aprecia una concordancia entre el planteamiento anterior y lo observado en la flota. En efecto, en la figura 22a se presenta la frecuencia de lances con captura de merluza de cola realizados por la flota cerquera de la V y VIII región de acuerdo a la hora del día, en ella se puede apreciar que el mayor número de lances se realizó durante las horas de oscuridad (19-24 horas) y el menor número durante las horas diurnas.

Por otra parte, en las figuras 22b y 22c se presenta la captura por lance y captura promedio por lance según la hora del día. En ambas, se aprecia que en general los mayores valores se obtuvieron durante las horas de luz oscuridad, aunque en algunas horas diurnas también se obtuvieron buenos niveles de captura.



Considerando que los lances de pesca se efectúan cuando existen registros acústicos del recurso, lo anterior podría interpretarse que la detección de la merluza de cola mediante equipos acústicos, es independiente de la hora del día, y que en principio una evaluación acústica podría efectuarse de manera continua día-noche, lo que permitiría reducir el período de duración del crucero, sin perjuicio de realizar estudios que permitan clarificar esta situación.

Con respecto a la distribución altamente concentrada de la merluza de cola en comparación a la observada en los años 1997-98 (Serra *et al.* 1999, 1998), donde el área de operación de la flota en el período octubre-diciembre se extendió de manera más uniforme entre las latitudes 35°S a 40°S y donde los mejores rendimientos de pesca se obtuvieron entre los 38° a 40°S.

Es difícil explicar el cambio observado en la distribución espacial de las capturas en 1999, en comparación a los dos años inmediatamente anteriores, pero no fue este elemento la única variación observada, puesto que la estructura de tallas de las capturas observada mensualmente para el período octubre-diciembre de 1998, muestra una distribución unimodal centrada en los 45 cm (Serra *et al.* 1999), en cambio durante noviembre de 1999, la composición presentó una distribución multimodal, con dos modas principales centradas en 45 y 57 cm, a la que se suma otra de carácter secundario en los 32 cm.

Sin embargo, la estructura de tallas del stock no fue regular a lo largo del mes, pues al estimar la estructura en períodos de diez días, se observa una clara variabilidad en la composición en tallas, con algunos de tamaños que no están presentes en todo el período, sino que podrían ser atribuidos a pulsos de abundancia y cuya concentración podría ser atribuida a patrones tróficos.



Por otra parte, la composición de longitud de merluza de cola obtenida de la captura realizada en el crucero de investigación, tiene una fuerte componente juvenil, con una moda principal entre los 28-35 cm, y una moda secundaria entre los 40-50 cm. Los ejemplares juveniles pequeños (28-35 cm) de merluza de cola se encuentran distribuidos en toda la zona de estudio, pero con un cierto desplazamiento en el centro de la moda hacia tallas mayores en sentido latitudinal de sur a norte.

En el área y período de estudio no fue registrada presencia importante de ejemplares adultos sobre los 70 cm. En el lance efectuado más al sur de la zona de estudio fueron registrados más ejemplares adultos (sobre los 70 cm), lo cual sugiere que la fracción adulta estaría principalmente distribuida al sur del paralelo 47° L.S.

Estos antecedentes podrían postular que durante el estudio, en un período de primavera, el recurso merluza de cola muestra un patrón de distribución con una segregación espacial por tamaño. Al norte del 47° L.S. la población se caracteriza por ser principalmente juvenil (principalmente con dos modas juveniles), situación que sería posiblemente diferente hacia el sur del paralelo 47° L.S. con una mayor presencia de ejemplares adultos.

Este patrón de distribución en merluza de cola corresponde a un período sin actividad reproductiva, la cual ocurre entre julio y agosto (Céspedes *et al.*, 1999); es decir, comprende a un período de alimentación y en el caso de los juveniles se suma un patrón de distribución que disminuya el efecto de depredación por parte de otras especies de peces (por ejemplo merluza del sur) y ejemplares adultos de la misma especie (canibalismo). Lo cual explicaría la estacionalidad de la captura de merluza de cola en la zona centro sur de Chile que comprende octubre a enero; en cambio en la zona austral de Chile las mayores capturas de merluza de cola están asociadas a patrones pre y post-reproductivos (abril a agosto) según Young *et al.* (1998).



Por otro lado, además de la existencia de una posible segregación espacial en sentido latitudinal, es posible apreciar una segregación espacial en sentido batimétrico. La importante moda de juveniles (28-35 cm) en la zona de estudio, está muy relacionada con la profundidad que se localiza las concentraciones de peces en la columna de agua. En condiciones costeras estas merluzas de cola juveniles se localizan cercanas a la mitad de la columna de agua, en cambio en condiciones oceánicas se localizan cercanas a la superficie del mar. Otras modas de ejemplares juveniles de tallas mayores tienden a concentrarse más profundos en la columna de agua, en la condición costera más cercanas al fondo, y en la condición oceánica más profunda. Este patrón batimétrico es frecuente encontrar en especies con comportamientos demersales, no obstante que la merluza de cola tiene una fase en su ciclo de vida (juvenil) un comportamiento pelágico.

En particular, en el caso de la distribución de talla de merluza de cola en condición oceánica proviene de una zona donde operó la flota cerquera de la VIII Región. En este sentido, la distribución de talla registrada en el período de estudio en la zona oceánica registra tres modas, principalmente de ejemplares juveniles (Fig. 8), de las cuales las dos modas de juveniles de tallas mayores (42-52 cm y 56-60 cm) son coincidentes con las modas registradas en las distribuciones de tallas procedentes de las capturas comerciales de la flota de cerco (noviembre de 1999, IFOP, 1999). En cambio, la moda de juveniles (28-35 cm) fuertemente registrada en el crucero de investigación tiene menos presencia en la captura comercial, esto último se explicaría principalmente por diferencias de carácter selectivo en los sistemas de pesca empleados por la flota (cerco) y del crucero (arrastre).

Las altas concentraciones que caracterizan la temporada de pesca de merluza de cola en la VIII región, se deberían a patrones migratorios de merluza de cola, la cual difiere entre la fracción juvenil y adulta, postulándose una migración de una fracción de



ejemplares juveniles en el período primavera y mediados de verano hacia aguas oceánicas de la VIII Región, período que la fracción adulta se concentraría hacia el sur del paralelo 47° L.S.. Sin embargo, este posible patrón de distribución requiere ser confirmado en futuros estudios.

Los antecedentes disponibles y los resultados obtenidos, llevan a plantearse preguntas acerca del diseño de muestreo a utilizar en las prospecciones de evaluación directa de la merluza de cola. De acuerdo a Simmonds *et al.* (1991), en el diseño de muestreo se deben considerar aspectos como la disponibilidad tanto en el espacio como en el tiempo e idealmente una evaluación se debe efectuar cuando el stock se encuentra concentrado en un área localizada y con bajas tasas de migración. Suomala y Yudanov (1989), señalan también condiciones monoespecíficas y comportamiento estable.

Aunque es difícil que se conjuguen todas las condiciones antes nombradas, es posible que en ciertos períodos del año, el recurso presente algún tipo de concentración de carácter trófico o reproductivo, produciéndose ventanas de tiempo que permiten el desarrollo de la evaluación directa.

En el caso de la merluza de cola, se está ante la presencia de un recurso de una amplia distribución, que abarca gran parte de la zona económica exclusiva continental e insular correspondiente al archipiélago de Juan Fernández (Lillo *et al.* 1998a), además, su presencia ha sido registrada como uno de los dos ítemes mas importante en la dieta de un recurso altamente migratorio como el pez espada (*Xiphias gladius*) (Yañez y Toro, 1999). Unido a lo anterior, presenta una fuerte dinámica espacial y temporal, caracterizada por la presencia de fuertes concentraciones en períodos relativamente cortos asociados a procesos tróficos en juveniles y reproductivo en adultos, que dan base a la pesquería arrastre en la



pesquería demersal sur austral durante el tercer trimestre y la pesquería pelágica en el cuarto trimestre del año.

Frente a un recurso de este tipo, pueden plantearse como alternativas al crucero extensivo en el presente estudio, el desarrollo de prospecciones dirigidas ya sea a la evaluación del stock desovante que concurre principalmente en invierno en la zona de las islas Guafo y Guablín, o bien evaluar en las áreas de mayor concentración, el pulso juvenil que da lugar a la pesquería pelágica centro sur. Por cierto, lo anterior no entregará estimaciones absolutas del stock, pero permitirá la obtención de indicadores acerca de la situación del stock.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



7. CONCLUSIONES

- La biomasa de merluza de cola se estimó en 322 mil t (CV=21%) por el método geoestadístico y en 335 mil t (CV=27,8%) por el estimador de razón.
- La abundancia de merluza de cola, se estimó en 2.634 millones de ejemplares, de los cuales 1.350 millones (51,3%) correspondieron a machos y 1.284 millones (48,7%) a hembras.
- La distribución espacial del stock de merluza de cola abarcó toda la zona de estudio, con un foco principal localizado en las cercanías de la latitud 36°S.
- El stock evaluado presentó una estructura etaria con un aporte significativo de los grupos de edad I y II que representaron el 80% de la abundancia.
- La estructura de tallas de la merluza de cola obtenida durante el crucero de prospección, tiene una clara composición juvenil (<55 cm), con una moda principal entre los 28 y 35 cm y una secundaria entre los 42 y 48 cm.
- La distribución batimétrica de la merluza de cola, presenta a los ejemplares de menor tamaño a menores profundidades, con un aumento de la talla con el aumento de la profundidad.
- La estructura de tallas no presenta diferencia por sexos, con una relación entre sexos de 1:1 y no se registró actividad reproductiva.
- La operación de la flota estuvo fuertemente concentrada al norte de la latitud 37°, donde operó la mayor parte de noviembre y obtuvo el 97% de la captura.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



8. BIBLIOGRAFÍA

- Aglen, A. 1989. Empirical results on precision -effort relationships for acoustic surveys. In: Reliability of acoustic fish abundance. Dr. Scien. Thesis, University of Bergen. 45 p.
- Anónimo. 1991. Rapport of the workshop on the applicability of spatial techniques to acoustic survey data. Ices cooperative research report N° 195, 87 p.
- Aguayo, M. y R. Gili. 1984. Estudio de edad y crecimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lónnberg) (Gadiformes-Gadidae). Inv. Pesq (Chile) 31: 47-57.
- Arancibia, H., R. Alarcón, L. Cubillos, S. Nuñez, I. Toledo, L. Vilugrón, C. Veloso y H. Peña. 1994. Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en la VIII región. FIP 93-03. Informe final.
- Arana, P. 1970. Nota sobre la presencia de ejemplares de merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lónnberg, 1907) frente a la costa de Valparaíso. Inv. Mar. 1(3): 50-60.
- Armstrong, G., D. Renard and P. Petitgas. 1992. Geostatistics for fish survey data. Centre de Géostatistique, Fointainebleau, France, 91 p.
- Avilés, S., M. Aguayo, F. Inostroza y J. Cañon. 1979. Merluza de cola. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Peces. Corfo/lfop: AP79-18.



- Bahamonde, R. 1978. Distribución y abundancia relativa de los principales recursos demersales entre Corral (40°LS) y el cabo de Hornos (57°LS). Serie Investigación Pesquera 21. IFOP, 24 p.
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echointegration and in situ measurements. ICES. CM. 1990/B:21.
- Céspedes, R., Z. Young, V. Ojeda, F. Cerna, L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, H. Miranda y C. Vera. 1999. Investigación situación pesquería demersal sur-austral 1998. Informe Final. IFOP, 112 p. (más tablas y figuras).
- Cressie, N. 1993. Statistics for spatial data (Revised edition). J. Wiley and Sons, 900 p.
- Conover, W.J. 1980. Practical nonparametric statistics. John Wiley and Sons. 493 pp.
- Cousseau, M. 1993. Las especies del orden Gadiformes del Atlántico sudamericano, comprendido entre los 34° y 55°S. y su relación con las otras áreas. Frente Marítimo. Vol 13, Sec A:7-108.
- D'Amours, D.D. (1993). The distribution of cod (*Gadus morhua*) in relation to temperatura and oxygen level in the Gulf of St. Lawrence. Fisheries Oceanography, 2:1,24-29.
- Do, M. and A. Surti. 1993. Estimation of dorsal aspect target strength of deep-water fish using a simple model of swimbladder backscattering. In: J. Acoust. Soc. Am. 87 (4):1588-1596.
- Francis, R. 1984. Variability biomass estimates (comment). Can. J. Fish Aquat.Sci. 41:825-826.



- Freón, P., F. Gerlotto and M. Soria. 1996. Diel variability of school structure with special reference to transition periods. *ICES Journal of Marine Science*, 53(2):459-465.
- Hansen, R., W. Madow and W. Huwitz. 1954. *Sample survey methods and theory*. Vol. I and II. Methods and applications. J. Wiley and sons. 638 p.
- IFOP. 1999. *Pesquerías pelágicas centro-sur*. Boletín N° 5. IFOP, 55 p.
- IFOP. 1980. *Manual de muestreo a bordo*. IFOP. 27 pp.
- IMR. 1996. *Survey of the hake stocks*. En: *Surveys of the fish resources of Namibia*. Norad-Fao/UNDP Project GLO 92/013. Cruise Report N° 196. 52 p.
- Klecner, D. 1997. *Surfer for Windows Version 6. User's guide*. Golden software inc.
- Lillo, S. y A. Paillamán. 1996. *Evaluación acústica y distribución espacial del stock de merluza común*. En: *Informe Final Proyecto FIP 95 –14. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro sur*. IFOP/INPESCA, 131p+figs y anexos.
- Lillo, S. y M. Espejo. 1997. *Evaluación directa*. En: *Evaluación directa del stock de merluza de cola X y XI regiones*. Informe final, Proyecto FIP 95-18. IFOP-FIP. 69 p+figs y anexos.
- Lillo, S., I. Giakoni, A. Paillamán, I. Payá, S. Mora, C. Cerda, J. Blanco y H. Arancibia. 1994. *Evaluación directa del stock de merluza común en la zona centro-sur*. IFOP. 123 pp.



- Lillo, S., R. Bahamonde, B. Leiva, M. Rojas, M.A. Barbieri, M. Donoso y Raúl Gili. 1998a. Prospección del recurso orange roughy (*Hoplostethus* spp) y su fauna acompañante entre la I y X región. Preinforme final, Proyecto Fip 98-05. 45 p + figs y anexos.
- Lillo, S., J. Córdova y M. Rojas. 1998b. Evaluación hidroacústica y distribución espacial del stock de merluza común. En: Informe Final Proyecto FIP 97 -12. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro sur. IFOP. 125p+figs y anexos.
- MacLennan, D. and J. Simmonds. 1992. Fisheries acoustic. Chapman & Hall, 325 p.
- Maynou, F., F. Sardá and G. Conan. 1998. Assesment of the spatial structure and biomass evaluation of *Nephrops norvegicus* populations in the northwestern mediterranean by geostatistics. J. Mar. Sci. 55: 102-120.
- Mora, S., R. Bahamonde, B. Leiva y S. Lillo. 1993. Evaluación hidroacústica en la zona interior de la X región. IFOP. 156 p.
- Nielsen and Schoch, 1980. Errors in estimating mean weight and other statistic from mean length. Trans. of the Am. Fish. Soc. 109 : 319 - 322.
- Ona, E. 1987. The equivalent beam angle and its efective value when applying an integrator threshold. ICES. C.M. 1987/B:35.
- Payá, I., S. Lillo, A. Paillamán, R. Quiñones, J. Blanco, R. Céspedes, E. Figueroa e I. Céspedes. 1993. Evaluación directa de la abundancia de recursos demersales en aguas exteriores de la pesquería sur-austral. IFOP. 72 p.



- Payá, I., C. Canales, H. Pool y C. Montenegro 1999. Investigación de CTP regionalizada de merluza de cola 1999. IFOP-SUBPESCA. Circulación restringida. 43 p.
- Pelletier, D. and A. M. Parma. 1994. Spatial distributions of pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*): an application of geostatistics to longline survey data. Can. J. Aquat. Sci. 51:1506-1518..
- Petitgas, P. 1991. Contributions geostatistiques a la biologie des peches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 211 p.
- Petitgas, P. and A. Prampart, 1995. EVA (Estimation variance). A geostatistical software for structure characterization and variance computation. Éditions de l'Ørstom, 90 p.
- Petitgas, P. and J. Rivoirard. Global estimation: σ^2/n and the geostatistical estimation variance. En: Rapport of the workshop on the applicability of spatial techniques to acoustic survey data. Ices cooperative research report N° 195, Appendix B.
- Petitgas, P. and T. Lafont. 1997. EVA2: Estimation variance. A geostatistical software on windows 95 for the precision of fish stock assesment surveys. ICES CM 1997/Y:22.
- Piennar, L. V. and W. E. Ricker. 1968. Estimating mean weight from length statistics. J. Fish. Res. Board Com. 25:2743-2747.



Scalabrin, C. and J. Massé. 1993. Acoustic detection of the spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. *Aquat. Living Resour.*, 1993, 6 (3):269-283.

SERNAPESCA, 1999. Anuario estadístico de pesca 1998.

Serra, R., G. Böhm, V. Bocic, R. Gili H. Mitanda. 1999. Investigación situación de las pesquerías pelágicas zona centro-sur 1998. Informe final, Ifop-Subsecretaría de Pesca. 74 p + figs y anexos.

Simmonds, J. 1996. Survey design and effort allocation : A synthesis of choices and decisions for an acoustic survey. North sea herring is used as an example. *ICES J. Mar Sci.*, 53:285-298.

Simrad, 1991. Simrad EK500. Scientific echosounder. Operator manual.. P217E.0.15 pp.

SUBPESCA. 1999. Informe sectorial pesquero, enero-diciembre de 1998. Subsecretaría de Pesca. 18 p.

Suomala, J.B., and K. Yudanov. (Eds) 1980. Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations. Charles Stark Drapper Laboratory, Inc.. Mass. USA.

Toledo, I. 1991. Análisis biológico pesquero de la especie merluza de cola (*Macruronus magellanicus*. Lönnberg, 1907) de la zona centro-sur de Chile. Informe de Práctica Profesional. U. de Concepción. 27 pp + figuras.



- Traynor, J. 1996. Target-strength measurements of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and Pacific whiting (*Merluccius productus*). ICES Journal of Marine Science, 53: 253-258.
- Volter. K. 1985. Introduction to variance estimation. Springer-Verlag, Series in statistic. 427 p.
- Yañez, E., y R. Toro. 1999. Monitoreo y evaluación de la pesquería de pez espada en Chile. Aprovech Boletín Informativo Año XI (19): 3-33.
- Young, Z., J. Chong, H. Robotham, P. Galvéz y H. González. 1998. Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur austral. Informe final Proyecto FIP 96-37. IFOP-FIP97 p+figs y anexo.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

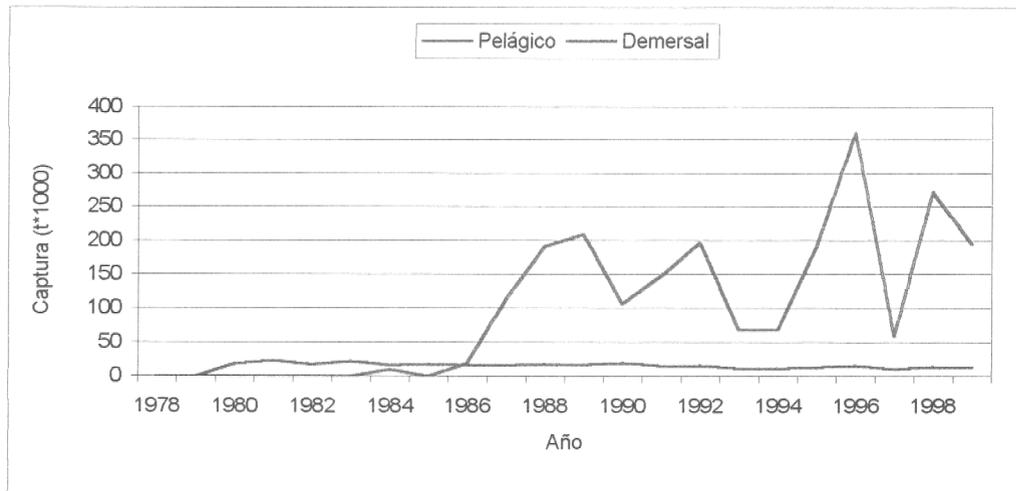


Figura 1. Desembarques de merluza de cola. Período 1979-1999.
(Fuente Sernapesca (1999), Subpesca (1999))

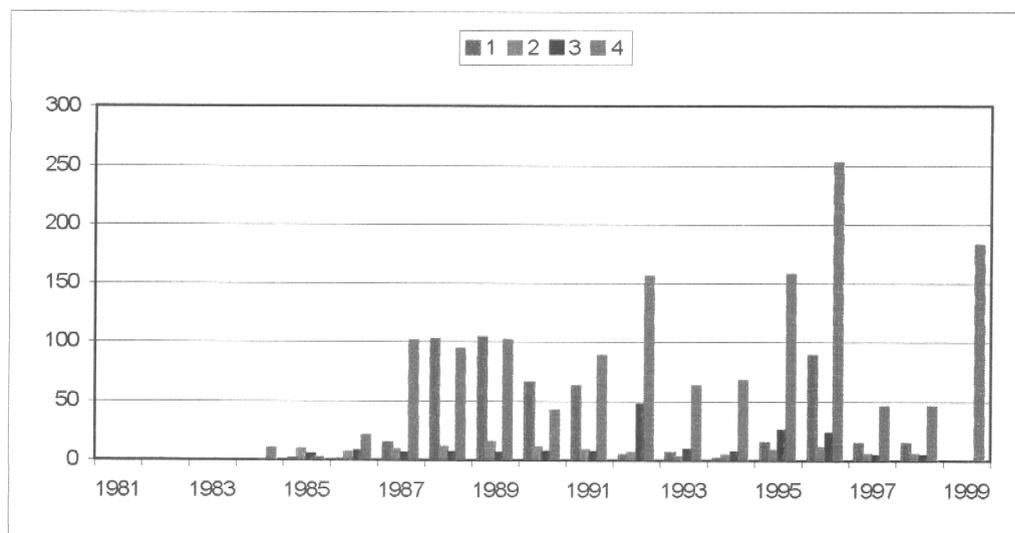


Figura 2. Distribución trimestral de los desembarques de merluza de cola
(Fuente: Sernapesca, 1999; IFOP, 1999)

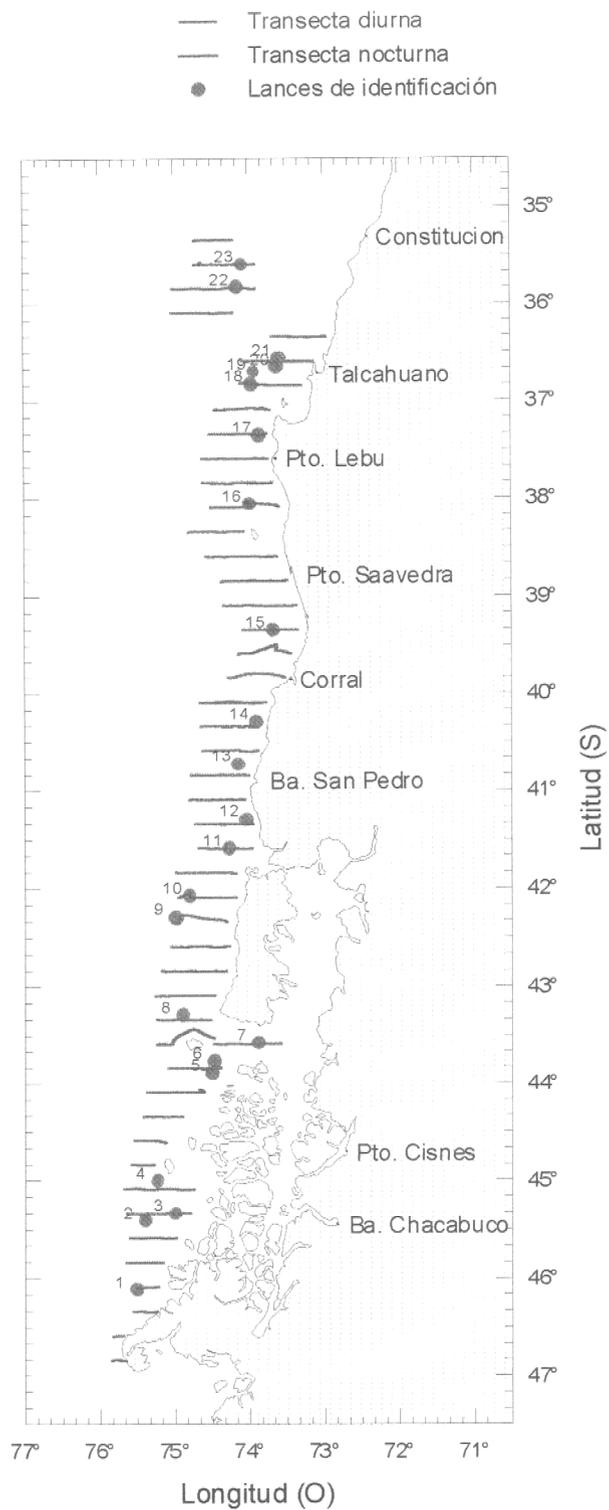


Figura 3.- Localización de las transectas y lances de identificación en la zona de estudio.

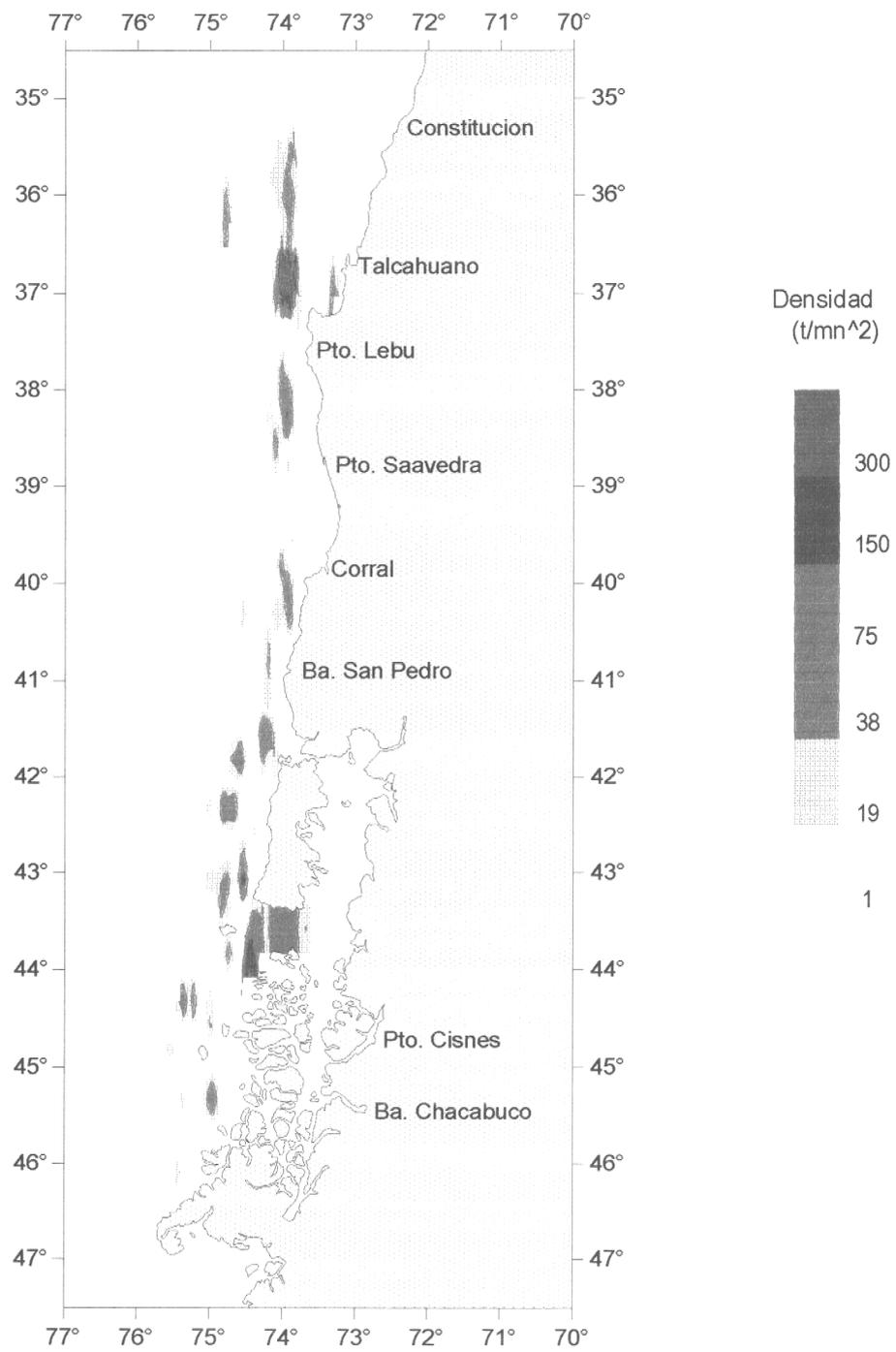


Figura 5. Distribución espacial de la merluza de cola

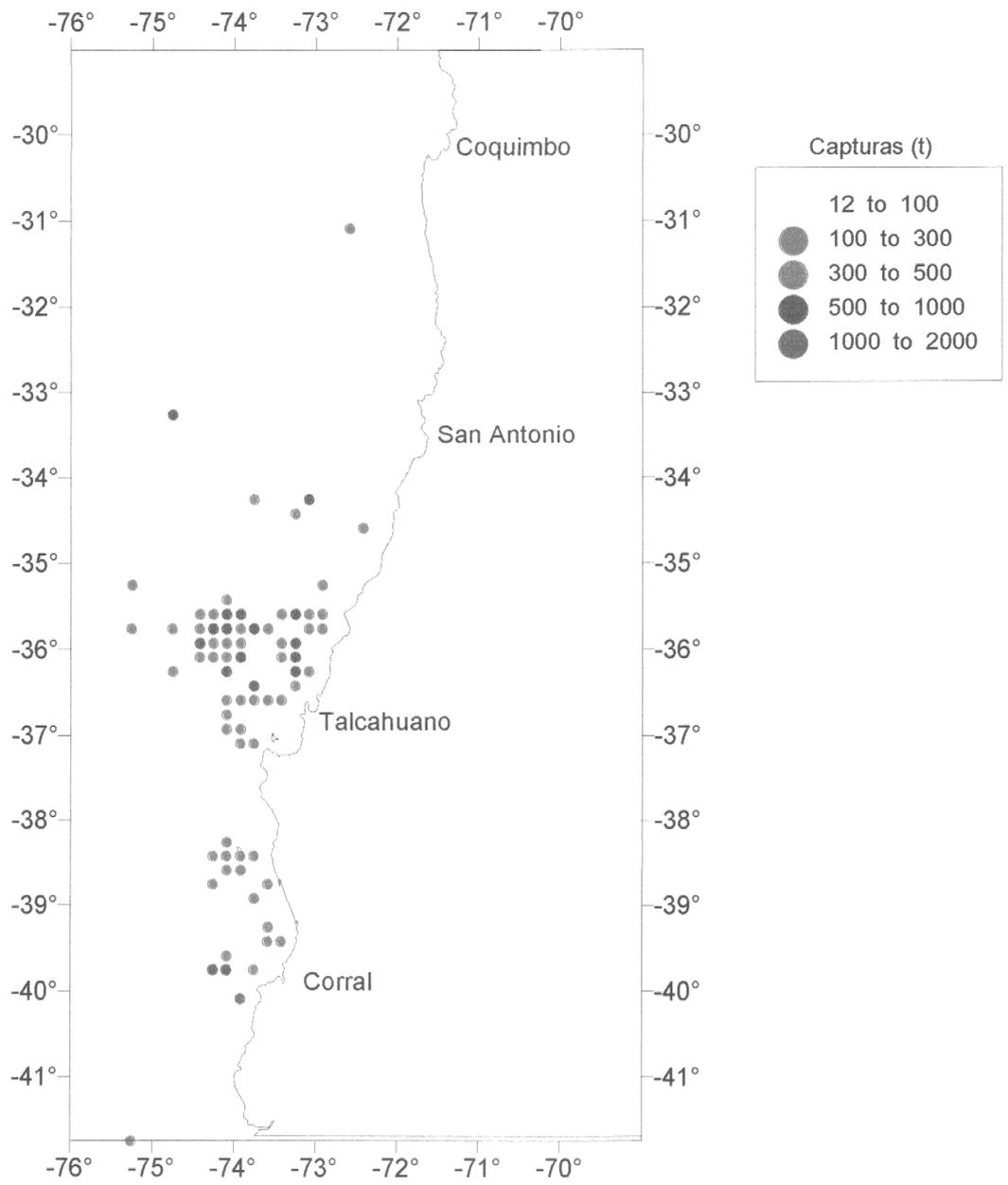


Figura 6. Distribución espacial de la captura de la flota (Fuente: IFOP)

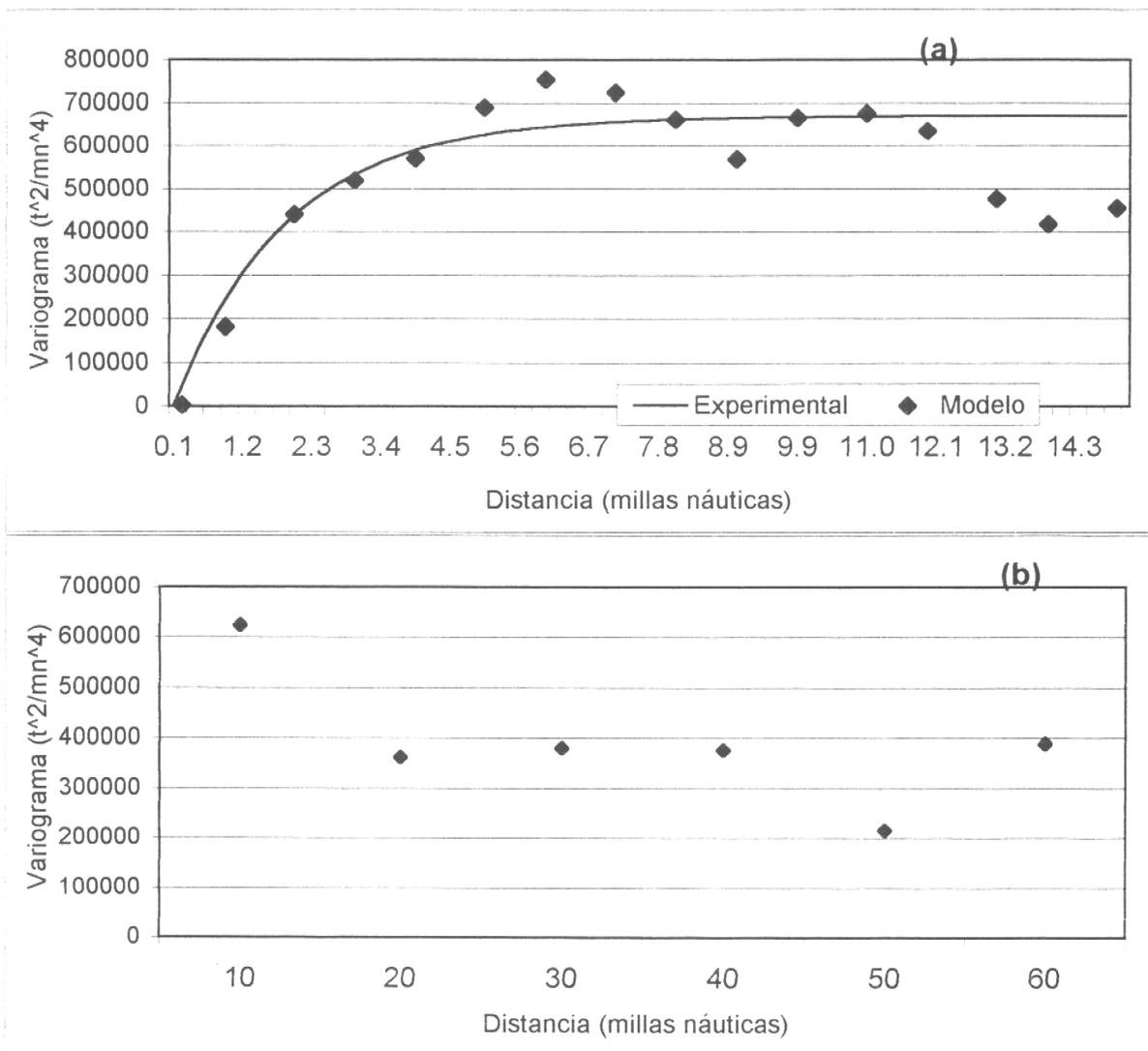


Figura 7. Variograma estimado para la distribución de merluza de cola en las direcciones 0° (a) y 90° (b).

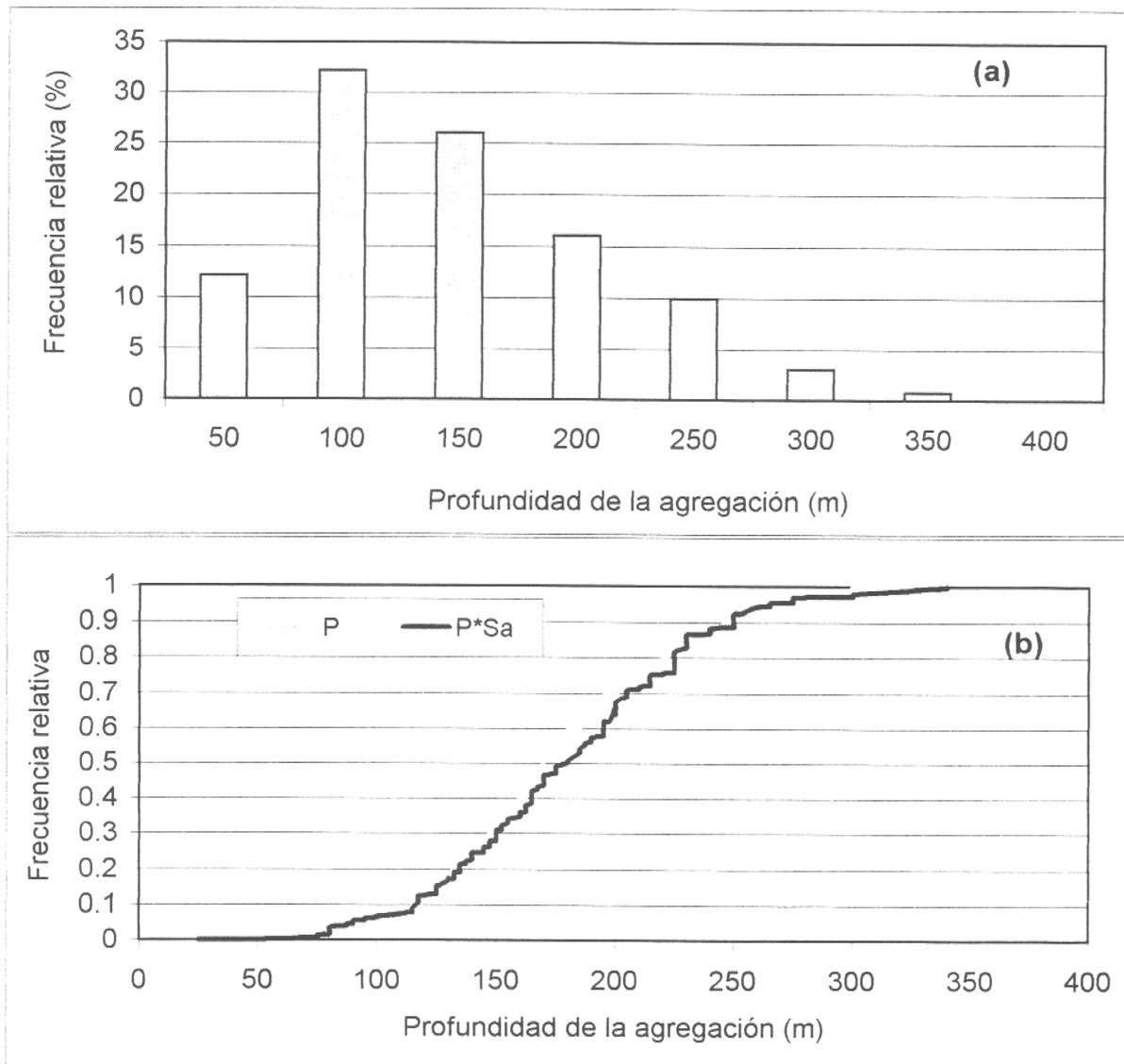


Figura 8. **a)** Distribución de frecuencia relativa de la merluza de cola en la columna de agua. **b)** Distribución de frecuencia relativa acumulada para variable profundidad (P) y profundidad por densidad (P*Sa)

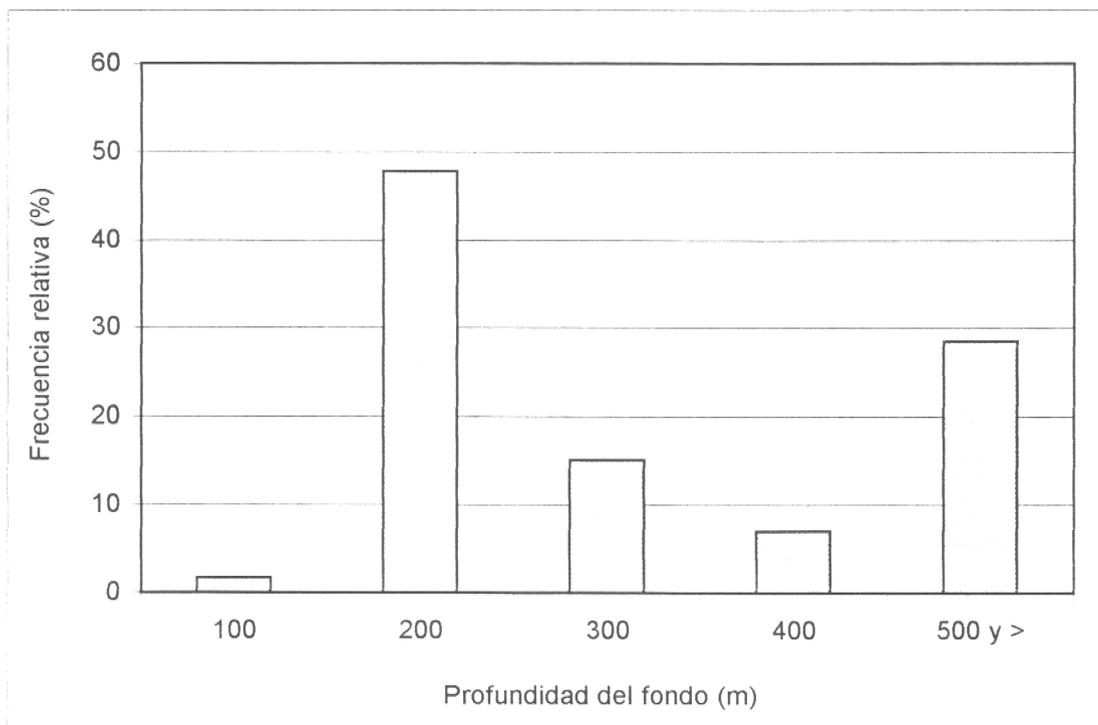


Figura 9. Distribución de frecuencia relativa de la merluza de cola en relación al fondo.

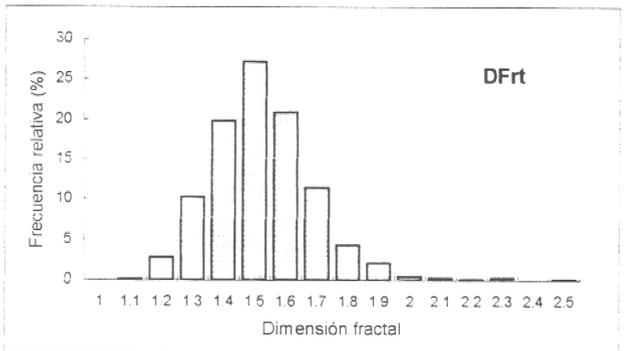
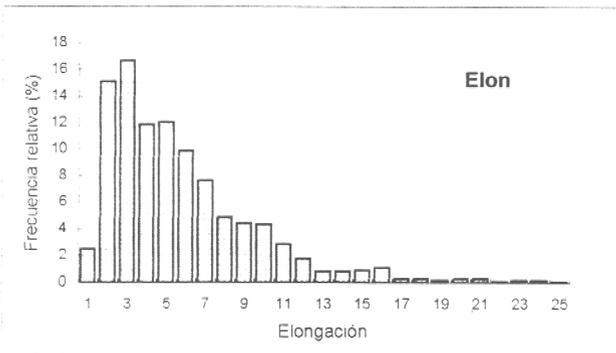
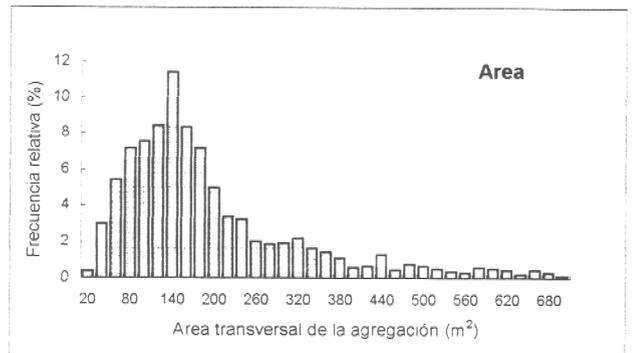
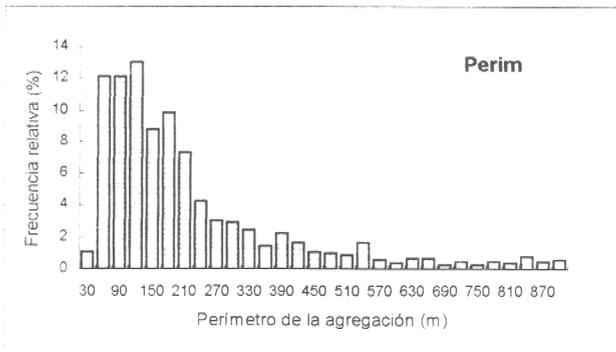
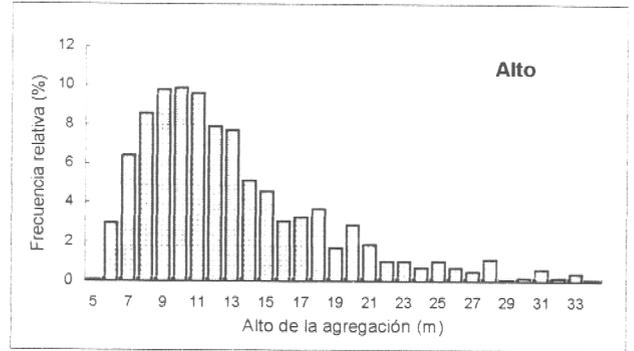
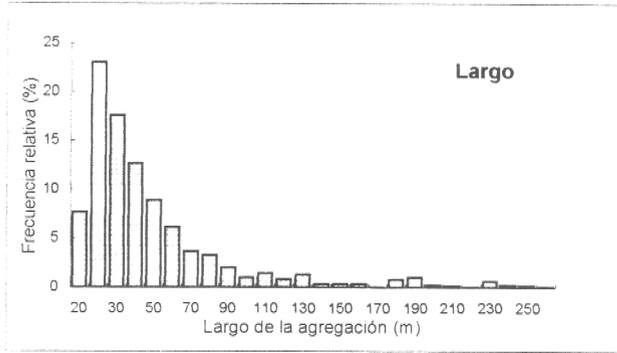


Fig. 10. Distribución de frecuencia relativa (%) de los descriptores morfológicos de las agregaciones.

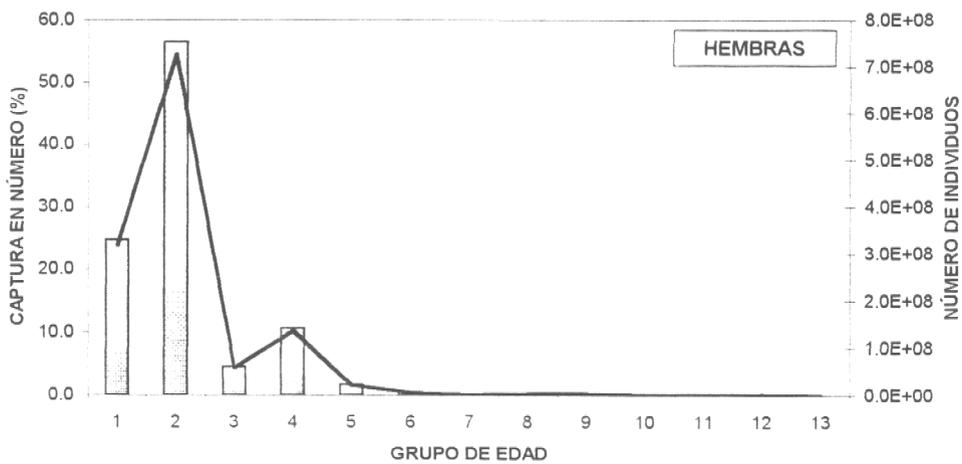
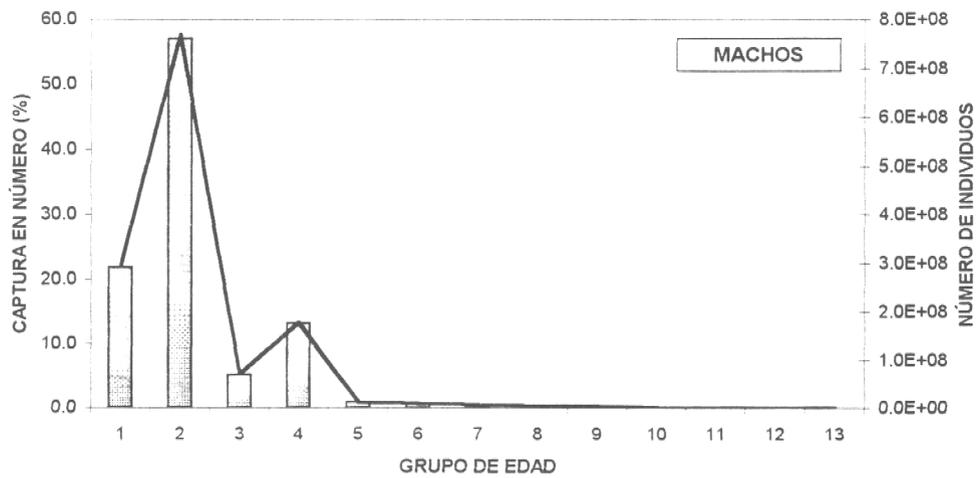


Fig. 11 Composición de la abundancia en número (línea) y porcentaje (barras) por grupos de edad de merluza de cola para Crucero área 36°-47°S, Noviembre 1999.

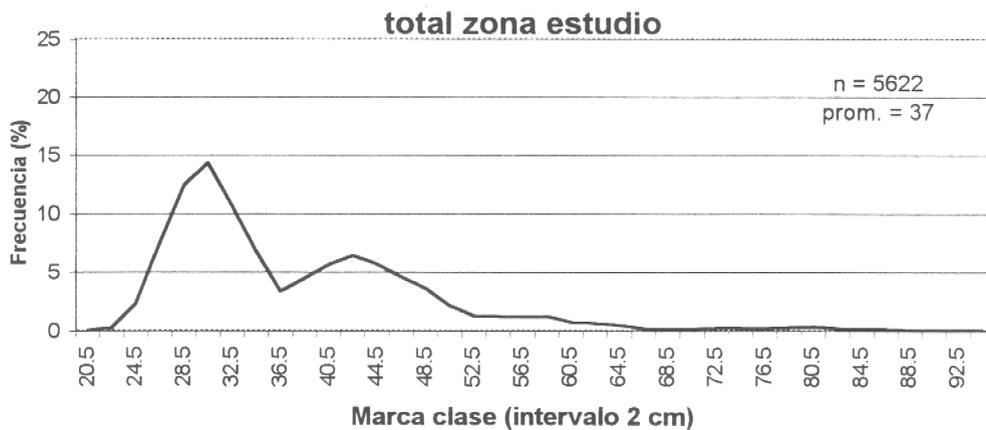
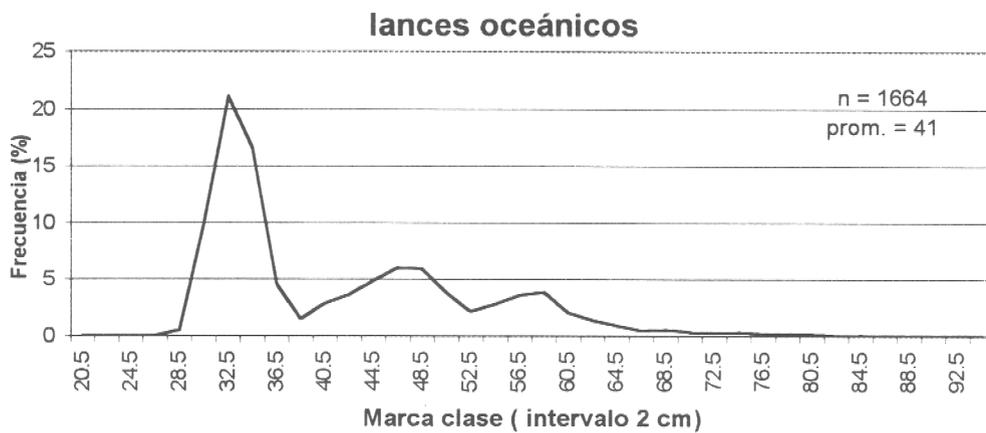
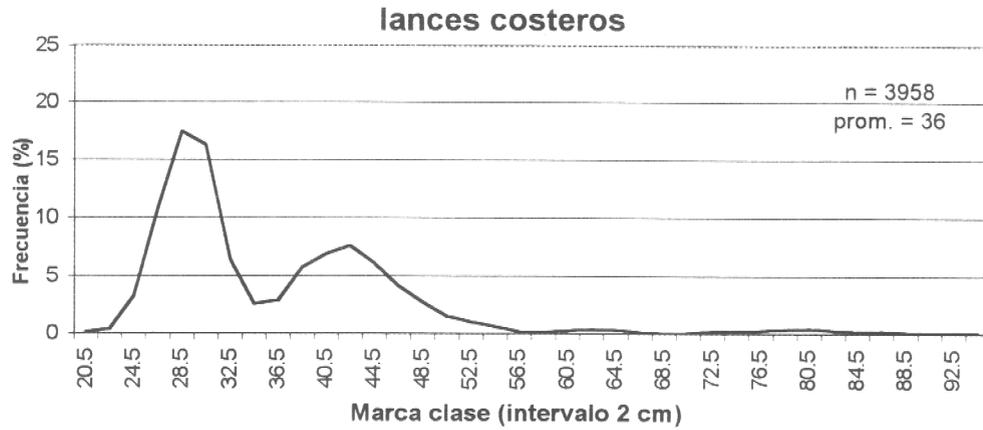


Fig. 12 Distribución de talla de captura de merluza de cola , según la condición costera y oceánica de los lances de pesca, y total zona de estudio . B/I Abate Molina (noviembre, 1999.)

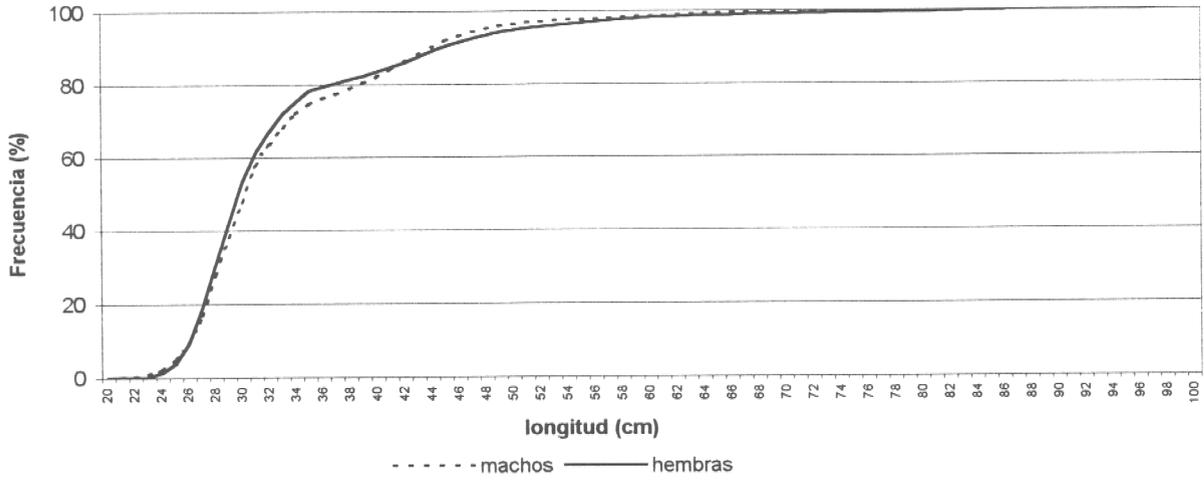


Fig 13 Frecuencia acumulada de la longitud de merluza de cola por sexo, B/I Abate Molina (noviembre, 1999).

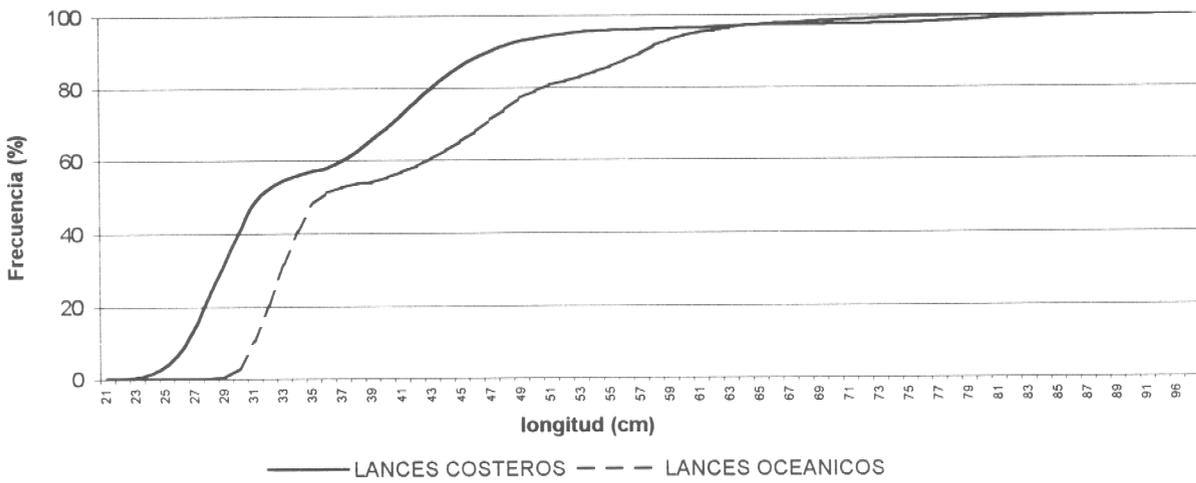


Fig. 14 Frecuencia acumulada de la longitud de merluza de cola para lances costeros y oceánicos. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).

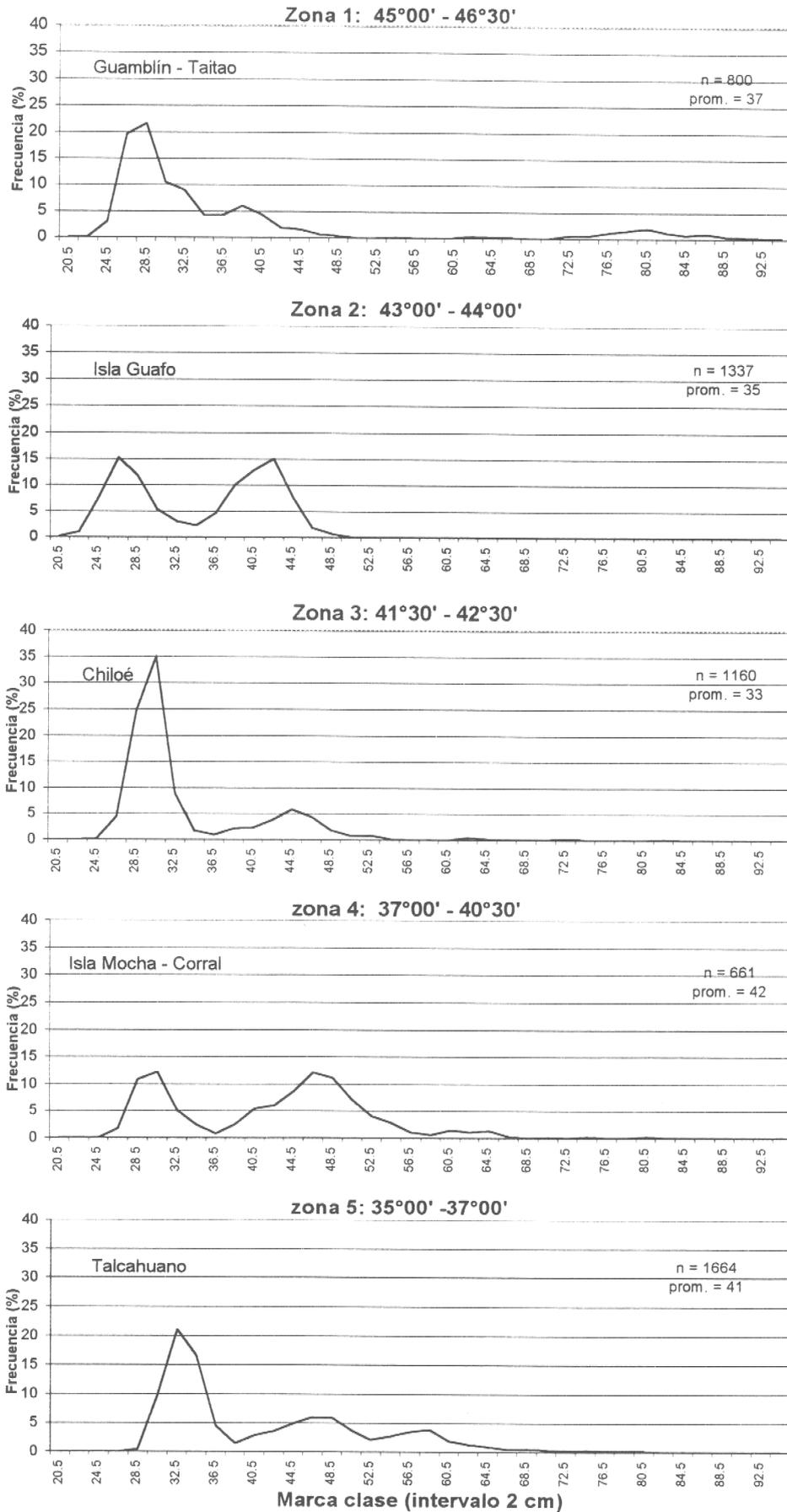


Fig. 15 Distribución de talla de merluza de cola por zona (variación latitudinal) B/I Abate Molina (noviembre 1999)

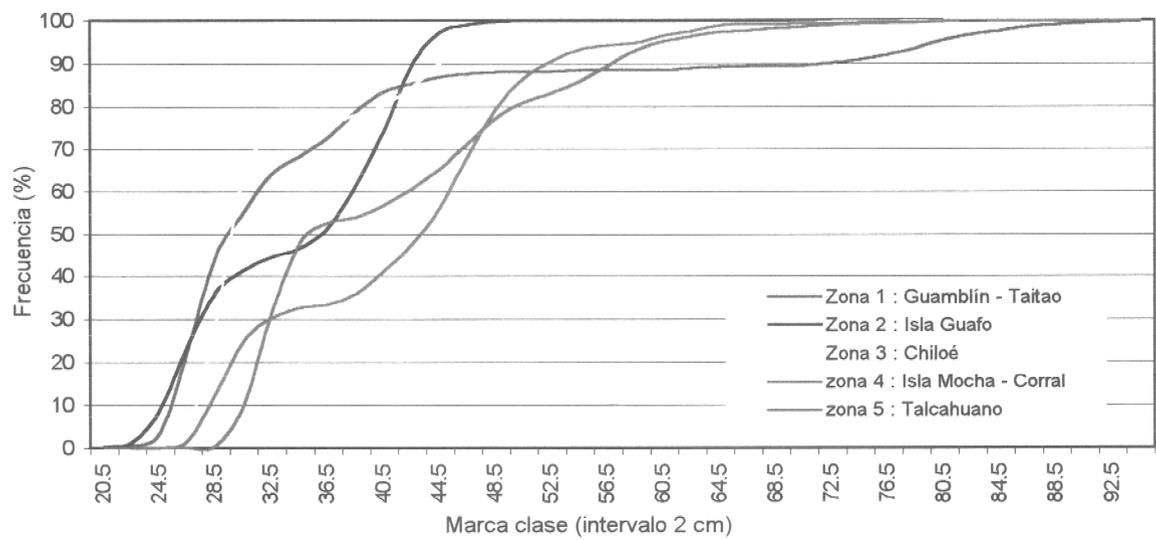


Fig. 16 Distribución de frecuencia acumulada de la talla de merluza de cola por zona de de pesca. B/I Abate Molina (noviembre 1999).

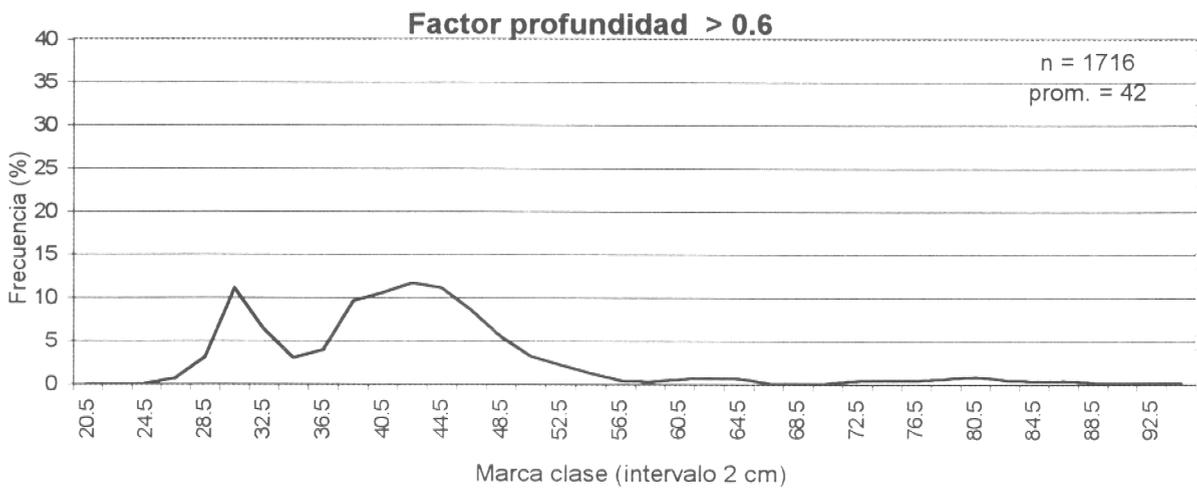
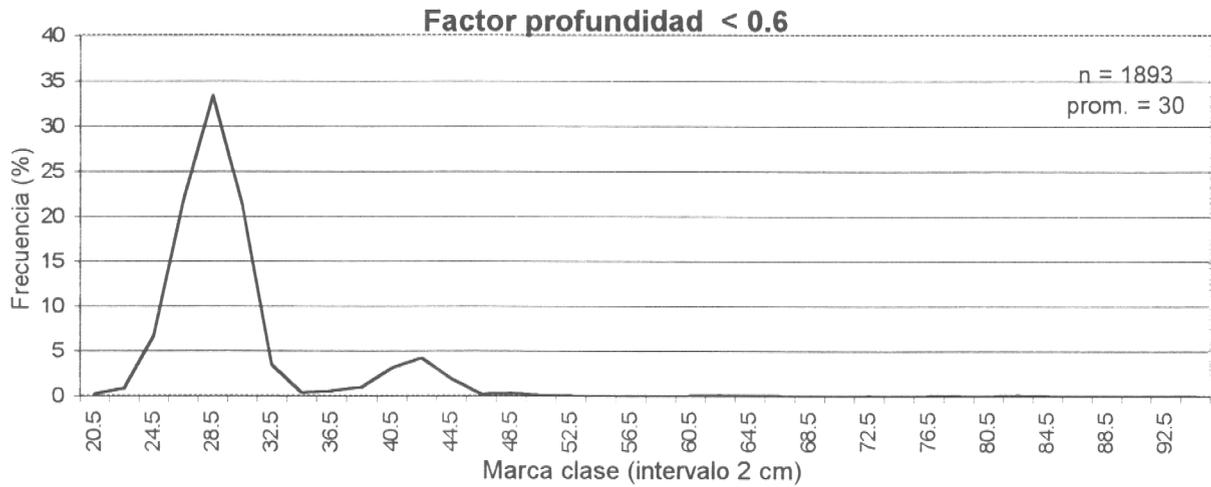


Fig. 17 Distribución de tallas de merluza de cola en lances costeros por factor de profundidad. B/I Abate Molina (noviembre 1999).
 Factor <0.6 lances cercanos a la mitad de la columna de agua
 Factor >0.6 lances mas cercanos al fondo

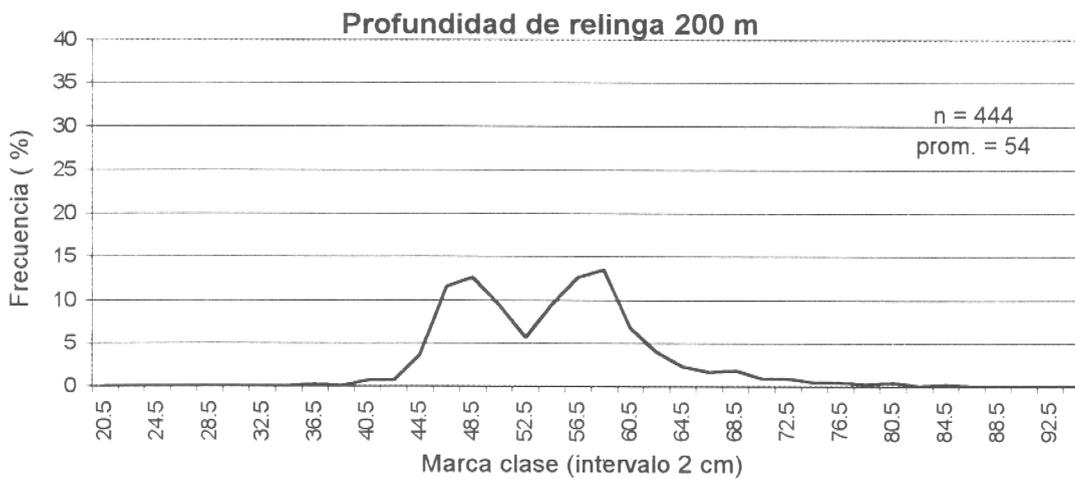
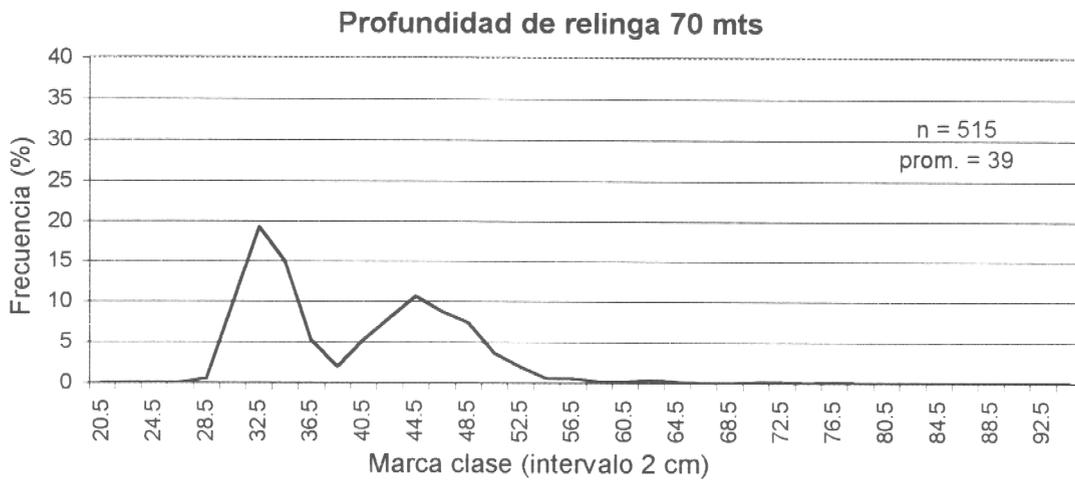
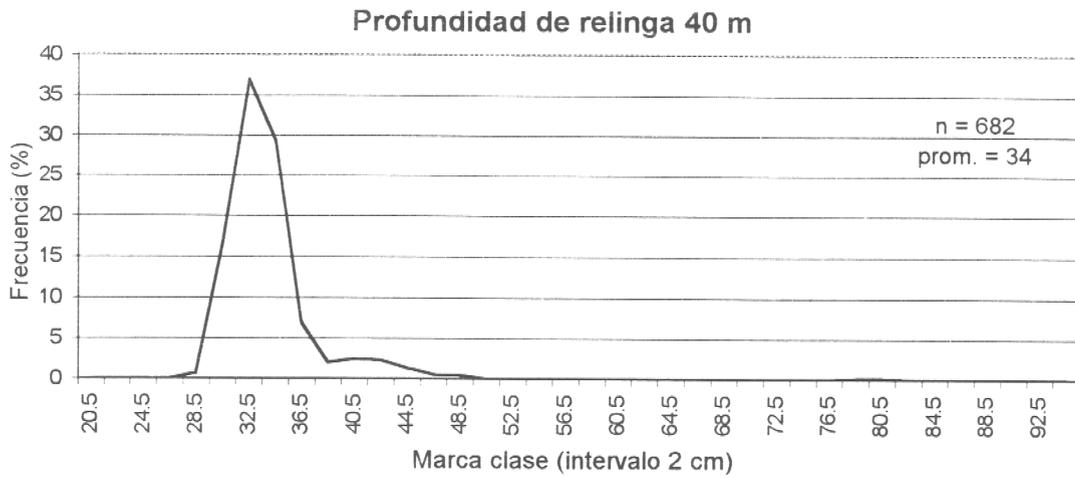


Fig. 18 Distribución de talla de merluza de cola de los lances oceánicos según la profundidad, B/I Abate Molina (noviembre, 1999).

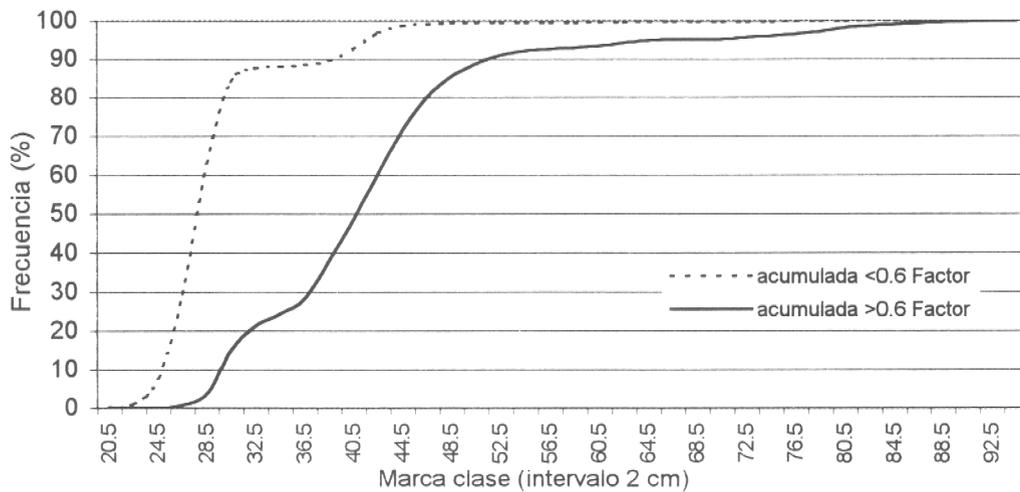


Fig. 19 Distribución acumulada de la talla de merluza de cola en lances costeros B/I Abate Molina (noviembre, 1999).

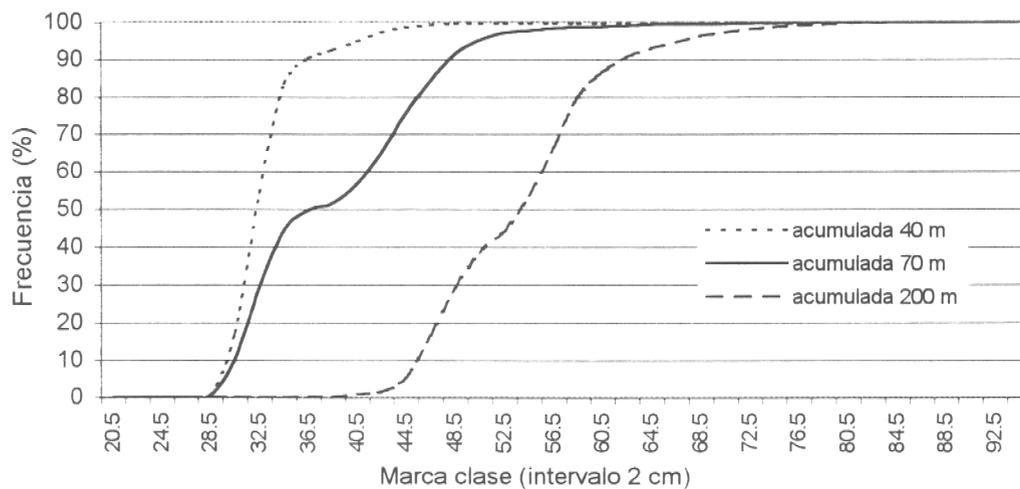


Fig. 20 Distribución acumulada de la talla de merluza de cola en lances oceánicos por profundidad. B/I Abate Molina (noviembre, 1999).

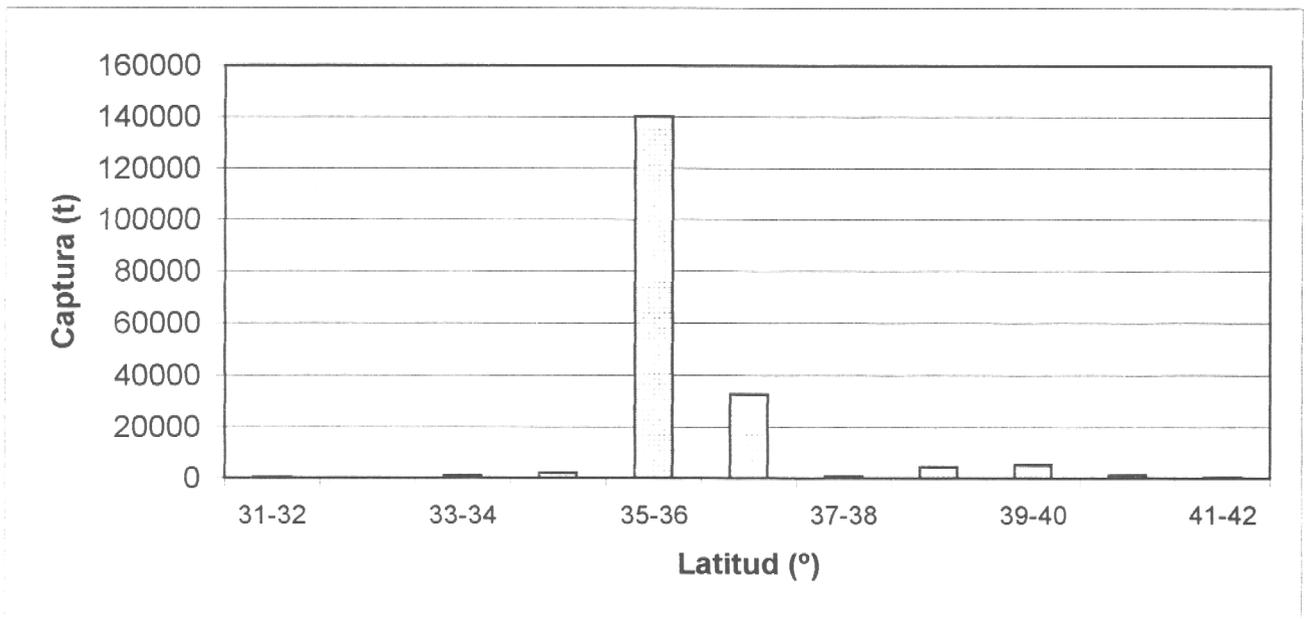


Figura 21. Distribución latitudinal de las capturas de la flota cerquera de la VIII región en noviembre de 1999. (Fuente IFOP, 1999)

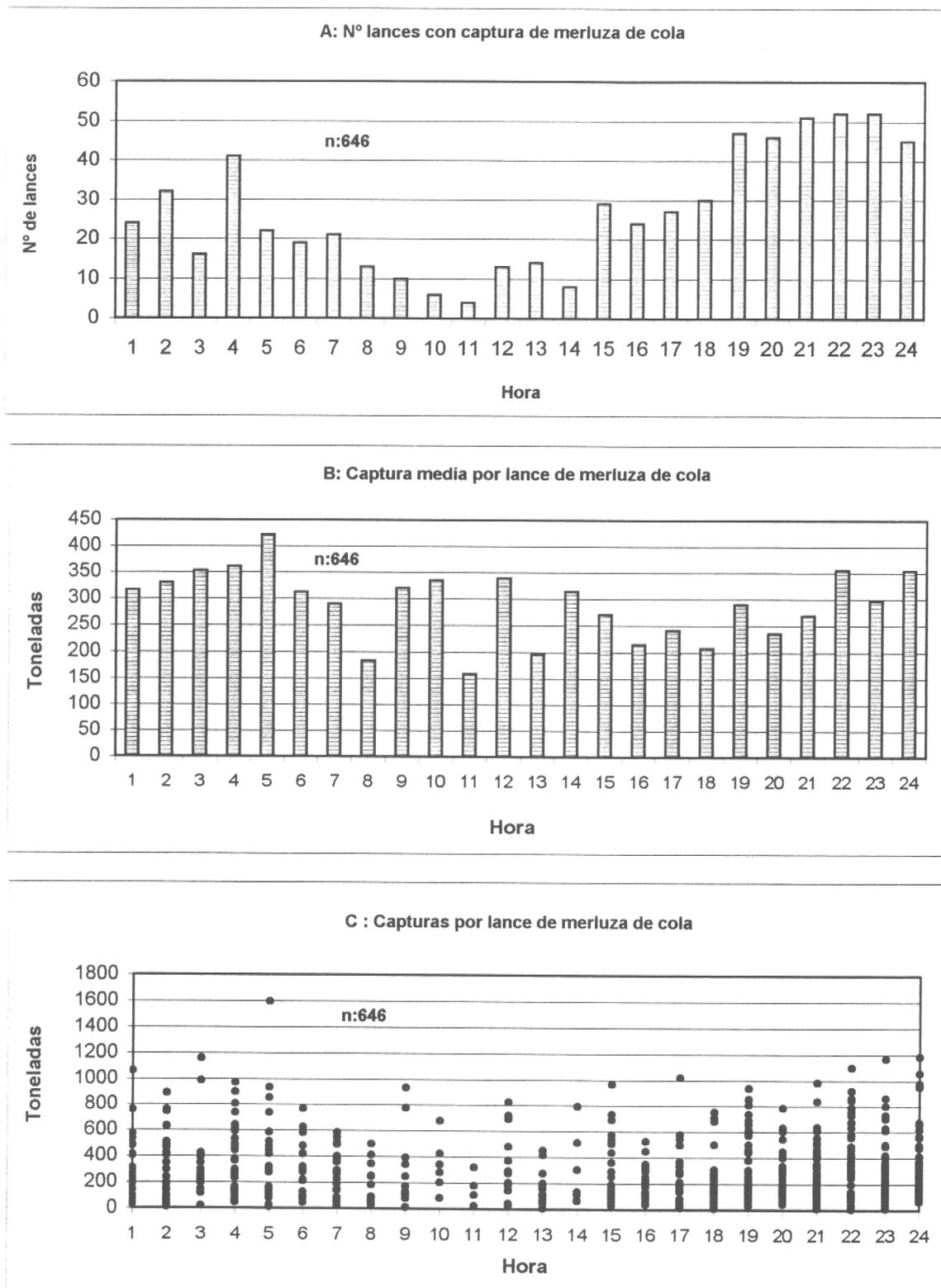


Figura 22. **A:** N° lances con captura de merluza de cola; **B:** Captura media por lance de merluza de cola; **C :** Capturas por lance de merluza de cola



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

T A B L A S

Tabla 1. Calibración de sistema de eointegración.

Lugar : Valparaíso			Estado de mar	Calma		
Profundidad	Fondo : 43 m		Esfera : 18 m			
2 way beam angle	-20,7 dB		Angle sensitivity	21,9 dB		
3 dB angle	7°					
Ganancia TS (dB)			Ganancia SV (dB)			
Longitud de pulso (ms)			Longitud de pulso (ms)			
0,3	1,0	3,0	0,3	1,0	3,0	
26,6	27,7	27,6	26,9	27,6	27,8	

Tabla 2. Categorías de densidad

Categoría			Densidad ($t \cdot mn^{-2}$)
0			0
I			1 – 19
II			20 – 38
III			39 – 75
IV			76 – 150
V			151 – 300
VI			> 300

Tabla 3. Estadísticos estimados para los descriptores morfológicos de las agregaciones.

Descriptor	Media	Moda	Desv. Estándar	Coef. Variación (%)
Largo	47.3	28.6	54.1	114
Alto	15.2	10.2	8.6	57
Perímetro	330.2	130.0	850.0	257
Area transversal	380.0	380	760	200
Elongación	5.4	4.6	4.3	79
Dimensión fractal	1.5	1.5	0.2	11

Tabla 4. Estimados totales de biomasa, coeficiente de variación (CV) y densidad (t/mn^2) de merluza de cola.

Método	Área (mn^2)	Biomasa (t)	Densidad (t/mn^2)
Razón	23.339	334.000	14,3
Geoestadístico	13.953	322.000	23,1

Tabla 5. Coeficientes de variación de los estimadores de biomasa total de merluza de cola.

Método	Coeficiente de variación (%)
Conglomerado (Hansen et al (1954)	27.8
Estratos agrupados (Volter 1985)	24.6
Geoestadístico (Petitgas 1991)	21.5

TABLA 6

COMPOSICIÓN DE LA ABUNDANCIA EN NÚMERO DE INDIVIDUOS POR GRUPO DE EDAD DE MERLUZA DE COLA, HEMBRAS CRUCERO ÁREA 36°-47°S, NOVIEMBRE 1999.

TALLAS (cm)	ABUNDANCIA (N°)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10 - 11														
12 - 13														
14 - 15														
16 - 17														
18 - 19														
20 - 21														
22 - 23	2,982,759													
24 - 25	46,751,291													
26 - 27	194,634,753													
28 - 29	295,581,054													
30 - 31	247,520,242													
32 - 33	135,229,184													
34 - 35	81,018,412													
36 - 37	28,303,727													
38 - 39	25,057,112													
40 - 41	29,200,595													
42 - 43	37,746,521													
44 - 45	36,863,045													
46 - 47	27,033,246													
48 - 49	22,855,908													
50 - 51	12,508,664													
52 - 53	9,383,961													
54 - 55	8,395,883													
56 - 57	8,537,339													
58 - 59	7,962,915													
60 - 61	4,839,662													
62 - 63	2,900,952													
64 - 65	1,668,086													
66 - 67	2,449,903													
68 - 69	1,082,240													
70 - 71	1,199,215													
72 - 73	2,181,425													
74 - 75	924,365													
76 - 77	1,468,882													
78 - 79	981,862													
80 - 81	1,446,585													
82 - 83	2,975,635													
84 - 85	657,328													
86 - 87	467,902													
88 - 89	350,926													
90 - 91	350,926													
92 - 93	233,951													
94 - 95														
96 - 97	116,975													
TOTAL	1,283,863,434	318,320,588	726,296,723	58,646,919	136,356,726	21,983,624	6,004,520	1,746,889	4,150,444	4,140,543	1,468,261	1,335,933	3,168,312	233,951
PORCENTAJE		24,79	56,57	4,57	10,62	1,71	0,47	0,14	0,32	0,32	0,11	0,10	0,25	0,02
TALLA PROM. (cm)		27,74	30,93	39,02	46,26	56,43	58,41	71,23	73,02	82,12	81,70	83,98	70,32	94,50
VARIANZA		3,28	12,59	42,45	27,16	22,77	50,75	5,10	11,95	8,37	5,29	11,67	60,91	4,00
PESO PROM (g)		60,2	85,4	177,4	281,4	499,2	565,4	977,6	1,056,3	1,492,2	1,467,8	1,596,3	973,1	2,257,2
BIOMASA (t)	164,517	19,170	62,036	10,401	38,366	10,979	3,395	1,708	4,384	6,178	2,155	2,133	3,083	528

TABLA 7

COMPOSICIÓN DE LA ABUNDANCIA EN NÚMERO DE INDIVIDUOS POR GRUPO DE EDAD DE MERLUZA DE COLA, MACHOS. CRUCERO ÁREA 36°-47°S, NOVIEMBRE 1999.

TALLAS (cm)	ABUNDANCIA (N°)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10 - 11														
12 - 13	3,400,021													
14 - 15	10,013,796		2,503,449											
16 - 17	55,934,381													
18 - 19	158,043,766		87,802,092											
20 - 21	286,546,891		181,284,768											
22 - 23	285,428,351		206,444,273	5,898,408										
24 - 25	142,279,313		137,009,709	5,269,604										
26 - 27	86,417,584		67,213,676	19,203,908										
28 - 29	36,923,118		32,000,035	4,923,082										
30 - 31	41,281,858		30,167,511	4,763,291	6,351,055									
32 - 33	50,989,387		19,340,802	8,791,274	21,099,056	1,758,255								
34 - 35	54,001,529		5,062,643	8,437,739	40,501,147	2,026,919								
36 - 37	49,659,510		1,013,459	7,094,216	39,524,916									
38 - 39	31,158,478			3,115,848	28,042,630									
40 - 41	23,746,837			2,793,745	19,556,218	1,396,873								
42 - 43	11,976,037			10,778,433	1,197,604									
44 - 45	6,244,203			6,244,203										
46 - 47	4,153,750			3,115,313	519,219									
48 - 49	4,424,235			1,474,745	1,474,745									
50 - 51	5,222,518			1,044,504	2,089,007	1,044,504								
52 - 53	3,042,082			608,416	608,416									
54 - 55	5,292,914			1,587,874	1,587,874									
56 - 57	3,068,629			613,726	613,726				613,726					
58 - 59	535,670			267,835	267,835									
60 - 61	816,385			544,273	544,273									
62 - 63	544,273													
64 - 65	1,272,634													
66 - 67	1,038,364													
68 - 69	1,367,808													
70 - 71	1,840,435													
72 - 73	1,714,400													
74 - 75	378,103													
76 - 77	504,138													
78 - 79	378,103													
80 - 81	504,138													
82 - 83	126,034													
84 - 85														
86 - 87														
88 - 89														
90 - 91														
92 - 93														
94 - 95														
96 - 97														
TOTAL	1,350,017,605	295,434,217	769,842,418	70,291,115	178,340,637	11,729,143	9,075,028	5,893,579	3,798,609	3,518,212	1,367,793	432,774	126,034	168,046
PORCENTAJE		21.88	57.02	5.21	13.21	0.87	0.67	0.44	0.28	0.26	0.10	0.03	0.01	0.01
TALLA PROM. (cm)		27.38	31.16	38.23	45.17	52.59	59.35	64.56	75.57	78.12	73.54	81.41	96.50	86.50
VARIANZA		5.10	12.37	25.52	15.40	64.48	25.85	24.26	30.50	18.52	75.96	20.64		
PESO PROM (g)		53.9	80.9	151.6	243.0	401.6	551.8	707.0	1,133.3	1,243.8	1,071.4	1,408.2	2,325.2	1,673.9
BIOMASA (t)		157,416	62,283	10,655	43,335	4,711	5,007	4,167	4,305	4,376	1,465	609	293	281

TABLA 8

ESTADISTICA BASICA DE LA COMPOSICION DE TALLA DE MERLUZA DE COLA POR ZONA DE PESCA, EVAL. DIRECTA SE MERLUZA DE COLA EN LA ZONA CENTRO SUR, B/I ABATE MOLINA NOVIEMBRE 1999.

	ZONAS				LANCES COSTEROS	LANCES OCEANICOS	TOTAL ZONA ESTUDIO
	1	2	3	4			
n	800	1337	1160	661	3958	1664	5622
promedio	37,08	35,03	33,92	42,25	36,33	41,68	37,91
mínimo	21	21	25	26	21	28	21
máximo	97	84	83	81	97	84	97
n machos	394	758	667	381	2100	757	2857
n hembras	506	579	493	280	1858	907	2765
% BTPM	88,2	99,8	98,2	92,5	95,8	84,3	92,4

TABLA 9

ESTADISTICA BASICA DE LA COMPOSICION DE TALLA DE MERLUZA DE COLA POR PROFUNDIDAD DE PESCA, EN CONDICIONES COSTERAS Y OCEANICAS. B/I ABATE MOLINA (NOVIEMBRE 1999).

	LANCES COSTEROS			LANCES OCEANICOS	
	Factor de Profundidad			40 m *	200 m *
	< 0,6	> 0,6		70 m *	
n	1893	1716	682	515	444
promedio	30,1	42,8	34,0	39,7	54,7
mínimo	21	24	28	28	37
máximo	84	97	80	76	84
n machos	922	1059	350	256	143
n hembras	971	657	332	259	301
% BTPM	99,4	91,8	99,7	97,3	49,3

* PROFUNDIDAD DE RELINGA

% BTPM : Porcentaje de individuos bajo talla primera madurez (< 55 cm)

FACTOR <06 indica lances cercanos a la mitad de la columna de agua

FACTOR <06 indica lances mas cercanos al fondo