

Instituto de  
Investigación  
Pesquera

# INFORME FINAL

---

---

**FIP N° 2006-16**

**BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE  
MERLUZA COMUN**

**Avenida Colón 2780,  
Casilla 350,  
Talcahuano, Chile**  
Fax : +56-41-920410  
Tel : +56-41-920411  
e-mail: [inpesca@inpesca.cl](mailto:inpesca@inpesca.cl)  
<http://www.inpesca.cl>

Talcahuano, enero de 2009

Alarcón, R., F. Balbontín, M. Aguayo, P. Ruiz, S. Núñez, G. Herrera, G. Claramunt & A. Sepúlveda. 2008. Biología reproductiva de merluza común. Informe Final Corregido Proyecto FIP 2006-16. 292 pp.

# **INFORME FINAL CORREGIDO**

**FIP 2006-16**

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE MERLUZA COMÚN**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA  
OCTAVA REGIÓN S.A.**

## EQUIPO PROFESIONAL Y TÉCNICO

### Instituto de Investigación Pesquera

Nombre	Título/Grado	Función en el Proyecto
Ruben Alarcón M.	M.Sc. Pesquerías	Coordinación. Jefe Proyecto, Revisión bibliográfica. Calculo índices reproductivos y poblacionales, estimación talla madurez sexual datos históricos. Elaboración de informes.
Mario Aguayo	Biólogo Marino	Estimación edad madurez sexual histórico y actual. Elaboración Informes.
Patricia Ruiz O.	Biólogo Marino	Revisión bibliográfica Diseño y ejecución crucero ictioplanctónico. Preparación informes.
Hernán Rebolledo	Biólogo Marino	Revisión bibliográfica. Estimación índices reproductivos históricos y actuales. Manejo y administración base de datos. Elaboración de informes.
Sergio Núñez E.	M.Sc. Oceanografía	Análisis información oceanográfica. Elaboración informes.
Aquiles Sepúlveda	Biólogo Marino	Revisión bibliográfica. Elaboración de informes.
Eduardo Navarro	Biólogo Marino	Procesamiento información oceanográfica. Elaboración informes.
Fernando Balbontín	Biólogo Marino	Revisión bibliográfica. Análisis histológicos, asignación estados de madures sexual microscópicos. Estimación índices reproductivos y talla madurez sexual datos actuales. Preparación informes
Luis Rodríguez S.	Técnico Laboratorio	Preparación cortes histológicos para asignación EMS microscópicos. Procesamiento gónadas.
NN. Muestreos (4)	Tecn. Marino	Personal embarcado para toma de muestras biológicas.

### Universidad Arturo Prat

Nombre	Título/Grado	Función en el Proyecto
Gabriel Claramunt	Biólogo Marino M.Sc. Pesquerías	Coordinador Universidad Arturo Prat. Revisión bibliográfica, identificación folículos post-ovulatorios, datación, calculo fecundidad parcial y frecuencia de desove. Elaboración informes.
Gustavo Herrera U.	M.Sc. Biología de la Reproducción	Revisión bibliográfica, identificación folículos post-ovulatorios, datación, calculo fecundidad parcial y frecuencia de desove. Elaboración informes.

## RESUMEN EJECUTIVO

La revisión bibliográfica de los aspectos de la biología reproductiva de la merluza común (*Merluccius gayi*) permitió identificar 46 trabajos científicos, de los cuales 26 correspondieron a publicaciones ISI, la biblioteca electrónica SciELO y otras revistas nacionales. También se encontró 10 reportes técnicos, 9 de ellos correspondientes a Proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), y 10 trabajos de tesis de pre- y post grado. Con dicha fuente de información se construyó una matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común que consideró 11 aspectos fundamentales, a saber: (1) descripción de gónadas, (2) tipo de desovante, (3) época de desove, (4) talla de madurez sexual, (5) edad de madurez sexual, (6) fecundidad relativa, (7) fecundidad total, (8) frecuencia de desove, (9) folículos post-ovulatorios, (10) Zonas de desove, y (11) distribución de huevos y larvas.

En el marco del Objetivo Específico 2, se analizó la composición de tamaños en las capturas mensuales de merluza común por sub-área de estudio y sexo, entre enero de 2001 y noviembre de 2007. También se estimaron los parámetros de la relación longitud total-peso total, por sexo, sin distinción de zonas debido que en algunos períodos no se contó con los registros de peso de los ejemplares colectados. La relación longitud total-peso total mensual y por sexos se ajustó a una función de tipo potencial en todos los meses analizados entre enero de 2001 y noviembre de 2007. Para el mismo periodo en que se calculó la relación talla-peso, se calculó la proporción sexual, medida como la proporción de machos en las capturas sin separación por macrozona geográfica, la que mostró notorias fluctuaciones intra-anales, describiendo una tendencia decreciente (pendiente  $m = -0,192$ ) tanto en la escala mensual como en la escala anual entre 1997 y 2007.

En el mismo contexto del Objetivo Específico 2, dentro de los indicadores reproductivos analizados, se revisó la evolución temporal (mensual entre enero de 2001 y noviembre de 2007) de la proporción de cada uno de los estados de madurez sexual (EMS) en las capturas para toda el área de estudio, encontrándose un incremento de la participación de ejemplares inmaduros (EMS-2) a contar del año 2001.

En el caso del índice gonadosomático, se siguió el comportamiento temporal de éste para toda el área de estudio. La variación temporal del IGS se analizó en primer lugar, excluyendo a las hembras que se encontraban con gónadas hidratadas (EMS-4), y en segundo lugar se excluyó del cálculo a las hembras en estado hidratado (EMS-4) y las hembras en estado desovado (EMS-5), esto último dada la incertidumbre de asignación de ese estado, debido a que no se conoce con certeza cuanto es el tiempo que ha pasado desde el desove. En ambos casos se observó que los máximos valores de IGS promedio se encontraron en los meses de agosto-septiembre de 1998, junio de 1999, octubre de 2000, septiembre de 2001, 2002 y 2003, agosto

de año 2004, octubre de 2005, octubre-noviembre de 2006, y noviembre-diciembre de 2007. Adicionalmente, se registraron máximos secundarios en los meses de febrero de 1998 y 2005, marzo-abril de 1999, y marzo del año 2000. El índice gonádico (IG,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), por otro lado, siguió las tendencias mostradas por el índice gonadosomático, tanto en los valores máximos principales como en los máximos secundarios.

El factor de condición (K,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), que mide la aptitud o bienestar del recurso en comparación con su tamaño, se analizó para toda el área de estudio separadamente para machos y hembras entre junio de 1997 y diciembre de 2007. El factor de condición promedio mensual, en machos y hembras, fue creciente entre junio de 1997 y febrero-marzo de 1999, para luego mantenerse estable alrededor de  $7,3 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , en el caso de los machos y  $7,4 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , en el caso de las hembras, entre abril de 1999 y octubre de 2000. Entre noviembre de 2000 y noviembre-diciembre de 2004, el factor de condición mostró una tendencia decreciente, después de la cual, se ha observado un rápido crecimiento entre noviembre de 2004 y septiembre de 2006. Finalmente, el factor de condición mostró un nuevo descenso entre noviembre de 2006 y marzo de 2007, con un nuevo incremento entre abril y septiembre y una posterior caída hacia los últimos meses de la serie.

A partir del análisis de la proporción mensual de estados de madurez sexual (EMS), del índice gonadosomático (IGS, %), y del índice gonádico (IG,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) entre enero de 1997 y diciembre de 2007 se estableció que la época de desove principal ocurre entre julio y noviembre, y excepcionalmente comenzando en junio, siendo en promedio, septiembre el mes donde ocurre el máximo desove. Mientras que en el caso del desove secundario, éste solo fue observado en febrero de 1998, marzo de 2000 y marzo-abril de 1999.

La talla y edad media de primera madurez sexual (TPMS, EPMS) se estimó para la época reproductiva principal de los años 1997 a 2007, para toda el área de distribución del recurso, a través de un modelo logístico observándose diferencias significativas entre los estimados de los años 1997-2002 respecto del período 2003-2007. Entre 1997 y 2002, la TPMS promedio se encontró alrededor de 40,0 cm LT, mientras que entre el año 2003 y 2007, la talla de madurez se redujo encontrándose alrededor de 32,2 cm LT, con un valor mínimo de 30,3 cm LT en el año 2005. En el año 2007, la TPMS presentó un incremento de poco más de 3 cm respecto del año 2005. En el caso de la edad media de madurez sexual (EPMS), ésta presentó el mismo patrón que la talla de madurez, encontrándose alrededor de 3,7 años en el período 1997-2002; y alrededor de 2,5 años entre 2003 y 2007.

En el marco del Objetivo Específico 3, se consideró el análisis de indicadores reproductivos macroscópicos y microscópicos en la época reproductiva principal del año 2006, al menos septiembre y octubre (no se incluyó agosto por insuficiencia de información) para las Zonas 1

y 2. Mientras que en la Zona 3, en octubre todavía existía actividad reproductiva de recurso, extendiéndose hasta noviembre. El análisis histológico de las gónadas mostró entre julio y octubre de 2007 un 12% a 19% de hembras en pleno proceso de desove. En noviembre hubo un mayor predominio de ovarios en regresión igual a 53%, que junto con la baja incidencia de hembras en vitelogénesis más el incremento mensual de atresias ováricas indicarían una disminución de la intensidad reproductiva en ese mes. La fracción más comprometida con la actividad reproductiva correspondió al estrato de tallas entre 30 y 50 cm LT.

El factor de condición de septiembre fue menor en la Zona 1, de valor intermedio en la Zona 2 y mayor en la Zona 3, lo que indicaría que la inversión de energía en reproducción ocurre primero en el norte, después en la zona central y finalmente en el sur. Esto confirmaría resultados anteriores que señalaban que el desove se inicia en el norte y termina en el sur, con un desfase aproximado de un mes. En el verano-otoño de 2007, en la Zona 1, los EMS presentaron en abril y mayo valores de 10% de hembras desovantes en cada mes, indicando actividad de desove, pero equivalente a la mitad de lo observado en la época de desove principal. En las Zonas 2 y 3, la distribución de EMS señaló que el desove fue mínimo o casi nulo entre marzo y abril. Se observaron valores dos o tres veces más altos del IGS de la Zona 1 comparado con los de Zonas 2 y 3, lo que reflejaría un comportamiento reproductivo diferente.

En el período de otoño, tanto los ovarios vitelados postdesovantes de tanda como en regresión se presentaron con una mayor incidencia en abril y marzo. A pesar de mostrar señales de actividad reproductiva entre abril y mayo, también presentaron una incidencia importante las hembras con atresias ováricas, con una tendencia de incremento a partir desde marzo, es decir, señales de una declinación de la reproducción. Los valores del IGS correspondientes a los EMS de las hembras inmaduras y desovadas fueron similares entre invierno-primavera del 2006 y fines de verano y otoño del 2007. Sin embargo, los EMS de los peces en actividad de desove alcanzaron valores del IGS en 2006 el doble más altos que en 2007. Se estima que el denominado período secundario de desove sólo se observó en el 2007 en la Zona 1, pero con una inversión de energía equivalente a la mitad de la que ocurrió en el período de desove principal.

La talla media de madurez sexual en la Zona 1 fue 30,65 cm LT, en la Zona 2 fue 30,98 cm LT y en la Zona 3, fue 31,50 cm LT. Entre las Zonas 1 y 2 los límites de confianza se superponen, no así entre las Zonas 2 y 3. Para efectos prácticos y considerando que las diferencias interzonales son menores a un centímetro, se estimó un solo valor para toda el área, igual a 31,35 cm LT, con límites de confianza de 31,23 y 31,48 cm LT. La fecundidad parcial varió entre 23.087 y 145.866 ovocitos por desove, con una media de 70.099 ovocitos (D.E. = 34405 ovocitos) y con un CV de 49%. El ajuste con la longitud total entregó una

menor suma de cuadrados residual en los modelos potencial y exponencial en comparación al lineal, siendo la variabilidad de la fecundidad parcial explicada sobre el 45% ( $r^2$ ). La relación con el peso corporal se ajustó mejor a un modelo lineal simple en comparación a los otros modelos no lineales. La fecundidad relativa fue de 162 ovocitos, con un CV de 37%. La fecundidad promedio estimada a partir de la moda más avanzada fue más del doble de la estimada a partir de las hembras hidratadas, es decir, que el método de la moda más avanzada sobreestimó la fecundidad parcial, debido a que en el análisis de progresión modal existe la posibilidad de una combinación de ovocitos vitelogénicos tardíos y de núcleo migrante.

La alta variabilidad encontrada entre distintas estimaciones de fecundidad en merluza común, son reflejo mayoritariamente de aspectos metodológicos que de fluctuaciones naturales, tales como distintas épocas de muestreo en relación al pico reproductivo, rango de tamaño de los ejemplares utilizados, metodología de medición y conteo, criterio de separación de la moda más avanzada.

La fracción diaria de hembras desovantes con FPO 1+2 para el período julio a octubre fue 0,071 con un coeficiente de variación de 0,24. Significa que durante el período de estudio el 7% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra desovó, en promedio, cada 14 a 15 días. La estimación de la fracción diaria de hembras desovantes estuvo por debajo de lo reportado para el género, aún cuando existen distintos criterios para la estimación de la proporción de hembras que desova al día. Debido a la incapacidad de mantener la merluza en cautiverio para estudios reproductivos, la duración de los estados desovantes y consecuentemente, la fracción de hembras desovantes no puede estimarse precisamente. Otra alternativa para validar la tasa de degeneración de FPO es contar con muestras obtenidas de las capturas en una serie cronológica de 24 horas y reconstruir la tasa de degeneración de FPO por análisis de serie de tiempo.

Para dar cumplimiento al Objetivo Específico 4, se realizó un crucero ictioplanctónico, a bordo de la embarcación Albatros II de la empresa Pesquera Bio-Bío en el área comprendida entre Punta Lavapié y 41°30'S. El crucero se realizó en dos etapas, la primera, cubrió el extremo sur del área de estudio, y se desarrolló entre los días 14 y 17 de Septiembre de 2006, mientras que la segunda etapa, se ejecutó entre los días 21 y 24 de septiembre de 2006 y cubrió la zona norte de la sub-área de estudio. Junto con la colecta de muestras ictioplanctónicas, se realizó la caracterización de la condición ambiental del área de estudio.

La abundancia de huevos de merluza común reportada fue baja, con una densidad media para las estaciones positivas de 277,89 huevos/10 m<sup>2</sup> y de 14,73 huevos/10 m<sup>2</sup> para las estaciones totales. Los principales focos de abundancia se concentraron entre el sur de Punta Pancho y el sur de Punta Rocura (39°00 – 39°45'S). La abundancia de larvas de merluza común presentó

una densidad media para las estaciones positivas de 56,58 huevos/10 m<sup>2</sup> y de 6,43 huevos/10 m<sup>2</sup> para las estaciones totales. Se detectaron dos focos principales de abundancia, uno en el sector de Punta Nena (38°15'S) y otro en el extremo sur del área de estudio en el sector de Punta Quillehue (41°30'S). A pesar de las bajas densidades encontradas, los mayores focos de abundancia coinciden con lo reportado en la literatura revisada.

Las condiciones ambientales del área de estudio fueron descritas a partir del análisis de imágenes satelitales para la temperatura superficial del mar (TSM), y clorofila-a entre el 14 y 24 de septiembre de 2006, donde se contó con 11 imágenes satelitales de TSM y 11 imágenes de clorofila-a que reflejan de buena forma la evolución espacial en la escala diaria durante el período de estudio y una imagen promedio del mes de septiembre, para cada una de las variables medidas. En el caso de la clorofila-a, la distribución espacial de esta variable mostró valores altos (> 3 mg/m<sup>3</sup>) en toda la banda costera, con pulsos de alrededor de cuatro días donde los valores superan concentraciones de 7 mg/m<sup>3</sup> alcanzando valores de 10 mg/m<sup>3</sup>, mostrando un incremento de la biomasa fitoplanctónica en el área de estudio asociada a los eventos de surgencia costera propios de la época.

La distribución vertical de las variables oceanográficas, temperatura, salinidad, densidad, concentración de oxígeno disuelto y concentración de clorofila-a, medidas en el área de estudio fue analizada también a la forma de perfiles verticales promedio e individuales (considerando cada una de las estaciones de muestreo), agrupando las estaciones insertas en las regiones norte (37°15'-38°45'S) y sur (40°00'-41°30'S) del área de estudio, revelando termoclinas y picnoclinas poco desarrolladas situadas en los primeros 30 m de profundidad, haloclinas débiles y extensas situadas en los primeros 30 a 40 m de profundidad, oxicleinas débiles situadas entre la superficie y los 30 m de profundidad.

La identificación de las masas de aguas presentes en el área de prospección se realizó a través del análisis e interpretación de las relaciones temperatura-salinidad (diagramas TS), considerando cada uno de los sectores del área de prospección. Durante el estudio, se detectó la presencia de dos masas de agua; a saber, Aguas Subantárticas (ASSA) y Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS). Así, tanto para el sector norte como en el sector sur de la sub-área de estudio y bajo los 100 m se verificó la presencia de las AESS caracterizadas por altas salinidades y bajo contenido de oxígeno disuelto (<1.5 ml l<sup>-1</sup>), las que disminuyen su influencia hacia el sur. La distribución de clorofila-a mostró concentraciones que en su mayoría no superaron los 0,3 y hasta 6 mg m<sup>-3</sup>. El análisis de imágenes satelitales de temperatura, mostró la presencia de aguas frías (<12°C) en prácticamente toda el área de prospección y el análisis de imágenes de clorofila mostró altas concentraciones asociadas a la zona costera con valores mayores a 3 mg m<sup>-3</sup>.

**TABLA DE CONTENIDOS**

	Pág.
<b>EQUIPO PROFESIONAL Y TÉCNICO .....</b>	<b>i</b>
Instituto de Investigación Pesquera .....	i
Universidad Arturo Prat .....	i
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>ii</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. Objetivos .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo General.....	1
1.2. Objetivo Específicos.....	1
<b>2. Antecedentes .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Aspectos Metodológicos.....</b>	<b>9</b>
3.1. Diseño general de muestreo.....	9
3.2. Zona y época de estudio .....	9
3.3. Cálculo tamaño de muestra.....	10
3.4. Objetivo Específico 1 .....	14
3.5. Objetivo Específico 2 .....	16
3.5.1. Fuente de información.....	16
3.5.2. Composición de tamaños.....	16
3.5.3. Relación talla-peso .....	18
3.5.4. Proporción sexual .....	19
3.5.5. Indicadores reproductivos .....	20
3.5.5.1. Escala macroscópica de madurez sexual.....	20
3.5.5.2. Proporción de estados de madurez sexual.....	20
3.5.5.3. Índice gonadosomático.....	21
3.5.5.4. Factor de condición .....	21
3.5.5.5. Índice gonádico .....	22
3.5.6. Epoca de desove .....	22

3.5.7.	Talla y edad media de primera madurez sexual .....	23
3.5.7.1.	Talla media de primera madurez sexual.....	23
3.5.7.2.	Edad media de primera madurez sexual.....	24
3.6.	Objetivo Específico 3 .....	26
3.6.1.	Toma de muestras.....	26
3.6.2.	Epoca de desove y estadios de madurez sexual .....	27
3.6.3.	Indices reproductivos año 2006.....	27
3.6.4.	Talla media de madurez sexual (50%) .....	28
3.6.5.	Fecundidad modal y frecuencia del desove.....	29
3.7.	Objetivo Específico 4 .....	39
3.7.1.	Area y época de estudio.....	39
3.7.2.	Muestreo de huevos y larvas .....	40
3.7.4.	Abundancia de huevos y larvas .....	42
3.7.5.	Indices de abundancia de huevos y larvas.....	43
3.7.6.	Caracterización de la condición ambiental.....	44
3.7.6.1.	Colecta de datos y muestras .....	44
3.7.6.2.	Análisis de la información de campo .....	45
3.7.6.3.	Análisis de imágenes satelitales de TSM .....	45
3.8.	Objetivo Específico 5 .....	46
<b>4.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>47</b>
4.1.	Objetivo específico 1 .....	47
4.1.1.	Revisión bibliográfica .....	47
4.1.2.	Matriz del estado de conocimiento.....	64
4.2.	Objetivo Específico 2 .....	66
4.2.1.	Composición de tamaños.....	66
4.2.2.	Relación talla-peso .....	87
4.2.3.	Proporción sexual.....	87
4.2.4.	Indicadores reproductivos .....	87
4.2.4.1.	Proporción de estados de madurez sexual.....	87
4.2.4.2.	Índice gonadosomático.....	90
4.2.4.3.	Índice gonádico .....	92

4.2.4.4.	Factor de condición .....	93
4.2.5.	Epoca de desove .....	95
4.2.6.	Talla y edad media de primera madurez sexual .....	96
4.2.6.1.	Talla media de primera madurez sexual.....	96
4.2.6.2.	Edad media de primera madurez sexual.....	99
4.3.	Objetivo Específico 3 .....	101
4.3.1.	Epoca de desove .....	101
4.3.1.1.	Invierno y primavera de 2006 .....	101
4.3.1.1.1.	Composición de tamaños.....	101
4.3.1.1.2.	Estadios de madurez sexual (EMS).....	101
4.3.1.1.3.	Índice gonadosomático (IGS) e índice gonádico (IG)....	107
4.3.1.2.	Verano y otoño de 2007 .....	111
4.3.1.2.1.	Composición de tamaños.....	111
4.3.1.2.2.	Estadios de madurez sexual (EMS).....	111
4.3.1.2.3.	Índice gonadosomático (IGS) e índice gonádico (IG)....	116
4.3.2.	Factor de condición (K1).....	117
4.3.3.	Relación entre EMS e IGS .....	119
4.3.4.	Talla de primera madurez sexual.....	123
4.3.5.	Fecundidad modal y relativa .....	127
4.3.6.	Frecuencia del desove (folículos postovulatorios, FPO).....	135
4.4.	Objetivo Específico 4 .....	137
4.4.1.	Crucero ictioplanctónico .....	137
4.4.2.	Caracterización de la condición ambiental.....	138
4.4.2.1.	Área de estudio y diseño de muestreo.....	138
4.4.2.2.	Análisis de imágenes satelitales .....	139
4.4.2.2.1.	Temperatura superficial del mar (TSM).....	139
4.4.2.2.2.	Clorofila-a.....	143
4.4.2.3.	Distribución vertical de las variables oceanográficas .....	143
4.4.2.3.1.	Perfiles verticales individuales. Sector norte.....	147
4.4.2.3.2.	Perfiles verticales individuales. Sector sur .....	149
4.4.2.4.	Masas de agua .....	151

4.4.2.5. Secciones oceanográficas.....	153
4.4.2.5.1. Sector sur .....	153
4.4.2.5.2. Sector norte (37°15' -38°45'S).....	161
4.5. Objetivo Específico 5 .....	170
4.5.1. Indices reproductivos .....	170
4.5.2. Epoca de desove .....	171
4.5.3. Talla de madurez sexual .....	172
4.5.4. Fecundidad .....	173
4.5.5. Fracción de hembras desovantes diaria .....	175
4.5.6. Método de Producción Diaria de Huevos en merluza común .....	178
4.6. Taller de difusión.....	181
4.6.1. Programa del Taller.....	181
4.6.2. Asistentes al Taller de Difusión .....	182
4.6.3. Resumen presentaciones.....	186
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>206</b>
5.1. Objetivo específico 1 .....	206
5.2. Objetivo específico 2 .....	206
5.3. Objetivo específico 3 .....	209
5.4. Objetivo Específico 4 .....	210
<b>6. Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>211</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>221</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>262</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>265</b>

**INDICE DE TABLAS**

	Pág.
Tabla 1. Índice gonadosomático (IGS, %) promedio mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre enero y diciembre de 2005. DE(IGS) = desviación estándar del IGS, n = tamaño de muestra. ....	12
Tabla 2. Escala de madurez sexual para merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) según Balbontín & Fischer (1981). Cod. = es el código asignado al EMS en la base de datos del Instituto de Investigación Pesquera. ....	20
Tabla 3. Escala de madurez sexual para merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín & Fischer (1981), modificada por Balbontín & Bravo (1993). Cod. = es el código asignado al EMS en la base de datos del Instituto de Investigación Pesquera. ....	28
Tabla 4. Caracterización histológica de estadios ováricos de merluza común <i>Merluccius gayi</i> .....	30
Tabla 5. Estadios microscópicos del desarrollo de los ovarios de peces, de acuerdo a sus características histológicas, modificados por Herrera <i>et al.</i> (1996).....	31
Tabla 6. Equivalencia entre la escala de madurez sexual (EMS) de seis estadios de la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , con la escala histológica de nueve estadios descrita para peces pelágicos, modificada por Herrera <i>et al.</i> (1996). ....	32
Tabla 7. Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) según Hunter & Goldberg (1980) para <i>E. mordax</i> ; de Sánchez & Herrera, (2006) para <i>E. ringens</i> ; Hunter & Macewicz (1993) para <i>T. symmetricus</i> ajustados para <i>Merluccius gayi</i> .....	33
Tabla 8. Etapa, fecha de ejecución y número de estaciones por transecta del crucero ictioplanctónico en septiembre de 2006.....	41
Tabla 9. Listado de publicaciones científicas, reportes técnicos y trabajos de tesis que abordan algún tópico relacionado con la biología reproductiva de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ), ordenados por fecha de publicación. Los números del 1 al 7 corresponden a los tópicos reproductivos previamente individualizados.....	48
Tabla 10. Matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ). ....	65
Tabla 11. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2001 para toda el área de estudio. ....	67
Tabla 12. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2002 para toda el área de estudio. ....	67

Tabla 13.	Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2003 para toda el área de estudio. ....	73
Tabla 14.	Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2004 para toda el área de estudio. ....	73
Tabla 15.	Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2005 para toda el área de estudio. ....	79
Tabla 16.	Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2006 para toda el área de estudio. ....	79
Tabla 17.	Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2007 para toda el área de estudio. ....	84
Tabla 18.	Epoca de desove principal y secundaria, y período de máximo desove de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en toda el área de estudio entre 1998 y 2007. S.E.S. = sin evidencia suficiente. ....	96
Tabla 19.	Talla media de madurez sexual (TPMS, cm LT), parámetros de la función logística ajustada, error estándar (e.e.) de los parámetros e intervalos de confianza (LI= límite inferior; LS= límite superior) de la TPMS entre 1997 y 2007. ....	97
Tabla 20.	Edad media de madurez sexual (EPMS, años) entre 1997 y 2007, e intervalos de confianza (LI= límite inferior; LS= límite superior). ....	99
Tabla 21.	Valores promedio del Índice Gonadosomático (IGS) para cada uno de los estadios madurez sexual (EMS) en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , en 2006 y 2007. ....	120
Tabla 22.	Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> . Zona 1, septiembre de 2006. ...	123
Tabla 23.	Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> . Zona 2, septiembre y noviembre de 2006. ....	123
Tabla 24.	Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> . Zona 3, septiembre y octubre de 2006. ....	125
Tabla 25.	Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> . Todas las zonas en conjunto entre septiembre y noviembre de 2006. ....	126
Tabla 26.	Resumen estadístico de la relación fecundidad parcial en función de la longitud total en hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , con gónadas hidratadas (a: Intercepto; Sa: Error estándar del intercepto; b: Pendiente; Sb:	

	Error estándar de la pendiente; $r^2$ : Coeficiente de determinación; SCE: Suma cuadrado del error).....	130
Tabla 27.	Resumen estadístico de la relación fecundidad parcial en función del peso corporal en hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , con gónadas hidratadas (a: Intercepto; Sa: Error estándar del intercepto; b: Pendiente; Sb: Error estándar de la pendiente; $r^2$ : Coeficiente de determinación; SCE: Suma cuadrado del error).....	130
Tabla 28.	Parámetros de la relación entre peso corporal (PC) y fecundidad de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para distintas investigaciones (a: Intercepto; b: Coeficiente de regresión; Sb: Error estándar de la pendiente; n: Número de hembras; $r^2$ : Coeficiente de determinación; ~: Valores aproximados según gráfico fecundidad en función del PC entregados por los autores). .....	133
Tabla 29.	Fecundidad promedio de las muestras analizadas en distintas investigaciones en hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> . CV: Coeficiente de variación; n: número de hembras.....	134
Tabla 30.	Resumen de la estimación de la fracción diaria de hembras desovantes de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , durante julio a octubre de 2006 (FPO: Folículos postovulatorio de día 1 y 2; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; n FPO: Hembras con FPO; n: Hembras totales; P: Probabilidad de Ho).....	136
Tabla 31.	Estadística de la distribución de huevos y larvas de merluza común, septiembre de 2006. ....	138
Tabla 32.	Fracción diaria de hembras desovantes, número y frecuencia de desove para especies del género <i>Merluccius</i> (FPO 1: Fracción de hembras con folículos postovulatorios de día 1; FPO 1+2: Fracción de hembras con folículos postovulatorios de día 1 y 2).....	176
Tabla 33.	Parámetros de la relación longitud total-peso total de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) por mes y sexo entre enero de 2001 y diciembre de 2007. ...	263
Tabla 34.	Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , proveniente de la Zona 1 en septiembre de 2006. ....	266
Tabla 35.	Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , proveniente de la Zona 2 en septiembre y noviembre de 2006. ....	266
Tabla 36.	Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , proveniente de la Zona 3 en septiembre y octubre de 2006. ....	267
Tabla 37.	Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , considerando las tres zonas en conjunto entre septiembre y noviembre de 2006. ....	267

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Desembarques (miles de toneladas) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre 1940 y 2006. Fuente: Servicio Nacional de Pesca.....	3
Figura 2. Evolución temporal del índice gonadosomático (IGS, %) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre enero de 2000 y diciembre de 2006. Fuente: Programa SIMEC, Instituto de Investigación Pesquera.....	5
Figura 3. Delimitación del área de estudio para la caracterización reproductiva de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ). Para límites de las zonas ver texto.....	11
Figura 4. Curva de tamaño de muestra respecto del error esperado en la estimación del IGS promedio mensual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ). .....	13
Figura 5. Mapa que ilustra la disposición de las transectas propuestas para el crucero ictioplanctónico en la zona sur del área global de estudio.....	40
Figura 6. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el área de estudio en 2001. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	68
Figura 7. Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en el área de estudio en 2001. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	69
Figura 8. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el área de estudio en 2002. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	70
Figura 9. Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en el área de estudio en 2002. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	71
Figura 10. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el área de estudio en 2003. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	74
Figura 11. Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en el área de estudio en 2003. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	75
Figura 12. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el área de estudio en 2004. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	76
Figura 13. Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en el área de estudio en 2004. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	77
Figura 14. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el área de estudio en 2005. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	80

Figura 15.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en el área de estudio en 2005. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	81
Figura 16.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el área de estudio en 2006. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	82
Figura 17.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en el área de estudio en 2006. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	83
Figura 18.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el área de estudio en 2007. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	85
Figura 19.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en el área de estudio en 2007. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.....	86
Figura 20.	Proporción sexual, medida como la proporción de machos, en las capturas mensuales de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre enero de 1997 y diciembre de 2007 (arriba) y anual entre 1997 y 2007. La línea roja representa 50%.....	88
Figura 21.	Evolución temporal de la proporción (%) de estados de madurez sexual de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en las capturas mensuales entre enero de 1997 y diciembre de 2007. EMS-1 = gris; EMS-2 = verde, EMS-3 = anaranjado claro; EMS-3A = anaranjado oscuro, EMS-4 (hidratado) = violeta; y EMS-5 = amarillo.....	89
Figura 22.	Evolución temporal de la proporción (%) de hembras maduras en las capturas mensuales de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre enero de 1997 y diciembre de 2007.....	90
Figura 23.	Evolución temporal del índice gonadosomático (IGS, %) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre diciembre de 1997 y diciembre de 2007, excluyendo el EMS 4 (hidratado).....	91
Figura 24.	Evolución temporal del índice gonadosomático (IGS, %) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre diciembre de 1997 y diciembre de 2007, excluyendo el EMS 4 (hidratado) y el EMS-5 (desovado). ....	92
Figura 25.	Evolución temporal del índice gonádico (IG, gr/cm <sup>3</sup> ) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre diciembre de 1997 y diciembre de 2007, excluyendo el EMS 4 (hidratado)(línea roja) y su comparación con el índice gonadosomático (IGS, %)(línea azul).....	93
Figura 26.	Evolución temporal del factor de condición (K, gr/cm <sup>3</sup> ) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre junio de 1997 y diciembre de 2007, para machos (línea azul) y hembras (línea roja). ....	94

Figura 27.	Evolución temporal del factor de condición ( $K$ , gr/cm <sup>3</sup> ) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre enero de 2004 y diciembre de 2007, para machos (línea azul) y hembras (línea roja).....	95
Figura 28.	Talla media de madurez sexual (TPMS, cm LT) en hembras de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre 1997 y 2006. Las barras verticales representan los intervalos de confianza.....	97
Figura 29.	Ojivas de madurez sexual en hembras de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre enero 1997 y 2007. El año 1998 aparece encubierto por el año 1997 y 1999, lo mismo que el año 2006 por el 2004.....	98
Figura 30.	Edad media de madurez sexual (EPMS, años) en hembras de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) entre enero 1997 y 2007. Las barras verticales representan los intervalos de confianza.....	100
Figura 31.	Distribución de frecuencias de talla mensual de las hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , utilizadas en el análisis de las gónadas en el año 2006.....	102
Figura 32.	Estadios de madurez sexual (EMS) en la merluza común <i>Merluccius gayi</i> , en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) durante el año 2006.....	103
Figura 33.	Frecuencia relativa de los estadios de madurez microscópicos (n = número de hembras) de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período julio a noviembre de 2006.....	104
Figura 34.	Distribución mensual de la incidencia de atresia ovárica de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período julio a noviembre de 2006.....	105
Figura 35.	Distribución de la incidencia de los estadios microscópicos por estrato de tallas de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período julio a noviembre de 2006.....	106
Figura 36.	Distribución del índice gonadosomático (IGS, %) por estadio de madurez microscópico y estrato de talla en hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período julio a noviembre de 2006.....	106
Figura 37.	Relación lineal entre el índice gonádico (IG) y el índice gonadosomático (IGS) de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , período julio a noviembre de 2006.....	107
Figura 38.	Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común <i>Merluccius gayi</i> , en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2006.....	108
Figura 39.	Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común <i>Merluccius gayi</i> , de las tres Zonas consideradas en septiembre del 2006.....	109
Figura 40.	Índice gonádico (IG) en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2006.....	110
Figura 41.	Índice gonádico (IGL) en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , de las tres Zonas consideradas en septiembre del año 2006.....	111

Figura 42.	Distribución de frecuencias de talla mensual de las hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , utilizadas en el análisis de las gónadas en el período marzo a mayo de 2007.....	112
Figura 43.	Estadios de madurez sexual (EMS) en la merluza común <i>Merluccius gayi</i> , en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2007. ....	113
Figura 44.	Frecuencia relativa de los estadios de madurez microscópicos (n = número de hembras) de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período marzo a mayo de 2007.....	114
Figura 45.	Distribución mensual de la incidencia de atresia ovárica de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período marzo a mayo de 2007. ....	114
Figura 46.	Distribución de la incidencia de los estadios microscópicos por estrato de tallas de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período marzo a mayo de 2007. ....	115
Figura 47.	Distribución del índice gonadosomático (IGS, %) por estadio de madurez microscópico y estrato de talla en hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para el área total, período marzo a mayo de 2007. ....	116
Figura 48.	Relación lineal entre el índice gonádico (IG) y el índice gonadosomático (IGS) de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , período marzo a mayo de 2007. ...	117
Figura 49.	Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2007.....	118
Figura 50.	Índice gonádico (IGL) en la merluza común <i>Merluccius gayi</i> , en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2007. ....	119
Figura 51.	Factor de condición (K1) en la merluza común <i>Merluccius gayi</i> , en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2006. ....	120
Figura 52.	Factor de condición (K1) en la merluza común <i>Merluccius gayi</i> , de las tres Zonas consideradas en septiembre del año 2006. ....	121
Figura 53.	Relación entre el estadio de madurez sexual (EMS) y el valor del índice gonadosomático (IGS) en merluza común <i>Merluccius gayi</i> . (A) año 2006; (B) año 2007. ....	122
Figura 54.	Ojiva de madurez sexual de la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , de la Zona 1 en el año 2006, con límites de confianza del 95%.....	124
Figura 55.	Ojiva de madurez sexual de la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , de la Zona 2 en el año 2006, con límites de confianza del 95%.....	124
Figura 56.	Ojiva de madurez sexual de la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , de la Zona 3 en el año 2006, con límites de confianza del 95%.....	125
Figura 57.	Ojiva de madurez sexual de la merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , para las tres Zonas consideradas en el 2006, con límites de confianza del 95%. ....	126
Figura 58.	Distribución de frecuencia de tamaños de ovocitos en distintos estadios de madurez ovárica en merluza común, <i>Merluccius gayi</i> . Cada distribución corresponde a una hembra individual. ....	128

Figura 59.	Relación entre la longitud total y la fecundidad parcial en hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , estimada sobre la base del estadio gonadal en maduración (núcleo migrante). Período septiembre a octubre de 2006.....	129
Figura 60.	Relación entre el peso corporal y la fecundidad parcial, estimada sobre la base del estadio gonadal en maduración (núcleo migrante). Período septiembre a octubre de 2006. ....	129
Figura 61.	Relación exponencial de la fecundidad parcial en función de la longitud total de hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , con gónadas hidratadas Período septiembre a octubre de 2006. ....	131
Figura 62.	Relación lineal de la fecundidad parcial en función del peso corporal de hembras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , con gónadas hidratadas. Período septiembre a octubre de 2006.....	131
Figura 63.	Ecuaciones lineales de fecundidad parcial en función del peso corporal estimadas por distintos autores en merluza común, <i>Merluccius gayi</i> . (Este estudio = 2006; Autores en Tabla 29).....	132
Figura 64.	Distribución del peso corporal de las muestras de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , con gónadas hidratadas utilizadas para la regresión de fecundidad parcial y de las muestras totales de los lances de julio a octubre de 2006.....	135
Figura 65.	Densidad de huevos (huevos en 10 m <sup>2</sup> ) de merluza común, <i>Merluccius gayi</i> , en septiembre de 2006. ....	137
Figura 66.	Densidad de larvas de merluza común (huevos en 10 m <sup>2</sup> ), septiembre de 2006. ....	139
Figura 67.	Disposición geográfica de las estaciones de muestreo (puntos rojos) de las condiciones oceanográficas del hábitat durante el crucero ictioplanctónico de merluza común en septiembre de 2006.....	140
Figura 68.	Evolución temporal de la temperatura superficial del mar (°C) para el área y período de estudio (14 al 19 de septiembre de 2006). ....	141
Figura 69.	Evolución temporal de la temperatura superficial del mar (°C) para el área y período de estudio (20 al 24 de septiembre de 2006). ....	142
Figura 70.	Evolución temporal de la concentración de clorofila-a para el área y período de estudio (14 al 19 de septiembre de 2006). ....	144
Figura 71.	Evolución temporal de la concentración de clorofila-a para el área y período de estudio (20 al 24 de septiembre de 2006). ....	145
Figura 72.	Imágenes satelitales mensuales de TSM (arriba) y clorofila-a (abajo) para el área y período de estudio (septiembre de 2006). ....	146
Figura 73.	Perfiles verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ), concentración de oxígeno disuelto (ml l <sup>-1</sup> ) y concentración de clorofila-a (mg m <sup>-3</sup> ) para las estaciones oceanográficas situadas en la zona norte (37°15'-38°45'S) del área de estudio.....	148

Figura 74.	Perfiles verticales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ), concentración de oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y concentración de clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) para las estaciones oceanográficas situadas en la zona sur ( $40^{\circ}0' - 41^{\circ}30'S$ ) del área de estudio. ....	150
Figura 75.	Diagramas TS para las zonas (a) norte ( $37^{\circ}15' - 38^{\circ}45'S$ ) y (b) sur ( $40^{\circ}0' - 41^{\circ}30'S$ ). ....	152
Figura 76.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 1 ( $41^{\circ}30'S$ ). ....	154
Figura 77.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 1 ( $41^{\circ}30'S$ ).....	155
Figura 78.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 2 ( $41^{\circ}00'S$ ) .....	156
Figura 79.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 2 ( $41^{\circ}00'S$ ).....	157
Figura 80.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 3 ( $40^{\circ}30'S$ ) .....	158
Figura 81.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 3 ( $40^{\circ}30'S$ ) .....	159
Figura 82.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 4 ( $40^{\circ}00'S$ ) .....	160
Figura 83.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 4 ( $40^{\circ}00'S$ ).....	161
Figura 84.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 6 ( $38^{\circ}45'S$ ) .....	162
Figura 85.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 6 ( $38^{\circ}45'S$ ).....	163
Figura 86.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 7 ( $38^{\circ}15'S$ ) .....	164
Figura 87.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 7 ( $38^{\circ}15'S$ ).....	165
Figura 88.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 8 ( $37^{\circ}45'S$ ) .....	166
Figura 89.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 8 ( $37^{\circ}45'S$ ).....	167
Figura 90.	Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 9 ( $37^{\circ}15'S$ ) .....	168
Figura 91.	Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 9 ( $37^{\circ}15'S$ ).....	169

Figura 92.	Aquiles Sepúlveda O., Director del Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) dando las palabras de bienvenida al Taller de Difusión. ....	183
Figura 93.	Asistentes al Taller. Desde la izquierda atrás: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1, 9. Al frente desde la izquierda: 10, 11, 12, 13. Presentador: Fernando Balbontín. ....	183
Figura 94.	Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 7, 10, 14 y 13.....	184
Figura 95.	Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 1, 2, 5 y 15.....	184
Figura 96.	Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 8, 6, 16, 17, 18 y 4.....	185
Figura 97.	Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 17, 18, 4, 7 y 10.....	185
Figura 98.	Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 12, 19, 2 y 3.....	186
Figura 99.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 1 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.....	222
Figura 100.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.....	223
Figura 101.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 2 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.....	224
Figura 102.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.....	225
Figura 103.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 3 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.....	226
Figura 104.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.....	227
Figura 105.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 2 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.....	228
Figura 106.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.....	229
Figura 107.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 3 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.....	230
Figura 108.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.....	231

Figura 109.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 1 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.....	232
Figura 110.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.....	233
Figura 111.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 2 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.....	234
Figura 112.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.....	235
Figura 113.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 3 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.....	236
Figura 114.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.....	237
Figura 115.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 1 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.....	238
Figura 116.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.....	239
Figura 117.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 2 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.....	240
Figura 118.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.....	241
Figura 119.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 3 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.....	242
Figura 120.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.....	243
Figura 121.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 1 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.....	244

Figura 122.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.....	245
Figura 123.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 2 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.....	246
Figura 124.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.....	247
Figura 125.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 3 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.....	248
Figura 126.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.....	249
Figura 127.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 1 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.....	250
Figura 128.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.....	251
Figura 129.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 2 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.....	252
Figura 130.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.....	253
Figura 131.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 3 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.....	254
Figura 132.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.....	255
Figura 133.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 1 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.....	256
Figura 134.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.....	257

Figura 135.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 2 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.....	258
Figura 136.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.....	259
Figura 137.	Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) en el Sector 3 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.....	260
Figura 138.	Composición de tamaños de merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.....	261

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva del stock de merluza común.

### **1.2. Objetivo Específicos**

- 2.1. Efectuar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la biología reproductiva de merluza común.
- 2.2. Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común (talla y edad de madurez sexual al 50%, época de desove, estadios de madurez sexual e índice gonadosomático) para una serie anual, con los registros recolectados en el marco del seguimiento y monitoreo de la pesquería.
- 2.3. Determinar la fecundidad modal, la frecuencia del desove, la talla y la edad de primera madurez sexual al 50%, la época de desove y el potencial reproductivo de merluza común en 2006.
- 2.4. Determinar la distribución vertical y mar afuera de los huevos y primeras larvas de la merluza común.
- 2.5. Analizar y comparar los resultados obtenidos desde una perspectiva histórica y discutir las implicancias futuras de los resultados obtenidos en 2006.

## 2. Antecedentes

El recurso merluza común (*Merluccius gayi gayi*, Guichenot, 1848), presenta una amplia distribución en la costa de Chile, encontrándose desde Arica (18°30' S) hasta el canal Cheap (47°08' S) (Martínez, 1976) en el área de la plataforma y el talud continental, en un rango batimétrico aproximado de 50 a 500 m (Cohen *et al.*, 1990; Lillo *et al.*, 1998). La merluza común es una especie de hábitos demersales, característica del ecosistema marino asociado al sistema de corrientes de margen oriental de la corriente de Humboldt (Bakun, 1985) y constituye la especie objetivo de la principal actividad extractiva de recursos demersales en la zona centro-sur de Chile, desarrollada tanto por el sector artesanal como el industrial.

La pesquería de merluza común es la más antigua desarrollada en el país, iniciándose a fines de los años 40 con desembarques cercanos a las 10 mil toneladas (tons), experimentando luego un crecimiento sostenido para alcanzar a mediados de los años cincuenta 90 mil tons, y un período de estabilidad que se mantuvo hasta inicio de los sesenta con desembarques de 80 mil tons. En los años sesenta, la pesquería presentó notorias fluctuaciones, destacando el año 1968 donde se produjo el máximo desembarque histórico que alcanzó a 128 mil tons, el cual no estuvo asociado a un incremento importante del esfuerzo de pesca sino más bien a un aumento de la disponibilidad del recurso. En la década del setenta se experimentó una fuerte declinación de los desembarques para luego alcanzar nuevamente un período de estabilidad a comienzos de los ochenta con desembarques de 30 mil tons. Desde mediados de los ochenta la pesquería entró en una nueva fase de crecimiento, hasta alcanzar un segundo máximo histórico en el año 2001, a partir del cual los desembarques decaen gradualmente en los años 2002 y 2003, y drásticamente hacia el año 2006 (Figura 1).

La actividad extractiva de merluza común se realiza entre las regiones IV a IX, entre el límite del área reservada a la pesca artesanal (ARPA) y el talud continental que aproximadamente coincide con el veril 500 m de profundidad. Las capturas de merluza común son destinadas al consumo humano directo, principalmente aquellas provenientes de embarcaciones artesanales de la V y VIII Regiones, así como de embarcaciones industriales pequeñas. Otra parte de las capturas globales son destinadas a la elaboración de productos congelados exportados a diversos mercados internacionales.

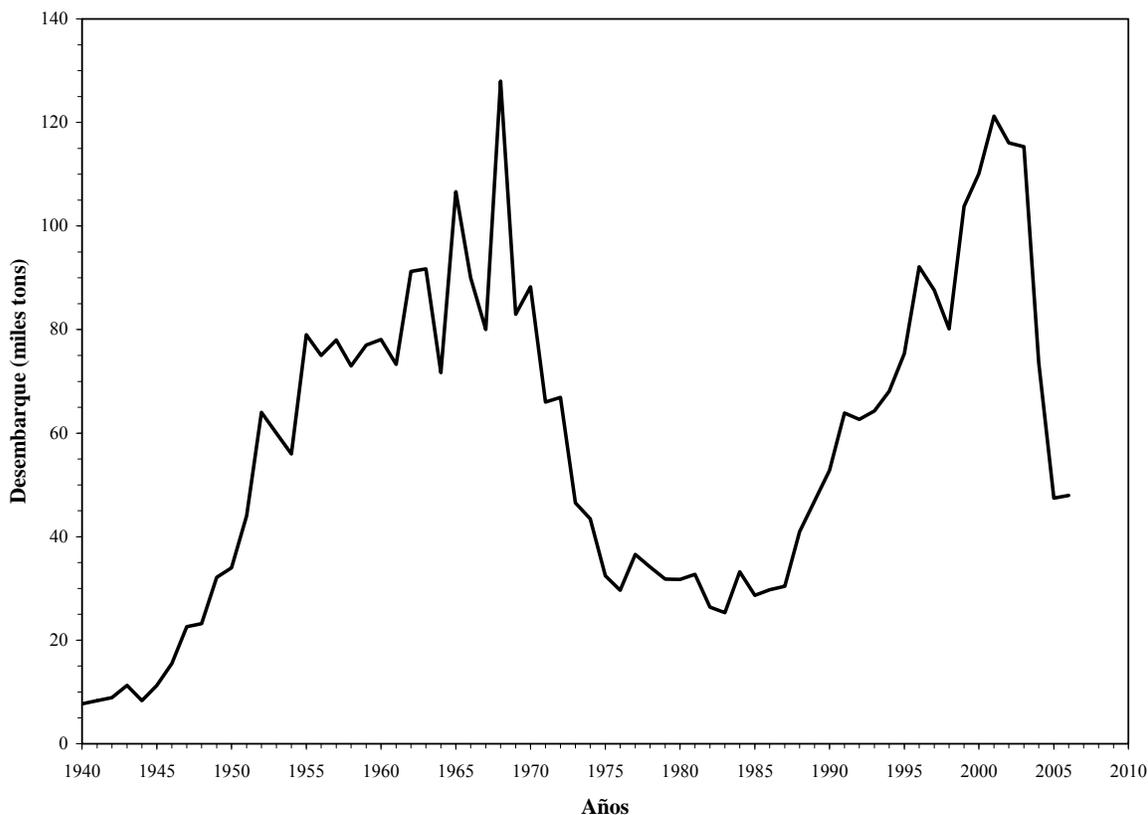


Figura 1. Desembarques (miles de toneladas) de merluza común (*Merluccius gayi*) entre 1940 y 2006. Fuente: Servicio Nacional de Pesca.

Respecto de la biología de la especie, la talla de primera madurez sexual ha sido estimada principalmente para las hembras, presentando variaciones entre años y a través de su rango latitudinal de distribución, pero también de acuerdo al método empleado en su estimación (Poulsen, 1952; Balbontín & Fischer, 1981; Alarcón & Arancibia, 1993; Balbontín, 2002; Tascheri *et al.*, 2002). Estimaciones con una mayor extensión temporal, empleando datos macroscópicos de madurez sexual, recopilados desde las capturas industriales (13 o 19 años dependiendo del estudio, permiten calcular un valor promedio de 39 cm. de longitud total (LT)(Payá *et al.*, 1998; Tascheri *et al.*, 2003), coincidente con el estimado de Cerna & Oyarzún (1998) y que corresponde a una edad de 3,5 años. Para el caso de los machos y en base a estimaciones que emplearon datos obtenidos desde la flota comercial durante el período

1983-1993, esta correspondería en promedio a 33 cm. LT, lo que equivale a ejemplares de 3 años de edad (Payá *et al.*, 1997).

Mediante el análisis histológico se ha demostrado la presencia en esta especie de un ovario típicamente asincrónico, en correspondencia con su facultad de poder desovar más de una vez en una misma estación reproductiva (también denominado desovador múltiple) (Balbontín & Fischer, 1981; Herrera *et al.*, 1988). Al igual que otros desovadores múltiples, presenta un ciclo reproductivo prolongado, siendo posible encontrar hembras sexualmente maduras y la presencia de huevos y larvas de esta especie, durante todo el año (Alarcón & Arancibia, 1993; Bernal *et al.*, 1997). A pesar de ello, la actividad reproductiva se concentra temporal y espacialmente ya que sobre la base de datos tanto de ictioplancton, como de estados de madurez sexual, determinados macro o microscópicamente, y la evolución temporal del IGS, se ha descrito un período reproductivo principal, con un máximo de actividad de desove entre julio y noviembre (Balbontín & Fischer, 1981; Alarcón & Arancibia, 1993; Bernal *et al.*, 1997) y un período de desove secundario, entre diciembre y febrero (Balbontín & Fischer, 1981; Alarcón & Arancibia, 1993), éste último, dependiendo del rango latitudinal de la toma de muestras (Balbontín & Fischer, 1981; Tascheri *et al.*, 2003)(Figura 2).

Estudios del ictioplancton, señalan que los huevos y larvas de merluza común se distribuyen entre Antofagasta (23°39'S) y Chiloé (44°00'S) (Rojas *et al.*, 1983; Bernal *et al.*, 1997). Sin embargo, los principales centros de desove han sido observados entre Punta Papudo (32°30' S) y San Antonio (33°35'S) y entre Constitución (35°20') y San Vicente (37°00'S), con una mayor abundancia en agosto y septiembre (Bernal *et al.*, 1997). Estas áreas coinciden en parte y se complementan, con la información obtenida a partir de muestras recopiladas en cruceros de evaluación acústica de la abundancia del stock (Braun *et al.*, 1999, 2001), en donde se pueden reconocer otras áreas de concentración de huevos, entre los paralelos 29°40'S y 31°40'S, 38°00'S y 39°15'S, entre los 39°30'S y el paralelo 40°00' y entre el paralelo 40°00'S y los 41°25'S.

Estas zonas y la mayor abundancia de huevos, se corresponden bastante bien con aquellas identificadas utilizando las frecuencias de estados de madurez sexual macroscópicos e índice

gonadosomático, observados en ejemplares adultos y registrados tanto en cruceros de evaluación directa como a partir de las capturas comerciales (Avilés, 1979; Gálvez *et al.*, 1999), aunque por estos dos últimos métodos (EMS e IGS) los resultados indican que el período de desove sería más extenso (Balbontín & Fischer, 1981). En Coquimbo, por ejemplo, la época de desove principal se inicia en julio; en cambio en San Antonio y San Vicente se inicia en agosto. El término del desove se ha estimado en noviembre. Diversos autores han mencionado la existencia de un desove secundario en verano o comienzos del otoño, el que presentaría cierta variabilidad de acuerdo a la zona geográfica y a los grupos de tamaño involucrados (Balbontín & Fischer, 1981).

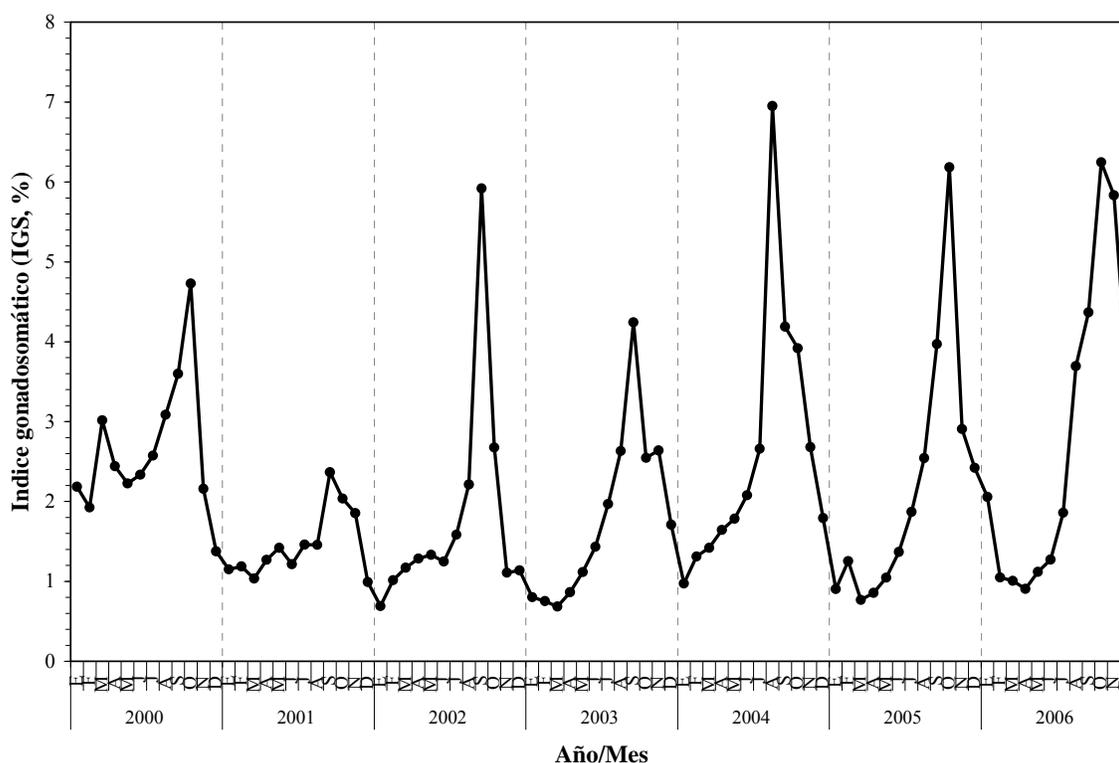


Figura 2. Evolución temporal del índice gonadosomático (IGS, %) de merluza común (*Merluccius gayi*) entre enero de 2000 y diciembre de 2006. Fuente: Programa SIMEC, Instituto de Investigación Pesquera.

La distribución vertical de los huevos alcanza al menos hasta los 100 m en Talcahuano (Vargas & Castro, 2001). Las observaciones realizadas en otras especies del género *Merluccius* y en particular en *M. productus* de las costas de California, permiten concluir que el desove ocurre en profundidad, incluso bajo los 200 m pero con mayores abundancias entre los 50 y 150 m (Moser *et al.*, 1997).

Longitudinalmente, la distribución de huevos es costera, revelando un desove típicamente nerítico (Rojas & Blanco, 1981; Rojas *et al.*, 1983). Los huevos y larvas de merluza común, se presentan en aguas estratificadas en y bajo la termoclina (Rojas & Blanco, 1981; Braun *et al.*, 1999). Un análisis de los procesos que determinan el ambiente físico de las principales zonas de desove de este recurso, se encuentra en Montecinos & Balbontín (1993) (zona comprendida entre Los Vilos y Valparaíso; 31°56' - 33°02'S) y Arcos *et al.* (1996) (zona comprendida entre los paralelos 36°S y 37°30'S).

Como la mayoría de las especies del género, los juveniles de merluza común generalmente se observan en aguas costeras, mientras que los peces grandes se distribuyen en aguas más profundas, este patrón se distorsiona durante la época de desove, cuando ejemplares maduros sexualmente, se acercan a la costa a desovar (migraciones batimétricas; Alheit & Pitcher, 1995; Avilés, 1979; Lillo & Rojas, 1999). Adicionalmente, la merluza común realiza diariamente una migración vertical, en la que durante el período diurno permanece sobre el fondo o ligeramente levantado de este, formando cardúmenes más o menos densos. Durante la noche y el crepúsculo se levanta y se dispersa en la columna de agua, alejándose del fondo (Vestnes *et al.*, 1965; Guzmán *et al.*, 1981; Lillo & Rojas, 1999).

Los estudios orientados a determinar el estado reproductivo del stock utilizan comúnmente índices gonádicos y escalas apreciativas del grado de desarrollo de las gónadas. Estos estadios corresponden a características macroscópicas y microscópicas definidas y que son homologables entre las diferentes especies de merluza (Foucher & Beamish, 1977; Herrera *et al.*, 1988; Balbontín & Bravo, 1993a). Por otra parte, se ha planteado que en la merluza común existe un desove parcelado o por modas evidenciado por la presencia en el ovario en maduración de varias modas de tamaño de ovocitos en vitelogénesis y por la observación de

un escaso número de ovocitos hidratados, con gota oleosa y en reabsorción, los que corresponden a remanentes de un desove previo o reciente (Balbontín & Fischer, 1981). Estas características no son detectables con las escalas apreciativas macroscópicas de la madurez sexual ni con los índices gonádicos y suele confundirse con gónadas en maduración. Por lo tanto, para determinar con mayor exactitud la intensidad del proceso reproductivo, debe efectuarse un análisis microscópico de las gónadas (Herrera *et al.*, 1998).

La talla 50% de primera madurez sexual es un parámetro que puede variar en el tiempo. Existe una plasticidad en las poblaciones de peces que se manifiesta en cambios en la edad y talla de la primera madurez junto con los cambios en la tasa de crecimiento (Stearns & Crandall, 1984). Además, en la merluza común se han observado cambios latitudinales en esta talla. Para Coquimbo, se estimó en 32,3 cm. LT, para San Antonio 36,2 cm. LT y para San Vicente 39,4 cm. LT (Balbontín & Fischer, 1981). En otros estudios realizados con muestras recolectadas entre Constitución e isla Mocha se obtuvo una talla de primera madurez de 37,9 cm. LT (Alarcón & Arancibia, 1993) y con muestras de Talcahuano, una talla de 38,9 cm. LT (Cerna & Oyarzún, 1998).

Algunos de los cambios que pueden producirse en las estrategias reproductivas de los peces se reflejan en el número de tandas de desove en la temporada de desove y en la fecundidad (Trippel *et al.*, 1997). Un cambio en estos parámetros producirá un cambio en la producción de huevos del stock desovante. En la merluza común se han realizado en diferentes años determinaciones de fecundidad (Balbontín & Fischer, 1981; Alarcón & Arancibia, 1993; Cerna & Oyarzún, 1998, Lillo *et al.*, 2002; 2005). Al comparar las determinaciones de fecundidad interanuales, se observan variaciones dentro de un rango relativamente estrecho; sin embargo, la comparación de resultados obtenidos con muestras de 1965 y de 1992, mostró cambios significativos en este parámetro en el tiempo y entre localidades (Balbontín & Bravo, 1993b).

A partir de 2003, se comenzaron a observar importantes cambios en el stock de merluza común en la zona centro-sur de Chile, tanto en su composición etaria, en su abundancia como en su distribución latitudinal y batimétrica. Los cambios observados estarían afectando la

duración de la época de desove y otros aspectos relacionados con la biología reproductiva del recurso (SUBPESCA, 2005). Esta situación hizo que el Consejo de Investigación Pesquera, teniendo presente lo informado por la Subsecretaría de Pesca, decidiera contar con nuevos antecedentes técnicos para la evaluación de las medidas de manejo aplicables a la merluza común, dando lugar al presente estudio.

### **3. Aspectos Metodológicos**

#### **3.1. Diseño general de muestreo**

Para el cumplimiento del objetivo general de este estudio según las Bases Especiales, el seguimiento de la condición reproductiva de merluza común proviene de muestras colectadas por técnicos muestreadores del Instituto de Investigación Pesquera a bordo de naves industriales de la flota arrastrera merlucera de la zona centro-sur, en el marco del Sistema de Información de Merluza Común (SIMEC) que mantiene la institución.

Al respecto, el Instituto de Investigación Pesquera, a través de su Sistema de Información de Merluza Común (SIMEC) mantiene una vigilancia permanente de la ésta pesquería, disponiendo de información georreferenciada de las capturas de merluza común, y su fauna acompañante, en toda el área de operación de la flota arrastrera, la que en el año 2006 abarcó desde San Antonio a 42°50'S, y que según los desembarques mensuales en el año 2006 (SERNAPESCA, 2005), corresponde a la principal área de extracción del recurso. El programa SIMEC del Instituto de Investigación Pesquera tiene una cobertura cercana al 70% de las naves arrastreras industriales de la VIII Región, lo que ha permitido una amplia cobertura espacial en la toma de información a bordo. La colecta de información biológica y reproductiva del período a bordo fue de carácter mensual, colectada por al menos 5 observadores científicos permanentemente embarcados.

#### **3.2. Zona y época de estudio**

La zona de estudio es aquella comprendida entre Valparaíso (33°S) y 41°30'S, que corresponde al área donde se concentró la actividad extractiva de merluza común tanto de la flota artesanal, como de la flota arrastrera industrial. La elección del área de estudio se debió a que: (1) para la toma de información mensual se utilizó embarcaciones de oportunidad, esto es, se embarcaron técnicos muestreadores a bordo de naves industriales y/o artesanales para colectar las muestras que cada objetivo específico requiere; (2) las restricciones presupuestarias que impone el presupuesto indicativo del proyecto hace imposible contratar embarcaciones

que realicen cruceros mensuales fuera del área ya indicada; (3) la distribución espacial de la abundancia de merluza común según los resultados alcanzados en la evaluación hidroacústica del recurso en agosto de 2004 se concentra en el área seleccionada (Lillo *et al.*, 2005); y (4) las diferencias entre el ancho de la plataforma continental, siendo más ancha al sur del Cañón del Bio-Bio, que al norte de éste.

A su vez, el área de estudio se dividió en tres macrozonas (Figura 3), a saber:

- i)* Una región norte, desde 33°S (Valparaíso) a Constitución (35°15'S),
- ii)* Una región central, desde Constitución a la boca sur del Golfo de Arauco (Punta Lavapié, 37°05'S)
- iii)* Una región sur, desde Punta Lavapié a 41°30'S.

En cada una de las zonas, los muestreos fueron de tipo aleatorio. La época de estudio comprendió un ciclo anual de muestreo, habiéndose iniciado formalmente en septiembre de 2006.

### **3.3. Cálculo tamaño de muestra**

En el cálculo de tamaño de muestra para caracterizar la condición reproductiva de merluza común en cada fracción del área de estudio se ha tomado como variable de referencia el índice gonadosomático (IGS), debido a que este está directamente relacionado con la actividad reproductiva. En la estimación del tamaño muestral, se ha considerado tanto la precisión del estimado, como el tipo de agregación de los ejemplares en la principal área de distribución del recurso. Estos aspectos son cubiertos en un diseño de muestreos por zonas para lo cual se determinó un tamaño de muestra basado en información de ejemplares muestreados a bordo de embarcaciones industriales entre enero y diciembre de 2005 en los que se determinó el IGS promedio mensual (Tabla 1). Se incluyó en la estimación la variabilidad en este índice reproductivo.

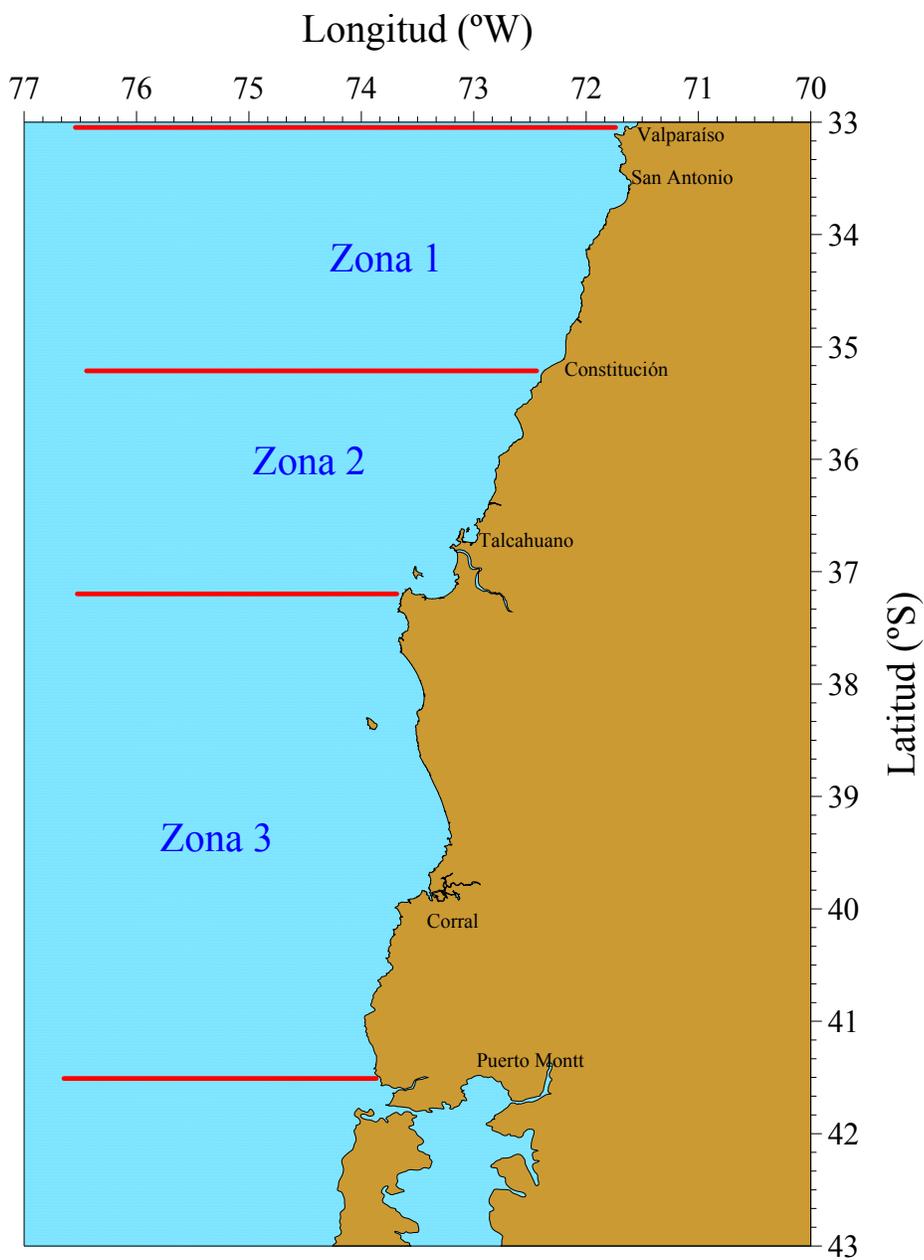


Figura 3. Delimitación del área de estudio para la caracterización reproductiva de merluza común (*Merluccius gayi*). Para límites de las zonas ver texto.

Tabla 1. Índice gonadosomático (IGS, %) promedio mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) entre enero y diciembre de 2005. DE(IGS) = desviación estándar del IGS, n = tamaño de muestra.

Mes	IGS	DE(IGS)	n
Ene.	1,059	0,966	409
Feb.	1,350	1,580	601
Mar.	0,896	1,122	1.182
Abr.	0,930	0,489	579
May.	1,188	0,990	1.369
Jun.	1,660	1,503	395
Jul.	2,088	2,442	393
Ago.	1,348	0,762	134
Sep.	3,845	3,184	738
Oct.	6,638	4,065	1.067
Nov.	3,398	2,743	964
Dic.	2,643	1,857	617

El enfoque propuesto para determinar el esfuerzo de muestreo se fundamentó en considerar que la distribución del promedio aritmético poblacional del IGS, asumiendo una distribución de tipo normal, y donde la media muestral del IGS y la desviación estándar de la muestra se encuentra dada por:

$$\bar{x} + \frac{t_{\alpha/2} \times s}{\sqrt{n}} > \mu > \bar{x} - \frac{t_{1-\alpha/2} \times s}{\sqrt{n}}$$

donde  $\mu$  es el promedio aritmético poblacional,  $\bar{x}$  es el promedio aritmético de la muestra,  $t$  corresponde al valor del límite de confianza de la distribución t-Student, el que a valores muestrales superiores a 100 se puede asumir igual a 1,96;  $n$  es el número de muestra,  $s$  es la desviación estándar, y  $\alpha$  es la probabilidad de error asociado con el límite de confianza (= 0,05).

Al despejar  $n$  de la ecuación anterior se obtiene una expresión para el número de estaciones suponiendo que el valor esperado para la media poblacional no difiere de un cierto porcentaje de error ( $d$ ) de la media aritmética muestral, *i.e.*

$$n = \frac{(t_{\alpha/2} \times s)^2}{(\bar{x} - \mu)^2} = \left( \frac{t_{\alpha/2} \times s}{d \times \bar{x}} \right)^2$$

Luego, considerando distintos niveles de error ( $d$ ), se encuentra que con un error entre 10% y 15%, el tamaño de muestra fluctúa entre 303 y 135 ejemplares. Por lo tanto, para la caracterización de la condición reproductiva de merluza común es suficiente un tamaño de muestra de 200 ejemplares hembras, correspondiente a un error esperado de 12,3% (Figura 4).

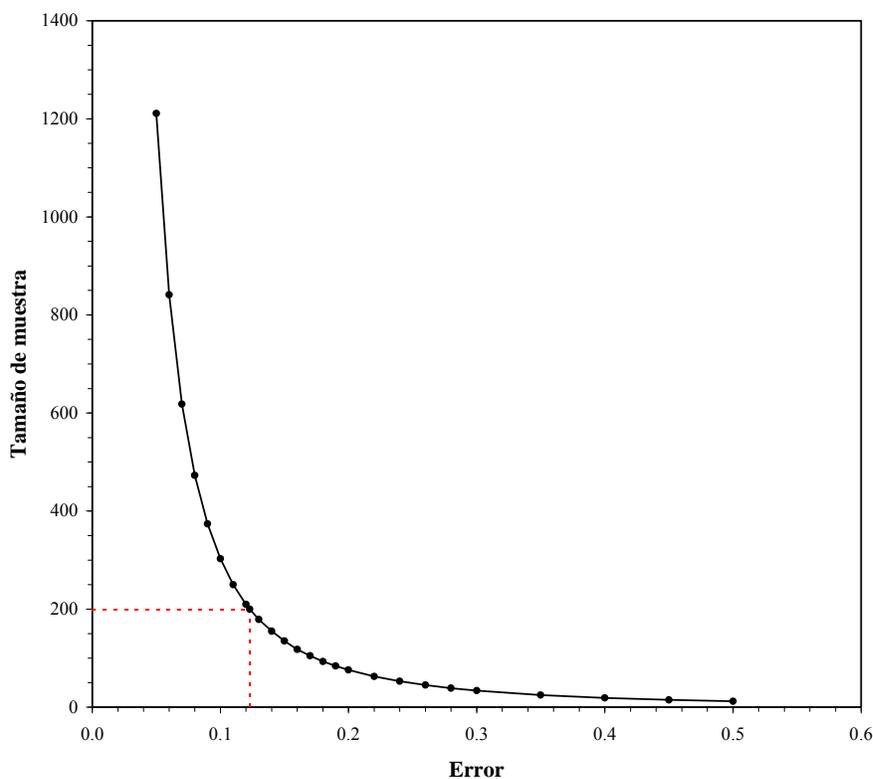


Figura 4. Curva de tamaño de muestra respecto del error esperado en la estimación del IGS promedio mensual de merluza común (*Merluccius gayi*).

### 3.4. Objetivo Específico 1

Efectuar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la biología reproductiva de merluza común.

Se realizó una búsqueda de información bibliográfica sobre aspectos reproductivos de la merluza común en distintos bancos de datos, entre los que se consideró a ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts), sostenido por la FAO ([www.fao.org](http://www.fao.org)), GLOBEFISH ([www.globefish.org](http://www.globefish.org)), oneFish ([www.onefish.org](http://www.onefish.org)), entre otros. Se incluyó en la búsqueda trabajos del ámbito de la literatura gris, como tesis e informes de proyectos, junto a una revisión de la base de datos del Fondo de Investigación Pesquera.

Cada uno de los trabajos revisados, previamente categorizados como (a) publicaciones científicas ISI (Institute for Scientific Information) o SCIELO (Scientific Electronic Library Online), (b) Reportes Técnicos, (c) Informes de Proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) o (d) trabajos de tesis, fue clasificado de acuerdo a su contenido en siete tópicos reproductivos: (1) indicadores reproductivos, (2) época de desove, (3) talla de primera madurez sexual (TPMS), (4) fecundidad (parcial, total o relativa), (5) frecuencia de desove, (6) distribución espacial de huevos y larvas (ictioplancton), y (7) histología de gónadas. Adicionalmente, se describe cada una de las publicaciones analizada de acuerdo al tópico principal abordado.

Por último, del análisis de la literatura revisada se construyó una matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común que consideró 11 aspectos fundamentales, a saber:

1. Descripción de las gónadas. Caracterización histológicas de las gónadas de merluza común y sus estados de maduración y desarrollo,
2. Tipo de desovante,
3. Época de desove,
4. Talla (media, mínima o modal) de madurez sexual,
5. Edad de madurez sexual,

6. Fecundidad relativa,
7. Fecundidad total,
8. Frecuencia de desove,
9. Foliculos post-ovulatorios (presencia, características, datación)
10. Zonas de desove, y
11. Distribución de huevos y larvas

y cuyo nivel de conocimiento fue categorizado en una escala de 5 valores, a saber: (a) bien conocido, (b) conocido, (c) medianamente conocido, (d) existe alguna información, y (e) completamente desconocido.

### **3.5. Objetivo Específico 2**

Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común (talla y edad de madurez sexual al 50%, época de desove, estadios de madurez sexual e índice gonadosomático) para una serie anual, con los registros recolectados en el marco del seguimiento y monitoreo de la pesquería.

#### **3.5.1. Fuente de información**

Para la determinación de los principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común en una escala anual, se cuenta con la información regular obtenida por el Instituto de Investigación Pesquera en el marco del Sistema de Información de Merluza Común (SIMEC), cuya base de datos se extiende desde enero de 1997 a noviembre de 2007. En la misma base de datos se incluye la información colectada en el marco de distintos proyectos de investigación propios del Instituto, así como de aquellos realizados para el Consejo de Investigación Pesquera.

#### **3.5.2. Composición de tamaños**

La composición por tallas mensuales en las capturas, se determinó de acuerdo a la suma de las frecuencias de tallas obtenidas de cada embarcación muestreada en el mes para cada fracción de la zona de estudio. Lo anterior fue posible debido a que la información colectada por el Instituto de Investigación Pesquera se encuentra georreferenciada.

Para la construcción de la composición de tamaños en las capturas de merluza común, por zona, dado que existe una alta variabilidad entre lances de pesca para un mismo período, a la frecuencia de tallas de cada embarcación muestreada se le asignó un peso o ponderador, que está dado por la razón entre la captura de la embarcación muestreada y el peso de la muestra medida; esto es

$$FP_i = \frac{C_i}{WM_i}$$

donde  $FP_i$  es el factor ponderador para las frecuencias de tallas que se estima del barco  $i$ ,  $C_i$  es la captura (toneladas) de la embarcación  $i$  muestreada y  $WM_i$  es el peso de la muestra obtenida de la embarcación  $i$ .

Por lo tanto, para una misma zona, la frecuencia mensual a una longitud dada está dada por la siguiente expresión

$$f_{t,j} = \sum_{i=1}^n f_{i,t,j} \cdot FP_i$$

donde  $f_{t,j}$  es la frecuencia de la longitud  $j$  en el mes  $t$ ,  $f_{i,t,j}$  es la frecuencia de la longitud  $j$  en el mes  $t$  del barco  $i$ ; y  $FP_i$  es el factor ponderador para el barco  $i$ , y  $n$  es el número total de frecuencias de tallas obtenidas durante el mes  $t$ .

El procedimiento descrito genera distribuciones de frecuencia de tallas insesgadas con respecto a la magnitud de las capturas de las embarcaciones muestreadas. Una vez obtenida la distribución de frecuencias de tallas para el mes  $t$ , el número de peces en las capturas por tallas o composición por tallas de las capturas se estima expandiendo la distribución de frecuencias de tallas a las capturas, según el siguiente factor de expansión:

$$FE_t = \frac{C_t}{\sum_{j=1}^n w_{j,t} \cdot f_{j,t}}$$

donde  $FE_t$  es el factor de expansión en el mes  $t$ ,  $C_t$  es la captura el mes  $t$  (toneladas),  $w_{j,t}$  es el peso promedio de los ejemplares de la clase de longitud  $j$  en el mes  $t$  que se obtiene de la relación talla-peso especie-específica; y  $f_{j,t}$  es la frecuencia de ejemplares de la clase de longitud  $j$  en el mes  $t$ .

El factor de expansión posteriormente se multiplica por cada una de las frecuencias de los ejemplares de cada clase de longitud para obtener la composición por tallas en las capturas.

### 3.5.3. Relación talla-peso

La relación longitud-peso en la mayoría de las especies marinas está definida por una ecuación de tipo potencial (medida con error) de la forma:

$$w = aL^b + \varepsilon$$

donde  $w$  es el peso,  $L$  es la longitud,  $a$  y  $b$  son constantes y  $\varepsilon$  es la medida de error.

El método de estimación a utilizado en el cálculo de los parámetros de la relación longitud-peso consiste en Mínimos Cuadrados No Lineales (MCNL), que se basa en minimizar la suma de los errores cuadráticos ( $S(\theta)$ ). Partiendo de la Ecuación General para Modelos No Lineales, de la forma:

$$y = f(\mathbf{X}_u; \Theta) + \varepsilon$$

Sea

$$S(\Theta) = \sum_{u=1}^n [y_u - f(\mathbf{X}_u; \Theta)]^2$$

La solución a tal ecuación se obtiene por la derivación del término dentro de la sumatoria respecto de cada parámetro que considera el vector de parámetros  $\theta$ .

$$S(\Theta) = \sum_{u=1}^n \left[ y_u - f(\mathbf{X}_u; \Theta) \left( \frac{\partial f(\mathbf{X}_u; \Theta)}{\partial \Theta} \right)_{\theta=\hat{\theta}} \right]$$

En el caso de la merluza común, la ecuación que describe la relación longitud estándar-peso,  $w = aLS^b + \varepsilon$ ,  $S(\theta)$  tiene la siguiente forma:

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^n \varepsilon^2 \qquad S(a, b) = \sum_{u=1}^n (w_u - aLS^b)$$

ya que  $f(w) = aLS^b$

$$\frac{\partial f}{\partial a} = LS^b \qquad \text{y} \qquad \frac{\partial f}{\partial b} = abLS^{b-1}$$

si  $a = a_j$  y  $b = b_j$  en la iteración  $j$ :

$$w_u - f_u^j = [LS_u^b] \cdot [a_{ju} - a_j] + [abLS_u^{b-1}] \cdot [b_{j+1} - b_j]$$

Como el resultado de esta ecuación no se puede encontrar mediante álgebra tradicional, se debe utilizar un método iterativo para estimar los parámetros  $a$  y  $b$ .

#### 3.5.4. Proporción sexual

La proporción sexual corresponde a la fracción de hembras o machos en la población. Por ejemplo, la proporción de hembras se calcula para cada lance como:

$$Ph_i = \frac{Nh_i}{(Nh_i + Nm_i)}$$

donde:  $Ph_i$  es la proporción de hembras en el lance de pesca  $i$ ;  $Nh_i$  es el número de hembras en la muestra del lance  $i$ ;  $Nm_i$  es el número de machos en la muestra del lance  $i$ .

### 3.5.5. Indicadores reproductivos

#### 3.5.5.1. Escala macroscópica de madurez sexual

La escala macroscópica de madurez sexual (Tabla 2) que se utilizó para la asignación de madurez de las gónadas de merluza común es aquella propuesta por Balbontín & Fischer (1981), utilizada posteriormente por Alarcón & Arancibia (1993), Cerna & Oyarzún (1998), Tascheri *et al.* (2006), entre otros:

Tabla 2. Escala de madurez sexual para merluza común (*Merluccius gayi*) según Balbontín & Fischer (1981). Cod. = es el código asignado al EMS en la base de datos del Instituto de Investigación Pesquera.

Cod.	Estado	Características
1	I Virginal	: Sexo Indeterminado, gónadas pequeñas, filiformes, generalmente juveniles < 24 cm.
2	II Inmaduro	: Comienzo de maduración de juveniles y reincidentes, ovario bien definido de color rosado claro, sin óvulos visibles al ojo desnudo. En ejemplares grandes es normal que el ovario en esta fase presente lumen claramente apreciable, pero su pared es más gruesa que en la fase V (indica reposo gonádico)
3	III Maduración	: Gónadas de gran volumen con óvulos visibles de color amarillo pálido, pero no translúcido, con escasa vascularización. Por lo general, el lumen desaparece cuando los óvulos alcanzan un diámetro (< 500 micrones). Ovario turgente.
4	IV Desovante o hidratado	: Ovario turgente con óvulos visibles y transparentes de color anaranjado. Al apretarlo escurren óvulos transparentes.
5	IIIa Maduración con desove reciente	: Ovario muy vascularizado y con óvulos visibles a simple vista, los que en pequeña proporción presentan una gota oleosa (de color verde amarillento), que corresponde a restos de un desove anterior reciente. En este caso la gónada es más flácida que en la fase III.
6	V Desovado y en regresión	: Ovario vacío, distendido, lumen amplio, muy flácido, de color rojizo de aspecto hemorrágico sin óvulos visibles. Este ovario pasa al estado II, inmaduro.

#### 3.5.5.2. Proporción de estados de madurez sexual

Se analizó la evolución temporal (mensualmente) de la proporción de cada uno de los estados de madurez sexual (EMS) en las capturas de merluza común para cada una de las fracciones del área de estudio consideradas en esta propuesta.

### 3.5.5.3. Índice gonadosomático

El índice gonadosomático se estimó como la razón entre el peso de la gónada y el peso del ejemplar sin vísceras, lo anterior con el propósito de eliminar el efecto del peso de la gónada en peso corporal. El índice gonadosomático o IGS corresponde a un estimador de razón que permite monitorear el proceso de desarrollo gonadal del recurso. Su evolución muestra los máximos de desove y períodos de reposo gonadal. La forma de estimación de IGS es como sigue:

$$IGS_i = \frac{wg_i}{wc_i} \times 100$$

donde  $IGS_i$  es el índice gonadosomático (%) de la hembra  $i$ ,  $wg_i$  es el peso de la gónada (g) y  $wc_i$  es el peso corporal sin vísceras. Para cada estado de madurez, el IGS se estimó como:

$$IGS_i^{EMS} = \frac{wg_i^{EMS}}{wc_i^{EMS}} \times 100$$

Se analizó la evolución temporal del IGS mensual considerando todas las hembras colectadas en el mes para cada zona de muestreo, esto es, considerando todos los EMS, así como descontando las hembras en estado hidratado (EMS IV).

### 3.5.5.4. Factor de condición

El factor de condición ( $K$ ), también denominado coeficiente de condición de Fulton mide la aptitud o bienestar del recurso en comparación con su tamaño. Este índice determina el estado fisiológico de un pez, incluyendo su capacidad reproductiva, y se calcula como la razón entre el peso corporal del individuo (peso sin vísceras) y su longitud cúbica. Asumiendo crecimiento isométrico ( $b = 3$  en la relación talla-peso), el factor de condición se calculó según la expresión:

$$K_i = \frac{wC_i}{LT_i^3} \times 100$$

donde  $K_i$  es el factor de condición de la  $i$ -ésima hembra en la muestra mensual,  $LT_i$  es la longitud total (cm),  $wC_i$  es el peso corporal (g), y el factor 100 sólo para evitar trabajar el índice con demasiados decimales.

Mientras más pesado es un pez para una longitud dada, mayor es su factor de condición  $K$ . Cambios en el factor de condición de un individuo pueden reflejar períodos de alimentación buenos o malos, enfermedades o un desove próximo.

#### 3.5.5.5. Índice gonádico

El índice gonádico (IG) es la relación entre el peso de la gónada y la longitud del individuo. De la misma manera que en el caso del IGS, se analizó la evolución temporal del IG mensual considerando todas las hembras colectadas en el mes para cada zona de muestreo, así como descontando las hembras en estado hidratado. El IG se calculó como:

$$IG_i = \frac{wg_i}{LT_i^b} \times 1000 \qquad IG_i^{EMS} = \frac{wg_i^{EMS}}{LT_{i,EMS}^b} \times 1000$$

#### 3.5.6. Época de desove

La época de desove se determinó a partir del análisis de la evolución temporal de los índices reproductivos. Al respecto, se analizó la evolución mensual de la proporción de los estados de madures sexual III, IIIa y IV, los que son indicadores de una alta actividad (EMS III), de un desove inminente (EMS IV) o de un desove reciente (EMS IIIa).

Adicionalmente, el crecimiento del IGS y del IG permite evaluar el crecimiento de la gónada, dando cuenta de una mayor actividad de la misma. De la misma manera, el decremento del

IGS indica que ha ocurrido un evento de desove (DeVlaming *et al.*, 1982; Erickson *et al.*, 1985; Alarcón & Arancibia, 1993). De la misma manera que con el IGS e IG, el factor de condición es un indicador de la época reproductiva de la especie. En tal sentido, a medida que se acerca la época de desove, el factor de condición tiende a disminuir debido que el organismo elabora más productos reproductivos (ovocitos) o vitelo que tejido óseo o muscular (West, 1990).

### **3.5.7. Talla y edad media de primera madurez sexual**

#### **3.5.7.1. Talla media de primera madurez sexual**

La talla media de primera madurez sexual (TPMS) o edad media (EPMS) se entiende como aquella talla o edad donde el 50% de los ejemplares se encuentra maduro. Para este propósito, a partir de la información disponible en las bases de datos del Instituto de Investigación Pesquera, se agruparon los datos de ejemplares maduros para cada época reproductiva principal determinada según lo indicado anteriormente (numeral 3.5.7). Se consideraron maduros aquellos ejemplares encontrados en los estados de madurez sexual III, IV, IIIa y V.

Los datos de madurez sexual tienen una distribución binomial, ya que un individuo puede estar maduro o inmaduro, y no presentan un rango continuo de valores. Por esta razón, el uso del análisis “probit” basado en estimaciones de mínimos cuadrados ha sido cuestionado por Welch & Foucher (1988), sobre la base de tres características indeseables de los residuos: (1) los residuos mayores son aquéllos que tienen menor tamaño de muestra; (2) la asimetría no se toma fácilmente en consideración; y (3) los residuos no se distribuyen normalmente. Estos problemas no están presentes cuando se utiliza el método de máxima verosimilitud para ajustar un modelo logístico de madurez, ya que el tamaño de muestra de cada grupo de talla es considerado explícitamente en la función de máxima verosimilitud. Por lo tanto, se utilizó esta metodología para ajustar el modelo logístico de madurez.

En la estimación de la longitud media de madurez sexual ( $LT_{50}$ ) que corresponde a la longitud estándar donde el 50% de las hembras se encuentran maduras, se utilizó el ajuste mediante la

Función Logística. La expresión que describe la curva de madurez según la función logística es:

$$P_{(l)} = \frac{1}{1 + e^{(\beta_1 + \beta_2 * l)}}$$

donde  $P(l)$  es la proporción de individuos maduros a la longitud  $l$ ;  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los coeficientes de posición de la función logística (constantes).

Posteriormente, el cálculo de la talla de la primera madurez deriva de la siguiente expresión que representa la talla a una proporción de madurez dada:

$$l_p = \frac{1}{\beta_2} \ln\left(\frac{1}{P} - 1\right) - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

donde los parámetros  $\beta_1$  y  $\beta_2$  fueron definidos previamente,  $P$  corresponde a la proporción de madurez y  $l_p$  representa la longitud a una proporción de madurez dada (Hosmer & Lemeshow, 1989). Con la expresión anterior es posible determinar la talla de primera madurez sexual utilizando para ello el criterio  $LT_{50\%}$ , asumiendo entonces que  $P = 0,5$ , por lo que la expresión anterior se simplifica y queda reducida a:

$$l_{50\%} = - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Finalmente, el intervalo de confianza asintótico fue obtenido utilizando el método “Bootstrap percentil”, a través de la técnica de simulación Monte Carlo incluida en el algoritmo MATSIM (Roa *et al.*, 1999).

### 3.5.7.2. Edad media de primera madurez sexual

Para analizar la edad de primera madurez sexual (EPMS) en un contexto histórico se procedió a trabajar con la longitud total media (cm) a la edad, información que se incorporó a la ecuación determinada para su estimación. Por esta razón es que se consideró calcular la edad

de primera madurez (EPMS) utilizando ecuaciones de crecimiento que se han determinado para la especie merluza común.

En caso de analizar información de la década del 70 se cuenta con información de crecimiento de Aguayo & Ojeda (1987) que corresponden al periodo 1972-1978 para el área de distribución del recurso.

Para la década del 90 están las ecuaciones de crecimiento de Ojeda *et al* (1997) que corresponden a información de edad del periodo 1995-1996 para el área de distribución del recurso, obtenidas del estudio de longitud a la edad a partir de otolitos sagitales. En este caso, las longitudes medias a la edad que se incorporaron a la ecuación de la ojiva de madurez se estimaron con las ecuaciones de crecimiento estimadas por tales autores y cuyas expresiones son (para machos y hembras, respectivamente):

$$L_t = 52,8 \left[ 1 - e^{-0,36388(t+0,25606)} \right] \quad \text{machos}$$

y

$$L_t = 69,4 \left[ 1 - e^{-0,19578(t+0,65765)} \right] \quad \text{hembras}$$

Para los datos del año 2000 a 2005, se utilizaron las claves edad-talla obtenidas de lecturas de otolitos sagitales realizadas por Laboratorio de Cronobiología del Instituto de Investigación Pesquera.

La edad de primera madurez (EPMS) se estimó a partir del valor de la talla de primera madurez (TPMS) de hembras y de la ecuación inversa de von Bertalanffy representada por la siguiente expresión (Gulland, 1971):

$$t_{PMS} = \frac{1}{K} \cdot \ln \frac{LT_{\infty}}{LT_{\infty} - LT_{PMS}} + t_0$$

donde  $K$  y  $t_0$  son parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

### **3.6. Objetivo Específico 3**

Determinar la fecundidad modal, la frecuencia del desove, la talla y la edad de primera madurez sexual al 50%, la época de desove y el potencial reproductivo de merluza común en 2006.

#### **3.6.1. Toma de muestras**

Para dar cumplimiento al Objetivo Específico 4.3 de las Bases Especiales del Proyecto, las muestras para el análisis microscópico de la condición reproductiva de merluza común en el área de estudio para la época reproductiva principal del año 2006, fueron colectadas en septiembre en la Zona 1, septiembre y noviembre en la Zona 2, y julio, septiembre y octubre en la Zona 2. Al respecto, un muestreo realizado el 01 de noviembre en la Zona 3 se asimiló al mes de octubre.

En el caso del muestreo propuesto para la época reproductiva secundaria, las muestras se colectaron en abril y mayo de 2007 en la Zona 1, marzo y abril en la Zona 2, y marzo en la Zona 3.

A cada ejemplar se le midió la longitud total (LT, cm), el peso del cuerpo con una balanza de precisión de 10 g, y se le extrajeron las gónadas. Adicionalmente, se registró el estado macroscópico de madurez sexual según Balbontín & Fischer (1981) (Tabla 1) y se compararon con los estados de madurez propuestos por Balbontín & Bravo (1993a), descritos más adelante.

En el laboratorio, el muestreo de las gónadas consistió en abrir los ejemplares por incisión desde el ano hasta las aletas pectorales, procediendo a disecar y obtener los ovarios completos, los cuales fueron inmediatamente fijados en formalina al 10% buferada (introducidos completamente en el fijador en proporción 1:20 para evitar saturación del químico), la que se preparó según Santander *et al.* (1984), Hunter (1985), Oliva *et al.* (1989), Rojas & Oliva (1993), Oliva *et al.* (1998).

### **3.6.2. Época de desove y estadios de madurez sexual**

En el laboratorio se determinó el estadio de madurez sexual de acuerdo a las características macroscópicas y mediante el examen microscópico de trozos de las gónadas fijadas a bordo en formalina. Los trozos de gónada se disgregaron para posteriormente medir el diámetro de los ovocitos más desarrollados, determinar la presencia de ovocitos hidratados con gota oleosa y la posible existencia de algún grado de reabsorción, como también examinar el aspecto general del resto de los ovocitos. La medición del diámetro de los ovocitos más desarrollados, corresponde a uno de los métodos indicados por West (1990) para estimar el desarrollo ovocitario en peces. La escala apreciativa utilizada, se basa en la escala diseñada originalmente para merluza común y que posteriormente se complementó con datos sobre diámetro ovocitario (Balbontín & Fischer, 1981; Balbontín & Bravo, 1993). La escala consta de seis estadios (EMS), de acuerdo a la numeración utilizada por el Instituto de Investigación Pesquera, señalándose entre paréntesis la nomenclatura original (Tabla 3).

El inicio de la actividad gonádica se consideró sobre la base de la presencia de hembras en EMS-3 y por el incremento en el IGS. La época de desove se fijó tomando en cuenta la presencia de los EMS-3, junto a los EMS-4 y 5, sumado a altos valores relativos del IGS en los ejemplares sobre la talla de primera madurez sexual. El EMS-6 refleja la existencia de un desove reciente y su aumento indica el fin de la época de desove.

### **3.6.3. Índices reproductivos año 2006**

Los índices reproductivos de la época reproductiva principal 2006 y época reproductiva secundaria año 2007, se estimaron según lo expuesto anteriormente en los numerales 3.5.6.1 para la proporción de estados de madurez sexual, 3.5.6.2 para el índice gonadosomático (IGS), 3.5.6.3 para el factor de condición (K) y 3.5.6.4 para el índice gonádico. El pesaje de las gónadas se efectuó en el laboratorio con una balanza de 0,1 g de precisión.

Tabla 3. Escala de madurez sexual para merluza común, *Merluccius gayi*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín & Fischer (1981), modificada por Balbontín & Bravo (1993). Cod. = es el código asignado al EMS en la base de datos del Instituto de Investigación Pesquera.

Cod.	Estado	Características
1	(I) Virginal	: Ovarios pequeños, filiformes; sexo difícilmente discernible de manera macroscópica. El examen microscópico muestra la presencia de células germinales. En un estadio más avanzado son de color rosado claro, de sección tubular y con un diámetro máximo de los ovocitos menor que 0,18 mm.
2	(II) Inmaduro	: Ovarios claramente diferenciados, con paredes firmes, gruesas; color rosado claro o amarillo ocre. Ovocitos no visibles al ojo desnudo, de aspecto opaco, en vitelogénesis incipiente; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,38 mm.
3	(III) Maduración	: Ovarios turgentes, con escasa vascularización; color amarillo pálido; alcanzan un gran volumen. Ovocitos visibles a simple vista, en un amplio rango de tamaños, en vitelogénesis avanzada; diámetro máximo de los ovocitos inferior a 0,85 mm.
4	(IV) Desovante o hidratado	: Ovarios turgentes, a menudo con zonas traslúcidas; color amarillo a anaranjado pálido; en una fase avanzada, los ovocitos fluyen del ovario al presionar el abdomen. Ovocitos visibles al ojo desnudo, con el proceso de hidratación iniciándose; con o sin gota oleosa; diámetro de los ovocitos más diferenciados igual o mayor que 0,85 mm.
5	(IIIa) Maduración con desove reciente	: Ovario similar al estadio 3, turgentes o ligeramente flácidos; color amarillo pálido u oscuro. Diámetro de los ovocitos similar al estadio 3, pero además se distingue un número reducido de ovocitos hidratados con gota oleosa que corresponden al remanente de un desove parcial reciente. Estos ovarios pasan nuevamente al estadio IV.
6	(V) Desovado y en regresión	: Ovario flácido, con lumen grande; color rojizo; al final de este estadio las paredes se tornan gruesas y el color pasa a rosado amarillento. Sin ovocitos visibles a simple vista o bien ovocitos en número reducido en proceso de reabsorción. Estos ovarios pasan al estadio II.

#### 3.6.4. Talla media de madurez sexual (50%)

Se estimó para las tres zonas de muestreo y en la época principal de desove, sin incluir julio, agrupando las hembras de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de la frecuencia de los EMS. El reconocimiento de las hembras inmaduras y maduras se realizó sobre la base de los EMS. Para la determinación de la ojiva de madurez, se consideraron sexualmente inmaduros los peces en EMS 1 y 2. Los peces maduros fueron aquéllos en EMS 3, 4, 5 y 6, además de los peces en EMS 2 en que en los ovarios ya se había iniciado el proceso de

vitelogenesis. La estimación de la talla y edad media de madurez sexual y de la ojiva de madurez se realizó de acuerdo a la metodología descrita anteriormente en el numeral 3.5.8.1 de este documento.

### **3.6.5. Fecundidad modal y frecuencia del desove**

Del total de muestras procesadas para histología, 880 hembras correspondieron al período de máxima actividad reproductiva (julio-noviembre), las que provinieron de 29 lances positivos, y 154 al período secundario (marzo-mayo), obtenidas en 16 lances. Los ovarios se extrajeron por incisión media ventral entre el ano y aletas pectorales y se conservaron en formalina al 10% con buffer fosfato (Hunter, 1985) en proporción de volumen 1:20 tejido:fijador. Las muestras de ovario preservados en formalina neutralizada se enviaron al laboratorio donde se post-fijaron y procesaron a través de técnicas histológicas de rutina.

El procesamiento histológico consistió en la deshidratación de submuestras post-fijadas de tejido ovárico de 3 mm de grosor y la inclusión en paraplast. Los cortes de 5 micrómetros de espesor se tiñeron con hematoxilina y eosina. A las placas resultantes se les realizó la lectura y análisis histológico correspondiente, lo que permitió efectuar las estimaciones de los parámetros reproductivos.

Debido a algunas limitaciones que presentaron las muestras para histología, no se pudo establecer posibles variaciones latitudinales del desarrollo ovárico durante el período reproductivo principal y secundario, por lo que se procedió a realizar el análisis considerando el área total como unidad de análisis tanto para las muestras correspondientes al 2006 como al 2007. Utilizando el criterio de una escala de seis estadios para la merluza común, pero con caracteres histológicos, para el análisis de la actividad ovárica se consideraron hembras reproductivamente activas a aquéllas con estadios ováricos 3, 4 y 5; hembras inactivas en estadios 2 y 6, determinándose la actividad de desove en las hembras en EMS 4 y 5 (Tabla 4).

Además, se incluye en la Tabla 5 la escala para la clasificación de los estadios de desarrollo ovárico de nueve puntos utilizada en peces pelágicos, y asimilada a la merluza común. Por último, en la Tabla 6 se indica la equivalencia entre la escala de seis estadios con la de nueve.

Tabla 4. Caracterización histológica de estadios ováricos de merluza común *Merluccius gayi*.

Estado	Apariencia histológica del parénquima ovárico
1 Virginal	: Parénquima ovárico compuesto por nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo intersticial de donde destacan tabiques fibro-conectivos. Diámetro máximo de los ovocitos 180 $\mu\text{m}$ .
2 Inmaduro	: Ovarios con ovocitos no vitelados, desde inmaduros a vesiculosos. Los ovocitos inmaduros presentan escaso citoplasma finamente granular y altamente basófilo. Núcleo grande, central con un prominente nucleolo. Los ovocitos vesiculosos, de mayor desarrollo, muestran abundante citoplasma granular de menor basofilia con numerosas vesículas glicoproteicas perinucleares. Núcleo central con abundantes nucleolos periféricos. Diámetro máximo de los ovocitos inferior a 380 $\mu\text{m}$ .
3 En maduración	: Ovarios con ovocitos en vitelogénesis, desde parcialmente vitelado a tardío. La etapa temprana de depositación de vitelo muestra ovocitos con presencia de pequeños gránulos hasta cubrir las $\frac{3}{4}$ partes del citoplasma. En etapa tardía los ovocitos contienen un citoplasma cargado con grandes gránulos vitelínicos, desde la periferia hasta la región perinuclear. El núcleo mantiene la posición central con abundantes nucleolos. En estos los diámetros ovocitos no alcanzan las 850 $\mu\text{m}$ .
4 Maduro	: Ovarios con ovocitos en estado migrante del núcleo y ovarios en hidratación. Los primeros contienen ovocitos en fase terminal de la depositación de vitelo con el núcleo en posición excéntrica migrando hacia el polo animal de la célula. El ovario hidratado, desde el inicio de la incorporación de fluidos hasta su término hacia el citoplasma de los ovocitos carece de núcleo. Por la incorporación de fluidos los ovocitos incrementan considerablemente su tamaño. El citoplasma muestra placas de vitelo disuelto por el ingreso de fluidos quedando un aspecto hialino. Diámetro de los ovocitos es mayor o igual a 850 $\mu\text{m}$ .
5 Maduración con desove reciente	: Ovario similar al estadio 3, coexistiendo los ovocitos vitelados con los remanentes del desove. Se observan folículos postovulatorios que evidencian un desove parcial reciente. Estos ovarios pasan nuevamente al estadio 4. Los diámetros ovocitos no alcanzan las 850 $\mu\text{m}$ .
6 En regresión	: Parénquima ovárico disgregado, por ovocitos inmaduros de reserva y vitelados remanentes. Presencia de atresia alfa, beta y evidente irrigación. Eventualmente se pueden observar folículos post-ovulatorios viejos. Estos ovarios pasan al estadio 2.

Tabla 5. Estadios microscópicos del desarrollo de los ovarios de peces, de acuerdo a sus características histológicas, modificados por Herrera *et al.* (1996).

Estado	Apariencia histológica del parénquima ovárico
I Virginal	: El parénquima ovárico esta compuesto por numerosos nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo intersticial de donde destacan tabiques fibro-conectivo con un diámetro máximo de los ovocitos menor a 180 $\mu\text{m}$ .
II Inmaduro	: Lámelas repletas con ovocitos no vitelados rodeadas por delgadas células perifoliculares. Presentan ovocitos en estado de desarrollo inmaduro con escaso citoplasma finamente granular, altamente basófilo. Núcleo central (vesícula germinativa) con un prominente nucleolo central a excéntrico.
III Inmaduro vesiculoso	: Ovario con ovocitos no vitelados con nucleolos periféricos, previtelogénicos tardíos comienza la aparición de pequeñas vesículas en la periféricas citoplasmáticas. El diámetro máximo de los ovocitos inferior a 380 $\mu\text{m}$ .
IV Vitelado parcial	: Lámelas compuestas de ovocitos con evidente actividad vitelogénica. en fase temprana de la depositación de vitelo el que no alcanza las $\frac{3}{4}$ partes del citoplasma. Destaca en estos ovocitos la presencia de vesículas periféricas en un citoplasma finamente granular; núcleo grande y central, con múltiples nucleolos periféricos. La zona radiata es delgada y subyacente a células foliculares de poca altura.
V Vitelado	: Ovario con ovocitos cargados de de vitelo desde la periferia hasta la región perinuclear, con marcada acidofilia. La vesícula germinativa continúa en posición central y rodeada de nucleolos. La zona radiata está bien desarrollada, células foliculares cúbicas bajas. Su citoplasma es finamente granular ligeramente basófilo. En estos los diámetros ovocitos no alcanzan las 850 $\mu\text{m}$ .
VI Maduro migrante	: Ovario con presencia de ovocitos vitelados con núcleo migrante. Se caracterizan por encontrarse al termino de la depositación de vitelo y vesículas lipídicas que coalescen (2 a 3). El núcleo se presenta en posición excéntrica, migrante al polo animal, alto número de nucleolos periféricos, o bien periférico. Las células foliculares son cúbicas con un núcleo basal citoplasma claro de aspecto espumoso, areolar, ligeramente basófilo.
VII Hidratado hialino	: Ovario hialino, con ovocitos de gran diámetro y carente la vesícula germinativa por acción meiótica. Por la incorporación de fluidos el ovocito ha incrementado considerablemente su tamaño. Presente en el citoplasma se observa vitelo en dilución lo que le confiere un aspecto hialino. Las células foliculares y la zona radiata han perdido espesor. Diámetro de los ovocitos es mayor o igual a 850 $\mu\text{m}$ .
VIII En desove	: En el ovario co-existen folículos postovulatorios como remanente de desove reciente. Durante la época de desove estos ovarios pasan nuevamente al estadio IV o bien al estadio IX si se sobreviene el término del perío reproductivo. Los diámetros ovocitos no alcanzan las 850 $\mu\text{m}$ .
IX En regresión	: El parénquima ovárico muestra lámelas disgregadas, con ovocitos vitelados residuales y figuras atrésicas en diferentes grados. Presencia de abundante irrigación, el que evidencia una alta reabsorción de sus componentes, también se pueden observar folículos post-ovulatorios viejos. Estos ovarios pasan al estadio II.

Tabla 6. Equivalencia entre la escala de madurez sexual (EMS) de seis estadios de la merluza común, *Merluccius gayi*, con la escala histológica de nueve estadios descrita para peces pelágicos, modificada por Herrera *et al.* (1996).

EMS	Estadios microscópicos de peces pelágicos								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	X								
2		X	X						
3				X	X				
4						X	X		
5				X	X			X	
6									X

La frecuencia de desove se estimó aplicando los criterios desarrollados para la anchoveta *Engraulis mordax* por Hunter & Goldberg (1980) y para *Engraulis ringens* por Sánchez & Herrera (2006) como también los señalados por Macewicz & Hunter (1993) para *Trachurus symmetricus* los que se ajustaron para *Merluccius gayi*, bajo el supuesto que los cambios degenerativos que experimentan los folículos postovulatorios (FPO) de la merluza común son cronológicamente similares a los registrados en la anchoveta (tamaño, forma aparente, aspectos de las células de la granulosa y del lumen). Estos criterios permitieron diferenciar y establecer tres categorías de edad de los folículos postovulatorios: *i*) nuevo, *ii*) edad día 1 y *iii*) edad día 2, cuyas características citológicas como histológicas se presentan en la Tabla 7.

La fracción de hembras desovantes diaria se estimó sobre la base de 29 lances realizados durante el período reproductivo principal, no pudiendo estimarse este parámetro en el período secundario por no alcanzarse en el muestreo el número de hembras necesarias para esta estimación.

Los lances positivos se distribuyen en un ciclo completo de 24 horas y la edad de los FPO se puede determinar sólo hasta 56 horas después del desove debido a que los folículos de mayor edad pueden confundirse con otras estructuras tales como folículos en estado atrésico (Hunter & Goldberg 1980; Hunter & Macewicz 1980). En consecuencia se separaron dos grupos independientes de FPO de 24 horas: los del día 1 con edad entre 9 y 32 horas, y los del día 2

con edad entre 33 y 56 horas. Debido a su independencia, estos dos grupos se unen, logrando así duplicar el número de muestras (Alheit *et al.*, 1984).

Tabla 7. Caracterización histológica de los folículos postovulatorios (FPO) según Hunter & Goldberg (1980) para *E. mordax*; de Sánchez & Herrera, (2006) para *E. ringens*; Hunter & Macewicz (1993) para *T. symmetricus* ajustados para *Merluccius gayi*.

Edad	Apariencia histológica del parénquima ovárico
Nuevos (< 24 h)	: Folículos postovulatorios presentes en hembras en desove al momento de la colecta. Aspecto irregular formado por un epitelio columnar bien organizado, con numerosas involuciones y corrugaciones. Lumen amplio e irregular, con abundante material granular eosinófilo. Epitelio constituido por células cúbicas o cilíndricas bien delimitadas entre sí. Núcleo esférico y basal, con cromatina regularmente condensada. Citoplasma finamente granular, ligeramente eosinófilo. Escasa presencia de espacios vacíos tipo célula secretora intraepitelial, siendo éstas Alcían Blue débilmente positivo. Adyacente a la granulosa se ubican las células tecaes aplanadas e imbricadas.
Edad día 1 (> de 24 - < 48 h)	: Presentes en hembras que desovaron la noche anterior a la captura. Son más pequeños que los FPO nuevos, de aspecto glandular con ligera infiltración linfocitaria, lumen estrecho e irregular. Granulosa columnar, corrugada, con disposición lineal de las células foliculares, algunas de las cuales presentan signos de degeneración: núcleo picnótico, micropicnosis, de forma irregular, citoplasma vacuolado, pero mantienen la individualidad entre ellos. Se aprecian abundantes espacios vacíos intraepitelial que se tiñen intensamente con alcían blue.
Edad día 2 (> 48 h)	Estructura de aspecto glomerular con marcada degeneración celular. Epitelio desorganizado, perdiendo la disposición lineal de sus células. Lámina tecal hipertrofiada, capilares sanguíneos desarrollados. Lumen ocluido o ausente, células sin individualidad aparente y en avanzado estado degenerativo: forma irregular núcleos picnóticos, micropicnosis, citoplasma vacuolado, representando la fase terminal de degeneración del epitelio columnar. Abundantes espacios con material granular alcían blue fuertemente positivo. Notoria infiltración linfocitaria.

Suponiendo que el muestreo de hembras hidratadas o de hembras de edad de día 1 ó de día 2 no es sesgado, entonces la fracción de hembras desovantes por el lance  $i$  se estima por:

$$F_i = \frac{m_{hi}}{m_i} \sigma \frac{m_{1i}}{m_i} \sigma \frac{m_{2i}}{m_i}$$

donde  $m_i = m_{hi} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}$ , y cada uno de los términos son:

- $m_{hi}$  = Número de hembras hidratadas en el lance  $i$ .  
 $m_{1i}$  = Número de hembras de día 1 en el lance  $i$ .  
 $m_{2i}$  = Número de hembras de día 2 en el lance  $i$ .  
 $m_{ai}$  = Número de hembras que no han desovado entre las 9 y 56 horas (incluidas las hembras con FPO con una edad menor de 9 horas).  
 $m_i$  = Número de hembras maduras en el lance  $i$ .  
 $F_i$  = Fracción desovante en el lance  $i$ .

Para corregir el sub-muestreo o sobre-muestreo de hembras hidratadas y bajo la premisa de que la verdadera fracción de las hembras hidratadas es la misma que la fracción de las hembras del día 1 o día 2,  $m_{hi}$  se reemplaza por:

$$m_{hi} = \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2}$$

de tal forma que

$$F_{1i} = \frac{m_{1i}}{\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}}$$

ó

$$F_{2i} = \frac{m_{2i}}{\frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai}}$$

donde  $F_i$  es la fracción corregida de hembras con FPO de 9 a 32 horas de edad (hembras del día 1) ó 33 a 56 horas de edad (hembras del día 2) en el lance  $i$ . Los estimados para el promedio y la varianza son dados por:

$$\bar{F} = \frac{\sum (m_{1i} + m_{2i})}{2 \sum \left[ \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai} \right]} = \frac{\sum (m_{1i} + m_{2i})}{2 \sum m_{yi}}$$

$$V_{\bar{F}} = \frac{1}{n(n-1)} \sum \left( \frac{m_{y_i}}{\bar{m}} \right)^2 (F_{y_i} - \bar{F})^2$$

donde  $\bar{F}$  es la fracción promedio de hembras desovantes por día en todos los lances;  $m_{y_i} = \left[ \frac{m_{1i} + m_{2i}}{2} + m_{1i} + m_{2i} + m_{ai} \right]$  es el número corregido de hembras maduras en el  $i$ -ésimo lance;  $\bar{m}$  es el número corregido de hembras maduras en el  $i$ -ésimo lance; y  $n$  es el tamaño de muestra. Además,

$$\bar{m} = \sum \left( \frac{m_{y_i}}{n} \right)$$

La fecundidad se estimó de acuerdo al método gravimétrico descrito por Hunter & Goldberg (1980), Hunter *et al.* (1985), Santander *et al.* (1984), Oliva *et al.* (1989) y Rojas & Oliva (1993). Este método se basa en que los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y el número de éstos reflejará la fecundidad parcial, asumiendo que todos son desovados. Cabe mencionar, que las ventajas comparativas con otros métodos, es ahorro de tiempo en su conteo (rapidez en la determinación) y no hay dudas en la separación de las modas en los diagramas de frecuencia-tamaño de los ovocitos, debido a la diferencia de tallas de los ovocitos hidratados, los cuales se caracterizan por su gran tamaño, transparencia y consistencia blanda. Todos los ovarios recolectados como hidratados se sometieron a un examen histológico, descartando aquellos que tenían indicios de desove (presencia de FPO), seleccionando sólo aquéllos que con seguridad estaban hidratados e intactos.

El procedimiento técnico de conteo se inició con la absorción de líquido superficial del ovario con papel filtro, submuestreando la mitad más grande del ovario, tomando tres segmentos (regiones anterior, media y posterior) del tejido y que fueron de 0,2 gramos aproximadamente, asegurando una cantidad no inferior a 100 ovocitos hidratados por submuestra.

Las submuestras fueron pesadas en una balanza analítica con una precisión de 0,0001 gramos, posteriormente colocadas en una cápsula petri cubriéndolas con gotas de glicerina (33%) para ser contabilizados bajo microscopio estereoscópico.

El número promedio de los ovocitos hidratados de las submuestras (metodología descrita por Hunter *et al.* 1985), se utilizó para la estimación del número total de ovocitos hidratados del ovario (fecundidad parcial), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E_j = \bar{n} \cdot W_j$$

donde  $E_j$  es la fecundidad parcial (número total de ovocitos hidratados en el ovario),  $W_j$  es el peso húmedo del ovario (g), y  $\bar{n}$  es el número promedio de ovocitos hidratados por gramo de ovario.

Además del método de conteo de ovocitos hidratados, en el presente estudio se aplicó el método de la moda más avanzada, el que consiste en la construcción de distribuciones de frecuencia de tamaños de ovocitos en el ovario e identificación del grupo modal más avanzado, que se asume será evacuado en el siguiente desove. Para la medición de ovocitos se utilizó un análisis digital de imágenes a través del software “ImageJ”, en base a trozos de ovario que fueron disgregados y luego teñidos con Eosina para ser finalmente escaneados a resolución de 800 dpi. Este método asegura una precisión de 0,032 mm. Solamente ovarios en el EMS maduro (núcleo migrante) fueron utilizados para el cálculo de fecundidad.

De acuerdo a lo reportado por otros autores (Santander *et al.*, 1984; Rojas & Oliva 1993; Claramunt *et al.*, 1996; 1997; Oliva *et al.*, 1998; 2000) el mejor modelo es el que se relaciona con el peso corporal (peso total menos peso gónada). Esto se probó mediante análisis de regresión y pruebas estadísticas, las que definieron el modelo que explicó las variaciones de la fecundidad parcial, en el período de estudio. Se probaron los siguientes modelos:

$$Y'_{ij} = a + bx_{ij}$$

$$Y'_{ij} = a \cdot x_{ij}^b$$

$$Y'_{ij} = a \cdot b_{ij}^x$$

donde  $Y'_{ij}$  es la fecundidad parcial estimada de la hembra  $i$  en el lance  $j$ ;  $x_{ij}$  es el peso corporal (peso total menos peso ovario) de la hembra  $i$  en el lance  $j$ ; y  $a$  y  $b$  son los parámetros de los modelos (dependen de modelo).

La fecundidad media poblacional y su varianza se estimó siguiendo la metodología aplicada en el Método de Producción de Huevos, descrita por Hunter *et al.* (1985):

$$\bar{\bar{E}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \bar{E}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

donde  $\bar{\bar{E}}$  es la fecundidad media poblacional,  $\bar{E}_i$  es el promedio de la fecundidad parcial en el lance  $i$ ; y  $m_i$  es el número de peces muestreados en el lance  $i$ .

Dado que para el promedio se utiliza la fecundidad parcial estimada a través del modelo de regresión, es decir, cada estimado tiene su propia varianza asociada, entonces la estimación de la varianza de la fecundidad media poblacional se debe ajustar para incluir esta variación adicional.

$$\hat{V}(\bar{\bar{E}}) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2 \left[ \frac{(\bar{E}_i - \bar{\bar{E}})^2}{n-1} + \frac{s_h^2}{n_h} + (\bar{W}_i^* - \bar{W}_h^*) \hat{V}(\beta) \right]}{n \left( \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n} \right)^2}$$

donde:  $\bar{\bar{E}}$  : estimador de la fecundidad media poblacional  
 $\bar{E}_i$  : promedio de la fecundidad para el lance  $i$ .  
 $s_h^2$  : varianza de la regresión.  
 $n_h$  : número de hembras hidratadas utilizadas para ajustar la regresión.

- $\bar{W}_i^*$  : peso corporal promedio para el lance  $i$ .
- $\bar{W}_h^*$  : peso corporal promedio de hembras utilizadas en la regresión.
- $\hat{V}(\beta)$  : varianza de la pendiente de la regresión.
- $m_i$  : número de hembras en el lance  $i$ .
- $n$  : número de lances.

La fecundidad específica diaria de la población adulta se determina mediante el procesamiento de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, las cuales proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción de sexos.

### **3.7. Objetivo Específico 4**

Determinar la distribución vertical y mar afuera de los huevos y primeras larvas de la merluza común.

#### **3.7.1. Area y época de estudio**

La evaluación de la distribución espacial de la densidad de huevos y larvas de merluza común se realizó mediante un crucero ictioplanctónico sobre la base de un diseño de muestreo sistemático. El área de estudio para este objetivo específico correspondió a la zona sur del área global de estudio (Punta Lavapié a 41°30'S). La elección de esta área se basó en estudios previos realizados por Bernal *et al.* (1997) y en los cruceros hidroacústicos de merluza común realizados por el Instituto de Fomento Pesquero (Lillo *et al.*, 2002, 2003 y 2005), en los cuales se realizó una exploración de las principales zonas de desove de esta especie. Adicionalmente, es la que concentró la mayor actividad extractiva en el año 2005 (Tascheri *et al.*, 2006) y 2006 (SIMEC, Instituto de Investigación Pesquera).

El diseño de muestreo consistió de un muestreo sistemático en transectas con estaciones sobre las mismas. La grilla de muestro consistió de 18 transectas perpendiculares a la costa equidistantes en 15 mn. El límite occidental de las transectas se asoció al quiebre de la plataforma continental, por lo que la extensión longitudinal de éstas tuvo un límite variable. Las estaciones se iniciaron en la primera milla náutica y, desde ahí, hacia el océano cada 4 mn con lo que se consiguió 132 estaciones de muestreo (Figura 5).

El crucero de investigación fue realizado a bordo de la embarcación Albatros II, operado por la empresa Pesquera Bio-Bio. Este crucero se realizó en dos etapas, la primera, cubrió el extremo sur del área de estudio (transectas 10 - 18), y se desarrolló entre los días 14 y 17 de Septiembre de 2006. La segunda etapa, se ejecutó entre los días 21 y 24 de septiembre de 2006 y cubrió la zona norte del área de estudio (Tabla 8).

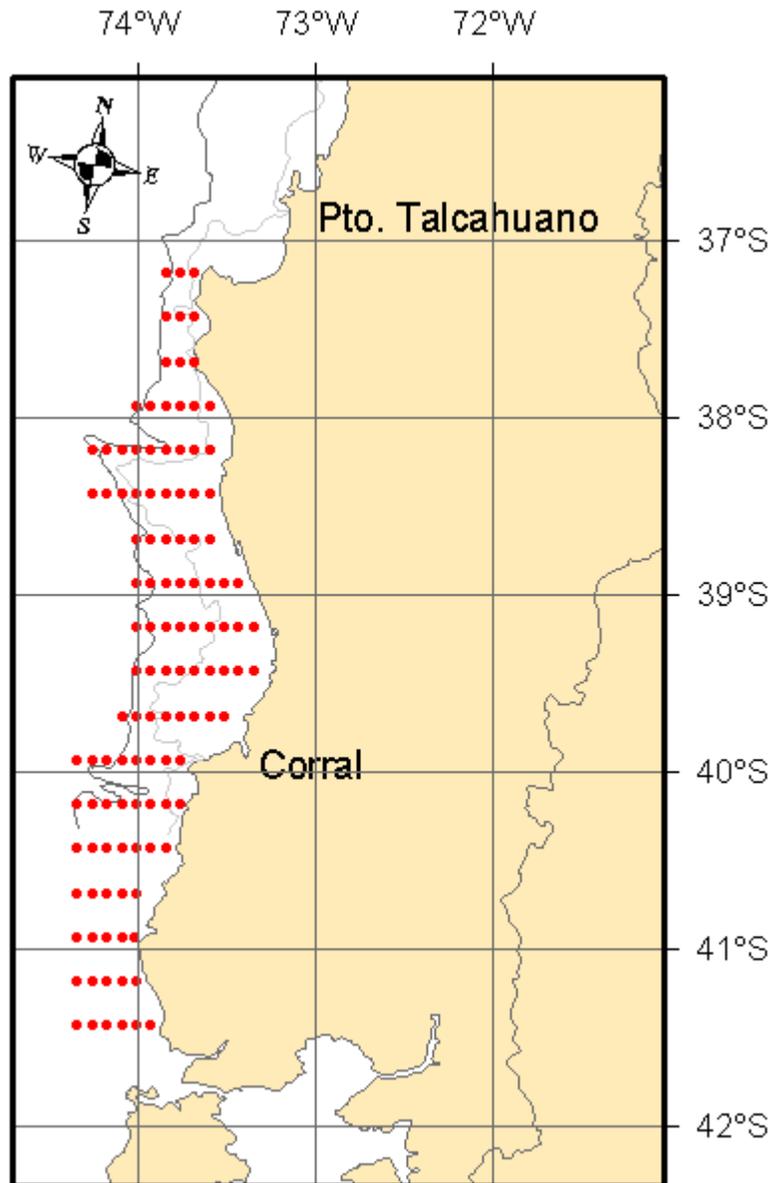


Figura 5. Mapa que ilustra la disposición de las transectas propuestas para el crucero ictioplanctónico en la zona sur del área global de estudio.

### 3.7.2. Muestreo de huevos y larvas

En cada estación, el muestreo de huevos y larvas se realizó a través de arrastres verticales, entre los 200 m de profundidad y la superficie ó 3 - 5 m desde el fondo para profundidades menores, mediante una red WP-2 de 303  $\mu$  de abertura de poro.

Tabla 8. Etapa, fecha de ejecución y número de estaciones por transecta del crucero ictioplanctónico en septiembre de 2006.

Etapa	Fecha	Transecta	Número estaciones
2	21-24 septiembre	1	3
		2	5
		3	4
		4	7
		5	9
		6	7
		7	8
		8	9
		9	10
1	14-17 septiembre	10	9
		11	9
		12	8
		13	8
		14	8
		15	8
		16	5
		17	6
18	9		
Número total de estaciones			132

La red fue bajada a una velocidad aproximada de 70 metros por minuto, mantenida 10 segundos en la profundidad máxima de muestreo e izada también a una velocidad de 70 metros por minuto. Durante el arrastre, el ángulo del cable fue determinado mediante un clinómetro manual, con el propósito de corregir la profundidad real de cada lance en función del ángulo de cable.

Durante la ejecución de cada arrastre vertical, se registró los siguientes datos básicos: Número de transecta y estación, fecha, hora, posición geográfica, profundidad de ecosonda, cantidad de cable arriado, ángulos del cable y duración del lance (tiempo de arriado y virado). Las muestras planctónicas fueron inmediatamente removidas del copo colector y trasvasiadas a frascos de 0,5 l de capacidad, debidamente etiquetados y fijados inmediatamente con una solución de formalina en agua de mar al 5%, tamponada con tetraborato de sodio.

### 3.7.4. Abundancia de huevos y larvas

En el laboratorio, las muestras planctónicas fueron analizadas en forma completa, separando y contando huevos y larvas de merluza desde la muestra total y separando tanto huevos como las larvas de otras especies de peces para su posterior identificación y recuento.

La densidad de huevos y larvas de merluza se estandarizó a número de individuos para una unidad de área estándar de 10 m<sup>2</sup>. Para ello, se midió el ángulo de cala de la red, que prácticamente no excedió los 15° debido al peso muerto que se utilizó para mantener la verticalidad de la operación. En estos casos, se determinó la longitud del cable necesaria para que alcanzara la profundidad deseada de 200 m. La distancia efectiva recorrida por la red fue multiplicada por el área de la boca de la red para estimar el volumen filtrado. Para llevar a la unidad estándar, el número de individuos por volumen se multiplicó por la profundidad de muestreo y por un factor de 10, *i.e.*

$$C = 10 \cdot \frac{d}{w} \cdot c$$

donde  $C$  es el número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m<sup>2</sup>),  $d$  es la profundidad máxima del lance ( $m$ ),  $w$  es volumen de agua filtrado (m<sup>3</sup>), y  $c$  es el número de huevos o larvas en la muestra de plancton.

La profundidad máxima del lance ( $d$ ), fue obtenida a partir de la siguiente expresión:

$$d = \cos(\alpha) \cdot L_0$$

donde  $L_0$  es la cantidad de cable arriado ( $m$ ),  $\cos(\alpha)$  es el coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrado ( $w$ ) se calculó por

$$w = Q \cdot t$$

donde  $Q$  es el volumen de agua filtrado por unidad de tiempo ( $m^3 \times s^{-1}$ ), y  $t$  es el tiempo empleado en el arrastre ( $s$ ). El valor de  $Q$  se calculó por

$$Q = V \cdot A$$

donde  $V$  es la velocidad de arrastre de la red expresada en  $m \times s^{-1}$ , y  $A$  es el área de la boca de la red ( $m^2$ ).

Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas de merluza se utilizó el programa SURFER 8.0.

### 3.7.5. Índices de abundancia de huevos y larvas

Se consideraron los siguientes índices para la abundancia de huevos y larvas de merluza común en el área de estudio:

#### a) Densidad promedio

Para la estimación de la densidad media del total de estaciones se utilizó el siguiente estimador:

$$\hat{D} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

donde  $\hat{D}$  es la densidad promedio de todas las estaciones,  $d_i$  es la densidad en cada estación, y  $n$  el número total de estaciones (positivas y negativas). La varianza,  $V(\hat{D})$ , de este estimador se determinó según la expresión:

$$V(\hat{D}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - \hat{D})^2$$

## b) Densidad promedio en estaciones positivas

Para estimar la densidad media de las estaciones positivas, se utilizó un estimador similar al anterior:

$$\hat{D}_{pos} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{pos}} d_{i,pos}}{n_{pos}}$$

donde  $\hat{D}_{pos}$  es la densidad promedio de las estaciones positivas,  $d_{i,pos}$  es la densidad en cada estación positiva, y  $n_{pos}$  el número total de estaciones positivas. La varianza,  $V(\hat{D}_{pos})$ , del estimador queda determinada según la expresión:

$$V(\hat{D}_{pos}) = \frac{1}{n_{pos}(n_{pos}-1)} \sum_{i=1}^{n_{pos}} (d_{i,pos} - \hat{D}_{pos})^2$$

### 3.7.6. Caracterización de la condición ambiental

En el área de estudio designada para el crucero ictioplanctónico, se analizó la condición climática durante la época de desove tanto en sentido vertical como horizontalmente. En esta zona, la evaluación de las propiedades físicas y químicas de la columna de agua, se efectuó sobre un muestreo sistemático en estaciones vinculadas a transectas perpendiculares a la costa, de distancia variable debido a que el límite longitudinal fue la posición del veril de 500 m.

#### 3.7.6.1. Colecta de datos y muestras

En el muestreo sistemático para oceanografía, las transectas estuvieron compuestas por un mínimo de 3 y un máximo de 8 estaciones de muestreo, dependiendo de la extensión longitudinal del veril de los 500 m de profundidad, límite occidental de las transectas de

muestreo. En cada una estación oceanográfica se obtuvo registros continuos de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y fluorescencia, hasta una profundidad máxima de 200 m ó de 5-10 m sobre el fondo de ecosonda para las estaciones someras. Para el registro vertical de estas variables se utilizó una sonda oceanográfica CTD Sea Bird 19plus.

### **3.7.6.2. Análisis de la información de campo**

El cálculo de la densidad del agua de mar fue realizado utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero & Poisson, 1981, UNESCO, 1981a, 1981b). A partir de la información validada se confeccionaron cartas de distribución horizontal de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y densidad, a nivel superficial y a las profundidades de 5, 50 y 100 m.

En este trabajo, el análisis vertical de las variables oceanográficas medidas se realizó a través de: a) secciones oceanográficas para cada una de las variables y en cada una de las 8 transectas realizadas y, b) perfiles verticales individuales para cada estación. Las masas de agua presentes en la zona de prospección fueron determinadas a través de la confección de diagramas TS.

### **3.7.6.3. Análisis de imágenes satelitales de TSM**

Para el mes de septiembre de 2006, las imágenes satelitales de temperatura superficial del mar y clorofila-a fueron obtenidas desde el Programa MODIS Aqua Level-3 Globales, con una resolución espacial de 4x4 Km., desde el sitio OceanColor Web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/ftp.html>). Las imágenes fueron escaladas y corregidas atmosféricamente con el software Matlab 6.1, para obtener finalmente valores de temperatura (°C) y clorofila ( $\text{mg m}^{-3}$ ) para la región costera y oceánica del área de estudio.

### **3.8. Objetivo Específico 5**

Analizar y comparar los resultados obtenidos desde una perspectiva histórica y discutir las implicancias futuras de los resultados obtenidos en 2006.

Los resultados alcanzados con el desarrollo de este estudio fueron analizados y comparados en una perspectiva histórica respecto de estudios anteriores financiados por el Fondo de Investigación Pesquera, y literatura científica con especial atención en:

- Índices de la conción reproductiva del recurso,
- Época de desove
- Talla de madurez sexual
- Fecundidad
- Fracción de hembras desovantes diarias

Finalmente, se discute de las implicancias de los resultados alcanzados respecto de la aplicación del Método de Producción Diaria de Huevos para el recurso merluza común y la estimación de su biomasa desovante.

## **4. Resultados**

### **4.1. Objetivo específico 1**

#### **4.1.1. Revisión bibliográfica**

La búsqueda de información bibliográfica sobre aspectos reproductivos de la merluza común permitió identificar 46 trabajos, de los cuales 26 corresponden a publicaciones en revistas científicas reconocidas por el **Institute for Scientific Information (ISI)**, la biblioteca electrónica **SciELO (Scientific Electronic Library Online)** y revistas nacionales. También se encontró 10 reportes técnicos, 9 de ellos correspondientes a Proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), y 10 trabajos de tesis (pre- y post grado)(Tabla 9).

Para cada uno de los trabajos revisados, se clasificó su contenido de acuerdo a siete tópicos reproductivos (Tabla 3), a saber:

1. Indicadores reproductivos
2. Epoca de desove
3. Talla de primera madurez sexual (TPMS)
4. Fecundidad
5. Frecuencia de desove
6. Distribución espacial de huevos y larvas
7. Histología de gónadas

Delfín (1903), en su estudio de la ictiología chilena, respecto de la biología reproductiva de merluza común hace referencia a que esta especie desovaría dos veces al año, señalando como límites del desove principal los meses de octubre-noviembre, y de la segunda postura o desove secundario, los meses de abril-mayo.

Poulsen (1952), estimó que el desove al menos ocurre desde principios de octubre hasta abril, concluyendo además que habrían dos períodos de desove: uno principal en los últimos meses del año y en enero y otro menor en abril o mayo. En el mismo estudio se señala que la proporción numérica entre machos y hembras es igual en peces inmaduros, en cambio, existe

una notoria desproporción en ejemplares en maduración, encontrándose cerca de 86% de hembras. Por otro lado, la talla media de madurez sexual de las hembras fue de 35 cm LT en Valparaíso y Papudo, y 40 cm LT en Concepción.

Tabla 9. Listado de publicaciones científicas, reportes técnicos y trabajos de tesis que abordan algún tópico relacionado con la biología reproductiva de merluza común (*Merluccius gayi*), ordenados por fecha de publicación. Los números del 1 al 7 corresponden a los tópicos reproductivos previamente individualizados.

Autor	Tópico						
	1	2	3	4	5	6	7
Publicaciones Revistas Científicas							
Delfín (1903)		X					
Poulsen (1952)		X	X				
De Buen (1958)		X	X	X			
Fischer (1959)						X	
Miranda (1966)	X	X					
Fischer & Balbontín (1970)				X			
Balbontín <i>et al.</i> (1978)	X						
Balbontín & Fischer (1981)	X	X	X	X			X
Rojas & Blanco (1981)	X	X					
Goldberg (1985)		X					X
Herrera <i>et al.</i> (1988)							X
Amin <i>et al.</i> (1989)							X
Alarcón & Arancibia (1993)	X	X	X	X	X		
Balbontín & Bravo (1993)	X		X	X			
Montecinos & Balbontín (1993)						X	
Aguayo (1995)	X	X	X				
Valenzuela <i>et al.</i> (1995)						X	
Vargas <i>et al.</i> (1996)						X	
Balbontín <i>et al.</i> (1997)						X	
Bernal <i>et al.</i> (1997)						X	
Cerna & Oyarzún (1998)	X		X	X			X
Balbontín & Bravo (1999)						X	
Vargas & Castro (2001)						X	
Alarcón <i>et al.</i> (2004)	X	X	X				
Landaeta & Castro (2006)						X	
Landaeta & Castro (submitted)						X	
Reportes técnicos, Informes FIP							
Rojas <i>et al.</i> (1983)						X	
Payá <i>et al.</i> (1994)	X	X	X				
Lillo <i>et al.</i> (1998)	X	X				X	
Tascheri <i>et al.</i> (1999)						X	
Lillo <i>et al.</i> (1999)	X	X	X			X	
Lillo <i>et al.</i> (2000)	X	X				X	

Tabla 9. Continuación.

Autor	Tópico						
	1	2	3	4	5	6	7
Lillo <i>et al.</i> (2001)	X	X				X	
Lillo <i>et al.</i> (2002)	X	X	X	X		X	
Lillo <i>et al.</i> (2003)	X	X	X	X		X	
Lillo <i>et al.</i> (2005)	X	X	X			X	
Tesis Pre, Post-Grado							
Sánchez (1959)	X	X	X				
Furet (1982)	X	X					X
Herrera (1986)	X						X
Valenzuela (1992)						X	
Alarcón (1993)	X	X	X	X	X		
Bravo (1993)						X	
Bernal (1994)						X	
Alvarez (1998)	X	X					
Alarcón (2001)	X	X	X	X			
Landaeta (2006)					X	X	

De Buen (1958), aborda varios aspectos de la historia de vida de la merluza común con datos colectados entre marzo de 1952 y noviembre de 1953. En este trabajo, también se presentan aspectos taxonómicos y distribucionales de las distintas especies que componen el género *Merluccius* con descripción de caracteres merísticos y morfométricos que permiten la identificación de las especies chilenas. Respecto de la biología reproductiva de merluza común, De Buen (1958) señala que la época de desove comienza antes del mes de agosto, debido a que con los datos de 1953, fueron numerosos los machos y hembras en desove frente a Valparaíso, indicando además que el término de la época reproductiva ocurre finalizando el mes de enero. No obstante lo anterior, De Buen (*op. cit.*) manifiesta que tales fechas pueden variar según los años y zona geográfica.

Por otro lado, de acuerdo a la proporción de estados de madurez o grupos de maduración sexual, frente a Valparaíso, en la época reproductiva principal de 1953, De Buen (1958) destaca que los machos logran la maduración a tamaños menores que las hembras, lo que resulta consistente con lo indicado por Poulsen (1952), quien señala que en 1952, también frente a Valparaíso, a los dos años de edad han madurado la mitad de los machos y ninguna hembra, y que a los tres años han madurado todos de ambos sexos.

La talla mínima de madurez encontrada por Poulsen (1952) frente a Valparaíso en 1952 correspondió a 25 cm de longitud total (LT), en el caso de los machos, y 34 cm LT, en el caso de las hembras, mientras que en julio de 1952, frente a Talcahuano, el macho maduro más pequeño midió 35 cm LT, y la hembra 38 cm LT, respectivamente. De Buen (1958) en 1953 frente a Valparaíso encontró que los ejemplares maduros más pequeños alcanzaron 27 cm LT y 35 cm LT en el caso de machos y hembras respectivamente. Finalmente, respecto de la fecundidad, De Buen (1958) indica que esta fluctuó entre 276.836 huevos (ovocitos) para una hembra de 45 cm LT y 659.743 huevos para una hembra de 65 cm LT.

Fischer (1959), describen las primeras fases del desarrollo de la merluza común, desde la etapa embrionaria hasta las primeras larvas e informa sobre la presencia mensual de huevos durante un ciclo anual en la bahía de Valparaíso.

Sánchez (1959), como parte de su memoria para la obtención del título de Profesor de Estado en Biología y Química de la Universidad de Concepción a través del seguimiento de indicadores reproductivos de la merluza común frente a la zona de Concepción define dos períodos reproductivos para la especie, uno en julio y el otro en octubre.

Fischer & Balbontín (1970), sintetizan y discuten los métodos de análisis cuantitativos de los ovarios de peces, con especial referencia al desove fraccionado, en especial describen una nueva técnica de análisis desarrollada durante el curso de una investigación sobre *Merluccius gayi*.

Balbontín *et al.* (1978), estudian la relación entre la maduración gonadal y los niveles de calcio sérico en *Merluccius gayi* y *Fundulus heteroclitus*, encontrando que, en el caso de merluza común, con muestreos de machos y hembras durante un ciclo anual, el nivel de calcio era más alto en los peces maduros, sin importar la estación del año.

Balbontín & Fischer (1981), con muestras colectadas entre mayo de 1965 y abril de 1966 desde los desembarques en los puertos de Coquimbo, San Antonio y San Vicente de los

buques de arrastre comercial de arrastre, hacen un extenso trabajo respecto de la biología reproductiva de merluza común, abordando varios de los tópicos reproductivos señalados anteriormente. Estos autores analizan la evolución temporal del índice gonadosomático (IGS), índice gonádico (IG), determinaron el ciclo de maduración ovárica de la merluza destacando la existencia de un desove de tipo parcial o fraccionado. Tomando en consideración el tipo de desove, proponen una escala de madurez sexual para las hembras, la que se sigue utilizando hasta la actualidad.

En las tres áreas muestreadas por Balbontín & Fischer (1981) se detectó un extenso período de desove, pero con una época principal de desove más o menos delimitada. En Coquimbo, por ejemplo, la época principal comprendió desde julio a noviembre de 1965, período que incluyó al 91% de las hembras desovantes. En San Antonio y San Vicente la época principal de desove comprendió los meses de agosto a noviembre de 1965, período que incluyó al 75% y 72% del total de hembras en desove, respectivamente.

Estos autores también estimaron la talla de primera madurez sexual de la merluza común a través de un modelo logístico para las tres localidades consideradas en su estudio, correspondiendo a 32,3 cm LT en Coquimbo, 36,2 cm LT en San Antonio y 39,4 cm LT en San Vicente. De la misma manera que la para talla de madurez, analizaron la fecundidad absoluta, fecundidad relativa y fecundidad modal. En el caso de la fecundidad total, la relacionaron con el peso corporal y longitud total de las hembras, encontrando que para los tres puertos, el mejor ajuste para la relación entre la fecundidad y el peso corporal correspondió a una recta de regresión sin diferencias estadísticamente significativas en las pendientes de las rectas de regresión entre localidades. Para la relación entre la fecundidad y la longitud total, el mejor ajuste correspondió a una curva de potencia (Balbontín & Fischer, 1981).

Con los datos de fecundidad absoluta y frecuencia de tallas de las hembras, Balbontín & Fischer (1981) calcularon el potencial de desove de la merluza de San Antonio y San Vicente, encontrando que para San Antonio, los ejemplares de talla más grande, tuvieron escasa incidencia en el desove, a pesar su alta fecundidad. En cambio, los ejemplares pequeños

contribuyeron en forma más importante al desove. En San Vicente se presentó una situación inversa.

El recuento de ovocitos en ovarios en regresión permitió a estos autores inferir que alrededor del 5% del total de ovocitos en vitelogénesis presentes en un ovario no llegan a ser desovados y son reabsorbidos, siendo este porcentaje independiente del tamaño del pez. Finalmente, sobre la base del cociente entre el número total de ovocitos en vitelogénesis y el número de ovocitos de la moda más avanzada, determinaron que la merluza puede realizar de tres a cuatro desoves parciales en la temporada de desove.

Rojas & Blanco (1981), a través del seguimiento de indicadores reproductivos determinan el área y época de desove de la merluza común, en su área de pesquería, que estos autores delimitan entre Papudo (32°30'S) y sur de Talcahuano (37°30'S).

Furet (1982), como parte de su trabajo de Tesis para optar al grado académico de Licenciado en Biología Marina de la Universidad de Concepción, con muestras colectadas desde los desembarques industriales en los puertos de la VIII Región, describe el desarrollo ovárico de la merluza común a través de observaciones de la histología de las gónadas y estima su talla de madurez sexual en 47 cm LT. La histología gonadal y su ciclo de desarrollo es explicada con más detalle posteriormente por Amín *et al.* (1989), no obstante las muestras fueron tomadas caso contemporáneamente con Furet (1982). Otro aspecto importante del trabajo de Amín *et al.* (1989), fue a descripción de estados de reabsorción de ovocitos no desovados en los ovarios de merluza común.

Rojas *et al.* (1983) describieron la distribución y abundancia de los huevos y larvas de varias especies de peces, entre los cuales figura *Merluccius gayi*. La distribución de los huevos de la merluza común se encontró entre Arica y Chiloé, aunque circunscrita principalmente a la zona centro-sur, con mayores densidades entre Papudo y Punta Lavapié. Los huevos se ubicaron cerca de la costa y principalmente en el período de invierno-primavera, aunque se detectaron hasta 80 millas fuera de la costa. La distribución de huevos estuvo relacionada a temperaturas

superficiales entre 10,5°C y 14,5°C y salinidades entre 31,0 y 34,6, lo que se asocia a las características de las aguas subantárticas.

Goldberg (1985) analizó en ciclo de desove de la merluza común a partir de muestras (n=114) colectadas frente a Valparaíso. Al respecto, las muestras mensuales obtenidas durante un ciclo anual indicaron que la merluza estaba reproductivamente activa durante todo el año. Además, las características histológicas de los ovarios colectados indicaron que la merluza realiza desoves múltiples, siendo la hembra reproductivamente activa más pequeña de 36,5 cm LT. Por otro lado, los valores estacionales del IGS no mostraron un ciclo gonadal estacional, lo que podría deberse al bajo número de hembras analizadas.

Herrera (1986), entrega información sobre los niveles de estradiol y testosterona en machos y hembras de la merluza común, de acuerdo al estadio de madurez sexual, junto a niveles de calcio sérico. Complementariamente, estudia la histología gonadal del recurso, resultados que son publicados en 1988, donde se hace énfasis a los aspectos morfológicos de la maduración gonadal (Herrera *et al.*, 1988)

Alarcón (1993), en su trabajo de tesis para optar al Título Profesional de Biólogo de la Universidad de Concepción, que se tradujo después en la publicación Alarcón & Arancibia (1993), con muestras colectadas desde el desembarque industrial de merluza común en la VIII Región a partir de capturas realizadas entre Constitución (35°19'S) e Isla Mocha (38°25'S) en la época reproductiva principal de 1992 (agosto a noviembre), determinó la talla de madurez sexual y la fecundidad parcial de merluza común. La talla de madurez sexual fue estimada en base a dos criterios, a saber, (i) el método del Incremento Relativo del Índice Gonadosomático (IR.IGS), y (ii) el criterio del 50% de hembras maduras mediante un modelo logístico. En el primer caso, la talla de madurez sexual fue estimada en 36 cm LT, mientras que con el modelo logístico se estimó una talla de madurez de 37,9 cm LT.

Alarcón (1993) y Alarcón & Arancibia (1993), a través de la evolución mensual del índice gonadosomático (IGS) calculado para cada uno de los estados de madurez sexual identificados según la escala de madurez propuesta por Balbontín & Fischer (1981), encontraron que en

1992 el máximo reproductivo ocurrió en agosto-septiembre. Por otro lado, encontraron que las hembras de menor tamaño con ovocitos hidratados correspondieron a ejemplares de 36 cm LT. La fecundidad parcial promedio, definida como el número de ovocitos hidratados, estimada por Alarcón (1993) fue de  $143.397 \pm 16.905$  ovocitos por hembra, y la fecundidad relativa promedio fue de  $115 \pm 4$  ovocitos por gramo de hembra.

De manera similar a Balbontín & Fischer (1981), Alarcón (1993) relacionó la fecundidad parcial con el peso total (PT) de la hembra y con la longitud total (LT), encontrando que la mejor bondad de ajuste para un modelo lineal se obtuvo respecto del peso. Finalmente, considerando la proporción de hembras con ovocitos hidratados, Alarcón & Arancibia (1993) postularon que para la época reproductiva principal de 1992, cada hembra de merluza común desovó, en promedio, cada dos semanas.

Montecinos & Balbontín (1993), Bernal (1994) y Bernal *et al.* (1997), analizaron los patrones de distribución espacial de huevos y larvas y los factores ambientales y oceanográficos asociados, así como las implicancias biológicas de la circulación superficial del mar en las áreas de desove de varias especies de peces, incluida la merluza común.

Aguayo (1995) describe varios aspectos de la biología de merluza común, entre ellos señala que (i) la talla de primera madurez en la merluza común es de 42 cm en hembras (4 años de edad) y 32 cm en machos (3 años de edad); (ii) el IGS muestra dos máximos en el año, uno en abril y el otro en septiembre; (iii) la merluza desova en toda el área de distribución de la pesquería; (iv) la proporción sexual muestra dominancia de machos en el área norte y central (31°S - 35°S) del área de distribución del recurso, mientras que lo opuesto ocurre más al sur (37°S - 38°S); y (v) que la merluza muestra patrones migratorios asociados a la reproducción, dirigiéndose hacia el norte para desovar al final del invierno y principios de primavera, y se moviliza hacia el sur en verano y otoño con fines alimentarios.

Valenzuela *et al.* (1995), comparó la dieta y tamaño de las presas de las larvas de ocho especies de peces, incluyendo a *Merluccius gayi*, en el área comprendida entre Los Vilos y Valparaíso. Además de analizar la distribución espacial de larvas en el área de estudio, señala

que la merluza presentó una dieta dominada por copépodos, correspondientes al 70% de la dieta. Las larvas de merluza presentaron las más grandes dimensiones de boca a una misma talla larval, consumiendo presas más grandes con el aumento del tamaño corporal. La morfología larval sería un predictor válido de la vulnerabilidad a la mortalidad por inanición, siendo las larvas de mayor tamaño menos vulnerables al consumir un amplio tamaño de presas (Valenzuela, 1992).

Vargas *et al.* (1996), con muestras de la zona centro-sur de Chile, estudió la influencia de la agregación en la mortalidad natural instantánea de larvas de merluza común, estimada a través de un modelo mortalidad-agregación, encontrando que la tasa de mortalidad natural instantánea fluctuó entre 0,1 y 0,38  $d^{-1}$  para larvas en un rango de tallas de 4 a 11 mm de longitud estándar. Los valores de mortalidad obtenidos a través del modelo de interacción mortalidad-agregación, revelaron que la distribución espacial (agregación) podría influir considerablemente a la mortalidad, especialmente en larvas de mayor longitud ( $> 9$  mm).

Balbontín *et al.* (1997), abordaron el análisis de la distribución espacial de las larvas de merluza común en la zona central de Chile, no obstante el objetivo principal fue estudiar la incidencia, la amplitud del nicho trófico y la sobreposición trófica de estas larvas y de otras siete especies más. Al respecto, las larvas de merluza común presentaron una incidencia alimentaria promedio de 65,2%, existiendo diferencias significativas en la incidencia en larvas ubicadas sobre la plataforma continental y fuera de ella.

Cerna & Oyarzún (1998), a partir de muestras colectadas entre abril y junio de 1992, a bordo de embarcaciones industriales de Talcahuano, y que operaron entre 34°20'S y 30°00'S, determinaron la talla de madurez sexual y fecundidad parcial de la merluza común. La determinación del estado de madurez de las hembras se realizó mediante el análisis de muestras histológicas de gónadas de hembras entre 34 y 80 cm LT.

Como en el caso de Balbontín & Fischer (1981) y Alarcón & Arancibia (1993), Cerna & Oyarzún (1998) relacionaron la fecundidad parcial con la longitud total (LT) y con el peso total de la hembra encontrando que en ambos casos la función de ajuste correspondió a una

recta de regresión de la forma  $FP = -391.144 + 9.932 \cdot LT$  para la longitud y  $FP = -5.372 + 132 \cdot PT$ , para el peso.

Alvarez (1998), en su tesis para optar al título de Biólogo Marino de la Universidad de Valparaíso, analizó el IGS de hembras de merluza encontrando que ésta presentó una alta actividad reproductiva en septiembre. Adicionalmente, las hembras menores de 40 cm LT se encontraron maduras en la época principal de desove, mientras que las mayores a esa talla fueron las responsables de los desoves registrados a lo largo de todo el año. Las hembras menores a 40 cm LT se encontraban maduras un período no superior a 44 días del año, mientras que los ejemplares mayores se encontraron maduros de 74 a 221 días al año, incrementándose este valor al aumentar la talla de los ejemplares.

Balbontín & Bravo (1999), analizaron muestras de larvas de peces, incluyendo a *Merluccius gayi*, provenientes de dos cruceros oceanográficos realizados entre Los Vilos y Valparaíso, en septiembre de 1989 y enero de 1990. Los huevos y larvas de merluza ocuparon toda el área muestreada durante los dos cruceros, hasta 30 millas mar afuera, con las más altas concentraciones frente Papudo. La abundancia de huevos de merluza en septiembre fue 15 veces mayor que en enero. Las mayores abundancias de huevos y larvas se ubicaron en las primeras cinco millas desde la costa. Estos resultados formaron parte del trabajo de tesis de Bravo (1993).

Alarcón (2001), en su Seminario de Título para optar al título de Biólogo Marino de la Universidad de Concepción, que posteriormente se resumió en la publicación Alarcón *et al.* (2004), analizan la duración e intensidad de la actividad reproductiva en función del tamaño de las hembras de merluza común de la zona centro-sur de Chile, a partir de muestras obtenidas en 1998. Adicionalmente, calcularon un índice de duración e intensidad (IDI) de actividad reproductiva mediante la medición anual del área bajo la curva del IGS, por grupos de tamaño (longitud total, cm).

Además, Alarcón *et al.* (2004), encontraron una relación lineal entre el IGS y el IGE (índice gonadosomático específico), calculado como la relación entre el peso de la gónada y el peso

total estimado a partir de la relación longitud total-peso total. Para el período de estudio analizado, se encontró que la mayor actividad reproductiva ocurrió entre agosto y octubre de 1998, detectándose actividad reproductiva secundaria entre febrero y abril.

Alarcón *et al.* (2004), sostienen que el índice de duración e intensidad (IDI) de la actividad reproductiva de merluza común es función del tamaño de la hembra, y puede ser descrito a través de un modelo log-normal. Finalmente, los autores postulan que las hembras de tallas intermedias (40-55 cm de LT) de *Merluccius gayi* constituyen la fracción de la población que participa con una actividad reproductiva de mayor intensidad y duración, mientras que las hembras de mayor tamaño (> 55 cm LT) presentan una actividad reproductiva restringida al período reproductivo principal (agosto-octubre).

Vargas & Castro (2001) evaluaron la importancia de las características oceanográficas sobre la distribución horizontal y vertical de los huevos y larvas de merluza común frente a Talcahuano (36°22'S – 37°10'S). Muestras de plancton fueron colectadas en octubre de 1996 durante un crucero de investigación que incluyó 61 estaciones localizadas hasta 60 mn de la costa. La mayor concentración de huevos ocurrió en el área norte de la zona de estudio, sobre la plataforma continental en la capa más profunda (40 – 100 m), asociada a un frente de surgencia localizado 20-30 mn de la costa. Por otro lado, la mayor abundancia de larvas también ocurrió en la parte norte del área de estudio sobre la plataforma continental y en la capa de agua más profunda, pero más cercana a la costa que en el caso de los huevos. La existencia de desove, evidenciado a través de la presencia de huevos, no fue observado dentro de las bahías (Bahía de Concepción, Golfo de Arauco).

Landaeta & Castro (2006), con muestras de ictiopláncton colectadas en 5 cruceros realizados en marzo de 1996, estudiaron la abundancia y sobrevivencia de los primeros estadios de merluza común durante la época reproductiva secundaria de finales del verano, período donde encontraron altas densidades de huevos recientemente desovados (> 3000 huevos/1000 m<sup>3</sup>) y larvas en preflexión (>1000 larvas/1000 m<sup>3</sup>). Adicionalmente, estimaron la tasa de mortalidad de las cohortes de desove, la que varió entre -0,089 día<sup>-1</sup> y -0,141 día<sup>-1</sup>, representando pérdidas diarias de 8% a 11%. La tasa de mortalidad promedio para todo el período de estudio,

calculado para huevos y larvas en forma combinada, alcanzó a  $-0,065 \text{ día}^{-1}$ , correspondiendo a una pérdida diaria de 6%.

Landaeta (2006), como parte de su trabajo de tesis para optar al grado académico de Doctor en Oceanografía, de la Universidad de Concepción, con el objetivo de determinar potenciales diferencias entre los periodos reproductivos de primavera y fines de verano de la merluza común frente a Chile central, analizó la variabilidad en las características del desove (localización, profundidad, pulsos de eclosión) y de los estados tempranos (tamaño del huevo y larvas a la eclosión, cantidad de vitelo, tiempo de alimentación endógena, tasas de crecimiento larval). Parte de estos resultados obtenidos por Landaeta (2006) se encuentran en la publicación Landaeta & Castro (submitted) en revisión en la revista *Marine Ecology Progress Series*.

El estudio de Landaeta (2006), incluyó el análisis de muestras de ictioplancton colectadas en cruceros oceanográficos y series de tiempo llevados a cabo durante 1996-2005 entre  $33^{\circ}00'S$  y  $37^{\circ}30'S$  frente a Chile central, y experimentos con estados tempranos y análisis de microincrementos de otolitos de larvas de merluza común.

Respecto del tamaño de los huevos al momento del desove, Landaeta (2006) señala que en el comienzo del periodo reproductivo durante invierno, éstos se caracterizan por su alta variabilidad de tamaños (1,10-1,20 mm de diámetro) y baja cantidad de pulsos de eclosión, con larvas que crecen a una tasa lineal de  $0,14 \text{ mm día}^{-1}$  hasta los 56 días de vida. La mayor actividad reproductiva ocurre durante primavera, periodo en el cual se produce mayor frecuencia y cantidad de desoves ( $1300-2000 \text{ huevos}/10\text{m}^2$ ) cerca del quiebre de la plataforma continental al sur del cañón del Itata ( $36^{\circ}00'S$ ) entre 50-100 de profundidad.

A través del flujo sub-superficial compensatorio a la capa de Ekman durante eventos de surgencia, los huevos recién desovados (1,15-1,20 mm) son transportados hacia la costa. Las larvas recién eclosionadas (3,4-3,5 mm longitud notocordal, LN) presentan baja cantidad inicial de vitelo ( $0,17-0,41 \text{ mm}^3$ ) y agotan sus reservas endógenas en un periodo de 3-4 días a  $10-12^{\circ}\text{C}$ . Posterior a la utilización del saco vitelino, las larvas se mantienen a media agua (50-

100 m) sin detectarse migraciones verticales diarias, hasta la formación completa de la cola (~15 mm longitud estándar), momento en el cual las postlarvas se presentan en superficie durante la noche (0-25 m) y subsuperficialmente en el día (50-100 m) sobre la plataforma continental frente a Talcahuano (Terraza del Itata). Durante este periodo las larvas crecen a una tasa lineal de  $0,22 \text{ mm día}^{-1}$  hasta los 48 días de vida. Finalmente, y tras un periodo de aproximadamente 2 meses de vida pelágica, ocurre el asentamiento en la zona costera de Chile central y al interior del Golfo de Arauco.

En el segundo máximo reproductivo, que ocurre durante fines de verano (marzo-abril), período de transición asociado a cambios en la dirección e intensidad del viento local, las merluzas se reproducen sobre la plataforma continental en las cercanías de la costa (300-1400 huevos/m<sup>2</sup>). En este periodo los propágulos son detectados en superficie (0-10 m), y las hembras producen huevos de menor tamaño (0,95-1,13 mm). De estos huevos emergen pequeñas larvas recién eclosionadas (2,2-2,6 mm LN) que poseen relativamente alta cantidad de vitelo ( $0,57 \pm 0,11 \text{ mm}^3$ ), que les permite tener un periodo de alimentación endógena de hasta 5 días a 10°C. Al final del periodo de saco vitelino las larvas han alcanzado un tamaño similar al obtenido por las larvas con saco vitelino eclosionadas en primavera (aproximadamente 4 mm LN).

Landaeta (2006), indica que a partir del año 2004 ocurre un cambio en las zonas de desove y en el tamaño de los huevos de la merluza común, en comparación a lo observado en primavera de 1996 y 2001. En septiembre de 2004 se detectaron desoves costeros entre los 33° y 37°S y en septiembre de 2005 el desove se limitó a zonas costeras entre los 33°00'S y 35°30'S, sin presencia de huevos o larvas de merluza común al sur del cañón del Itata. El tamaño de los huevos fue similar a los desovados durante fines de verano y significativamente más pequeños que los desovados durante fines de invierno-primavera de 1996-2001.

En el marco de los proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), la primera referencia a aspectos de la biología reproductiva de merluza común, como parte del estudio en sí, se encuentra en Payá *et al.* (1997), quienes indican que la merluza común desova durante todo el año, presentando un desove principal en primavera y otro secundario en otoño. Además,

manifiesta que el desove se desarrolla a lo largo de toda la distribución del recurso, no obstante reconoce la existencia de cuatro zonas de mayor concentración, a saber: (1) Papudo-Valparaíso, (2) Constitución-Talcahuano, (3) Lebu, y (4) Bahía San Pedro.

Por otro lado, con los datos del crucero de evaluación hidroacústica de la biomasa y abundancia de merluza común realizado en agosto de 1993, Payá *et al.* (1997) estimaron la talla de madurez sexual de forma separada para una zona norte y una zona sur del área de distribución del recurso, fijando como límite entre ambas, el paralelo 37°S. Al respecto, el análisis de las regiones de plausibilidad de la longitud media de primera madurez sexual por zona indicaron que las hembras de la zona norte maduraron a los 37,6 cm LT, mientras que las hembras de la zona sur lo hicieron a una longitud mayor (=42,3 cm LT).

Lillo *et al.* (1998) analizaron un índice de madurez compuesto para cuatro zonas de estudio, a saber: Zona 1: 29°10'S - 31°00'S, Zona 2: 31°01'S - 35°30'S, Zona 3: 35°31'S - 38°30'S, y Zona 4: 38°31'S - 41°26'S, destacando la presencia de actividad reproductiva en todas las zonas y estratos de profundidad, donde predominaban las hembras con desove parcial reciente.

Por otro lado, a partir de 93 muestras de ictioplancton colectadas durante el crucero, donde el 56% de los huevos identificados correspondieron a merluza común, y casi el 26% de las larvas, señalando una situación característica de una amplia y significativa actividad reproductiva a lo largo de toda la extensión latitudinal y longitudinal de la zona de estudio, lo cual es coherente con la época de desove principal.

Tascheri *et al.* (1999), respecto de la distribución espacial de huevos y larvas de merluza común, analizó las muestras colectadas en los cruceros invernales de evaluación directa de la biomasa del recurso de los años 1993, 1995 y 1997. Al respecto, en el invierno de 1993, la distribución espacial de huevos y larvas de merluza común, exhibieron una cobertura latitudinal y longitudinal prácticamente máxima, identificándose 49 estaciones positivas para huevos y 58 para larvas, con totales de 18.061 huevos y 7.133 larvas, lo que representa una densidad promedio por estaciones positivas igual a 369 y 123 para ambos estadios de desarrollo, respectivamente.

Las áreas de mayor abundancia promedio ( $> 600$  huevos/10m<sup>2</sup>), se ubicaron frente a Punta Rocura (39°40'S) y Punta Saavedra (39°00'S), representando el 44,2% del total de huevos de la especie censados durante el crucero. Un tercer foco de desove significativamente importante lo constituyó la zona comprendida entre Punta Arenas (35°10'S) y Lebu (37°40'S) con un máximo al oeste de Punta Achira (36°10'S). Con respecto a los estadios larvales, éstos se presentaron con una frecuencia superior a la calculada para los huevos, pero con densidades promedio por estaciones totales y positivas más bajas, situación sugiere que en invierno de 1993, el desove se habría iniciado con anterioridad al inicio del crucero.

Lillo *et al.* (1999), plantean que el estudio de índices reproductivos permitió definir que el desove principal de merluza común se produce en el período comprendido entre julio y septiembre, ya que en estos meses se registra un mayor valor en los índices gonadosomático y gonádico, luego en octubre hay una fuerte declinación en los registros, lo que corrobora que el desove se efectuó en el período señalado. Estos mismos indicadores señalaron a abril y mayo como los meses en que se presenta el desove secundario.

Basándose en el análisis cartográfico del índice gonadosomático, de acuerdo a Lillo *et al.* (1999) fue posible identificar cuatro zonas de desove principal, las que se localizan entre: (1) Punta Roncura y Bahía Chanco (VII Región, 35°00'S - 35°50'S), (2) Punta Nugurne y Punta Tumbes (VIII Región, 36°00'S - 36°40'S), (3) Punta Puancho y Punta Nihue (IX Región, 39°00'S - 39°20'S), y (4) Punta Colún y Bahía San Pedro (X Región, 40°10'S - 40°50'S)

Lillo *et al.* (2000), a partir del análisis de huevos y larvas colectadas en 84 estaciones ictioplanctónicas, indican que durante el periodo de estudio (agosto de 1999), la actividad reproductiva de merluza común se mostró incipiente, con una virtual ausencia de huevos y larvas al norte de 33°10'S y que solo al sur de Valparaíso, y especialmente al sur de 38°40'S, se advirtió una actividad más constante e importante.

En el caso del crucero acústico de agosto de 2000, Lillo *et al.* (2001) señalan que el proceso reproductivo de merluza común mostró una condición moderada, con un desove localizado

desde San Antonio hasta el límite sur del área de estudio, pero con mayor actividad concentrada al sur de Talcahuano. En este período, las hembras en su mayoría se encontraban en el estado de maduración gonadal (EMS 2) y maduras (EMS 3), y sólo una mínima fracción mostraba evidencias de desove parcial reciente. Lo anteriormente expuesto indica que el proceso reproductivo está en un estado incipiente de desarrollo.

Lillo *et al.* (2002), el crucero de evaluación acústica de la biomasa de merluza común realizado entre el 11 de julio y 18 de agosto del año 2001, donde el área de estudio estuvo comprendida latitudinalmente desde el paralelo 29°10'S (límite norte de la IV Región) hasta el paralelo 41°28,6'S (inicio de las Líneas de Base Rectas, en la X Región) y, longitudinalmente, desde una milla de la costa y hasta el veril de los 500 metros de profundidad, encontraron que el stock de merluza común se encontraba en un proceso reproductivo activo, debido a que el 36% de las hembras muestreadas estaban en reproducción, o en su defecto, en preparación para desovar. La talla 50% de madurez sexual fue estimada para dos subregiones, (1) Coquimbo-Constitución, y (2) Constitución a Canal Chacao, y para el área total de estudio, alcanzando en este último caso a 36,7 cm LT.

La distribución de huevos de merluza común abarcó latitudinalmente la mayor parte de la zona de estudio, identificándose dos sectores de mayor concentración: el primero localizado entre punta Maitencillo (32°40'S) y punta Achira (36°10'S); y, el segundo, localizado al sur de Corral (41°10'S), caracterizándose ambos por sus bajas densidades. En lo que se refiere a las larvas de merluza común, se estimó una densidad total de 35 larvas/10 m<sup>2</sup>, valor que se puede considerar alto.

En el caso del crucero de evaluación acústica de merluza común realizado entre el 29 de julio y 11 de septiembre de 2002 (Lillo *et al.*, 2003), de manera similar a lo observado en julio-agosto de 2002, el stock registró un activo proceso reproductivo, debido a que el 38% de las hembras muestreadas estaban en reproducción, o en su defecto, en preparación para desovar. Por su parte, las estimaciones de fecundidad relativa fueron de 155 y 232 ovocitos para los sectores norte y sur. La talla 50% de primera madurez sexual, se estimó en 36,97 cm LT, para el área total de estudio.

La distribución espacial del desove, de acuerdo a lo observado para la fase de huevos, señala que este proceso reproductivo se verificó desde el norte de punta Lobería ( $31^{\circ}40'S$ ) hasta punta Duhatao ( $42^{\circ}00'S$ ). La mayor frecuencia de registros positivos se verificó en la franja de estaciones comprendidas entre la costa y las 13 mn, zona que albergó a más del 83,8% del total de huevos de la especie, constatándose además que los niveles de abundancia de esta fase de desarrollo presenta una tendencia decreciente en sentido norte-sur.

El patrón de distribución espacial de las larvas de merluza común, señala que éstas ocuparon un rango latitudinal menor respecto de la fase de huevos, el cual se extendió desde el norte de punta Lobería hasta punta Rocura ( $39^{\circ}40'S$ ), no consignándose registros positivos al norte de punta Vana ( $31^{\circ}10'S$ ).

Lillo *et al.* (2005), señalan que en agosto de 2005, el índice gonadosomático (IGS) calculado para las hembras adultas (mayores o iguales a 37 cm de longitud total) evidenció un activo proceso de maduración gonadal, con el recurso en plena actividad reproductiva de desarrollo ovocitario (42%) y de desove (15%). Adicionalmente, realizaron estimaciones de la talla de primera madures sexual separadamente para una macrozona centro-norte ( $29^{\circ}10'S$ - $35^{\circ}30'S$ ), la que alcanzó a 38,9 cm LT, y una macrozona centro-sur ( $35^{\circ}31'S$ - $42^{\circ}00'S$ ), que alcanzó a 39,0 cm LT. Para el área total de estudio, la talla de primera madurez sexual correspondió a 38,9 cm de longitud total.

En el caso de la fecundidad moda, Lillo *et al* (2005) encontraron que los valores estimados para agosto de 2005 fueron comparables con estimados de estudios anteriores. La fecundidad modal promedio fue de 87.881 ovocitos para el sector centro-norte y de 143.585 ovocitos para el sector centro sur. La fecundidad relativa promedio fue de 122 ovocitos y de 135 ovocitos para el área centro norte y centro sur, respectivamente.

Finalmente, en el caso de los huevos y larvas de merluza común, Lillo *et al.* (2005) encontraron que tanto para huevos como para las larvas, el índice de abundancia registró su nivel más bajo respecto de estudios anteriores realizados en el área de estudio entre 1993-

2004. Al respecto, la distribución espacial del desove se verificó desde punta Maintecillo ( $32^{\circ}40'S$ ) hasta punta Duataho ( $42^{\circ}00'S$ ), y al igual que en los inviernos de los años 2001 y 2002, no se consignan registros positivos en el extremo norte de la zona de estudio, es decir, entre punta Hornos ( $29^{\circ}40'S$ ) y punta Huesos ( $32^{\circ}10'S$ ). La mayor frecuencia de registros positivos se verificó en la franja comprendida entre la costa y las 15 mn, que albergó a más del 53,1% del total de huevos de la especie. Los niveles de abundancia de las fases de huevos y larvas presentaron una tendencia decreciente en sentido norte-sur.

#### **4.1.2. Matriz del estado de conocimiento**

De la revisión bibliográfica se construyó una matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común que consideró 11 aspectos fundamentales. El nivel de conocimiento para cada uno de los aspectos considerados fue evaluado según 5 categorías (Tabla 10). En la valoración de cada aspecto relevante de la biología reproductiva de merluza común se consideró tanto la cantidad de información disponible, como el grado de profundidad es que es abordado.

En el caso de la fecundidad total, existe sólo un trabajo en que es abordado y corresponde a Balbontín & Fischer (1981). Al respecto, cabe recordar acá que en el caso de la merluza común, se ha demostrado que es un pez desovante parcial con fecundidad indeterminada. Luego, no existe concordancia entre la cualidad de desovante parcial y el conocimiento de su fecundidad total.

Lo anterior se debe a que el trabajo de Balbontín & Fischer (1981) es anterior a la aparición del concepto de desovante parcial acuñado a mediados de los años 80 por Goldberg (1985) y Hunter & Macewic (1985). Luego, las estimaciones de fecundidad realizadas por Balbontín & Fischer (1981), en realidad deberían corresponder a la fecundidad parcial.

Tabla 10. Matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común (*Merluccius gayi*).

Item	Bien conocido	Conocido	Medianamente conocido	Existe alguna información	Completamente desconocido
Descripción de gónadas	Si				
Tipo de desovante	Si				
Época de desove	Si				
Talla de madurez sexual	Si				
Edad de madurez sexual	Si				
Fecundidad relativa			Si		
Fecundidad total				Si	
Frecuencia de desove			Si		
Folículos post-ovulatorios		Si			
Zonas de desove		Si			
Distribución de huevos y larvas		Si			

## **4.2. Objetivo Específico 2**

Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común (talla y edad de madurez sexual al 50%, época de desove, estadios de madurez sexual e índice gonadosomático) para una serie anual, con los registros recolectados en el marco del seguimiento y monitoreo de la pesquería.

### **4.2.1. Composición de tamaños**

La composición por tallas mensuales en las capturas de merluza común por sub-área de estudio y sexo, se determinó de acuerdo a la suma de las frecuencias de tallas obtenidas de cada embarcación muestreada en el mes para cada fracción de la zona de estudio. Lo anterior fue posible para el período 2001 a 2007 debido a que la información colectada por el Instituto de Investigación Pesquera se encuentra georreferenciada.

En el año 2001, la composición de tamaños de merluza común en toda el área de estudio, tanto para machos como para las hembras fue polimodal (Figura 6 y 7), con modas que fluctuaron entre 41,0 y 48,0 cm de longitud total en el caso de los machos, y entre 42,0 y 50,0 cm LT en el caso de las hembras (Tabla 11). La longitud promedio mensual considerando ambos sexos en conjunto fluctuó entre 45,4 cm LT en diciembre y 49,1 cm LT en enero de 2001, principalmente debido a la participación en las capturas de hembras de gran tamaño en ese período (Moda = 50,2 cm LT)(Tabla 11). En el Anexo 1, Figuras 99 a 104 se entrega la composición de tamaños mensual de merluza común por sexo y zona.

En el año 2002, de manera similar a lo observado en el año 2001, la composición de tamaños de merluza común fue polimodal, tanto para machos como para las hembras (Figura 8 y 9), con modas que se mantuvieron casi sin variación alrededor de 42,0 cm LT en el caso de los machos, y fluctuando entre 42,0 y 53,0 cm LT en las hembras (Tabla 12).

Tabla 11. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2001 para toda el área de estudio.

		M E S											
Sexo	Parám.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Machos	Prom.	46,97	47,08	46,26	45,40	44,58	45,48	44,96	45,91	46,24	44,85	44,92	44,71
	D.E.	3,58	3,62	3,93	4,30	4,20	4,66	4,27	4,17	4,00	4,49	4,34	4,40
	Mín.	36,0	35,0	30,0	30,0	33,0	30,0	29,0	31,0	30,0	31,0	32,0	32,0
	Máx.	57,0	58,0	57,0	57,0	58,0	59,0	57,0	56,0	55,0	60,0	58,0	57,0
	Moda	46,0	46,0	46,0	48,0	41,0	48,0	47,0	47,0	47,0	47,0	43,0	42,0
	n	576	1566	1481	1531	1387	1556	1600	1048	1046	1712	1104	1047
Hembras	Prom.	50,17	50,34	49,61	49,19	49,42	48,38	47,22	49,47	48,96	46,49	46,72	46,08
	D.E.	4,25	4,31	5,25	5,42	5,50	5,93	5,94	5,62	5,63	5,49	5,51	5,12
	Mín.	33,0	34,0	35,0	33,0	36,0	30,0	26,0	33,0	35,0	30,0	35,0	34,0
	Máx.	68,0	84,0	70,0	64,0	85,0	73,0	69,0	84,0	67,0	66,0	69,0	67,0
	Moda	50,0	52,0	52,0	52,0	51,0	53,0	42,0	52,0	51,0	43,0	50,0	42,0
	n	1221	1884	1902	1669	2052	1844	1691	2055	1093	1238	896	1054
Ambos	Prom.	49,14	48,86	48,14	47,38	47,47	47,05	46,12	48,26	47,63	45,54	45,73	45,40
	D.E.	4,32	4,33	5,00	5,27	5,55	5,58	5,32	5,45	5,08	5,00	4,98	4,82
	Mín.	33,0	34,0	30,0	30,0	33,0	30,0	26,0	31,0	30,0	30,0	32,0	32,0
	Máx.	68,0	84,0	70,0	64,0	85,0	73,0	69,0	84,0	67,0	66,0	69,0	67,0
	Moda	50,0	52,0	49,0	48,0	49,0	51,0	42,0	52,0	48,0	47,0	43,0	42,0
	n	1797	3450	3383	3200	3439	3400	3291	3103	2139	2950	2000	2101

Tabla 12. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2002 para toda el área de estudio.

		M E S											
Sexo	Parám.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Machos	Prom.	45,40	44,74	44,12	44,60	43,25	45,04	43,75	44,32	44,73	44,10	42,69	41,86
	D.E.	3,90	4,58	4,19	4,40	3,79	4,33	4,07	4,03	4,01	3,97	3,66	3,75
	Mín.	28,0	32,0	32,0	33,0	34,0	33,0	30,0	31,0	31,0	29,0	30,0	26,0
	Máx.	58,0	59,0	59,0	57,0	62,0	57,0	56,0	54,0	56,0	57,0	54,0	52,0
	Moda	44,0	42,0	43,0	43,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	43,0	42,0	41,0
	n	1263	1318	1963	760	1297	539	1122	514	915	1980	2078	540
Hembras	Prom.	47,86	48,30	48,22	47,71	47,11	48,25	46,25	48,04	48,20	46,51	44,64	43,69
	D.E.	4,83	5,32	5,77	5,49	5,92	5,77	5,06	5,61	5,26	4,87	4,44	4,43
	Mín.	27,0	33,0	32,0	34,0	33,0	31,0	27,0	32,0	34,0	31,0	30,0	33,0
	Máx.	66,0	73,0	64,0	68,0	64,0	63,0	61,0	65,0	65,0	65,0	59,0	54,0
	Moda	45,0	52,0	46,0	43,0	48,0	43,0	45,0	53,0	44,0	46,0	46,0	44,0
	n	2137	1532	1588	696	1000	611	1177	686	785	1818	1667	337
Ambos	Prom.	46,95	46,65	45,95	46,09	44,93	46,75	45,03	46,45	46,33	45,25	43,56	42,56
	D.E.	4,66	5,30	5,36	5,19	5,20	5,39	4,77	5,32	4,94	4,58	4,14	4,12
	Mín.	27,0	32,0	32,0	33,0	33,0	31,0	27,0	31,0	31,0	29,0	30,0	26,0
	Máx.	66,0	73,0	64,0	68,0	64,0	63,0	61,0	65,0	65,0	65,0	59,0	54,0
	Moda	44,0	45,0	43,0	43,0	42,0	43,0	45,0	42,0	44,0	43,0	43,0	44,0
	n	3400	2850	3551	1456	2297	1150	2299	1200	1700	3798	3745	877

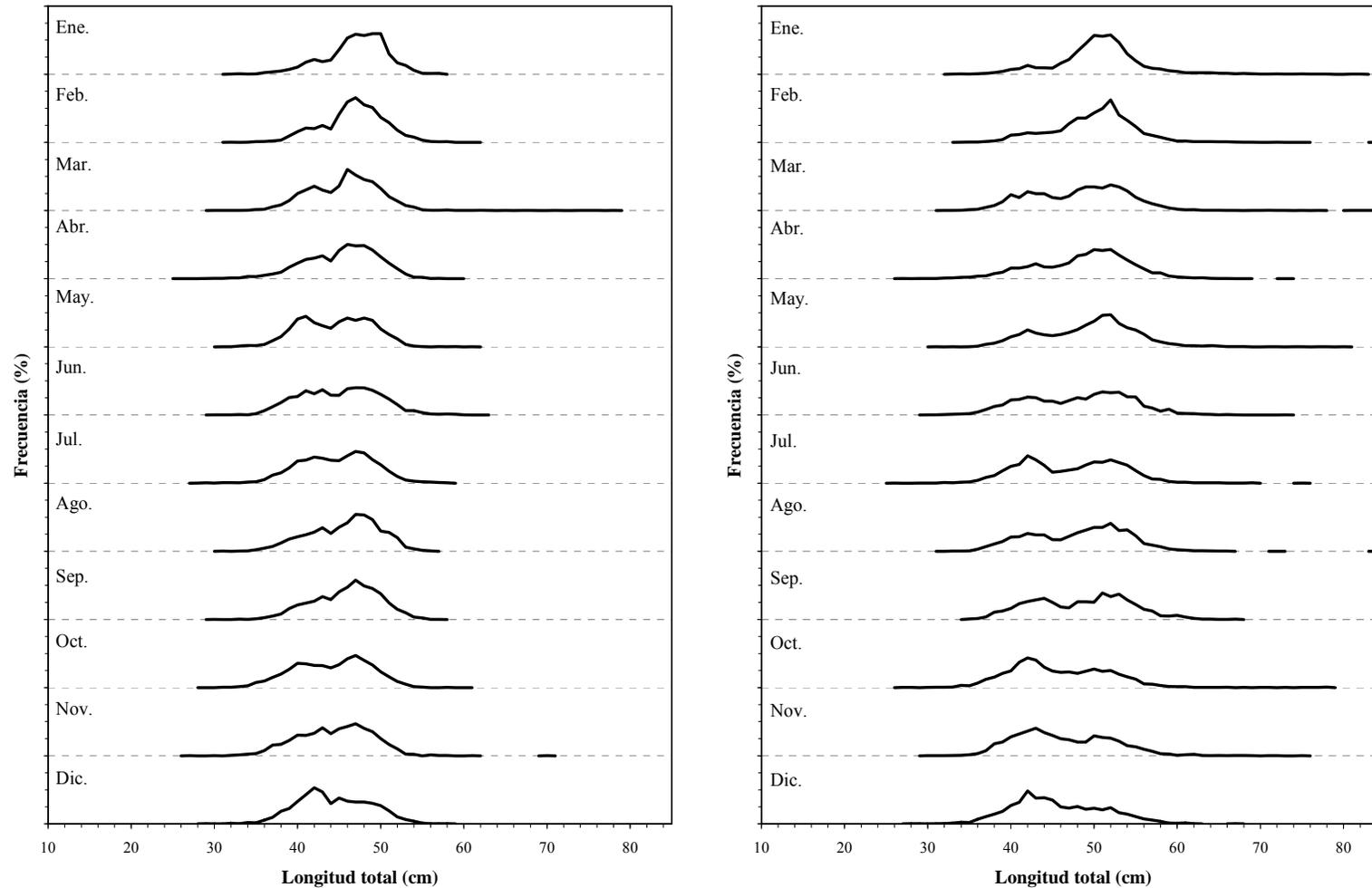


Figura 6. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de estudio en 2001. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

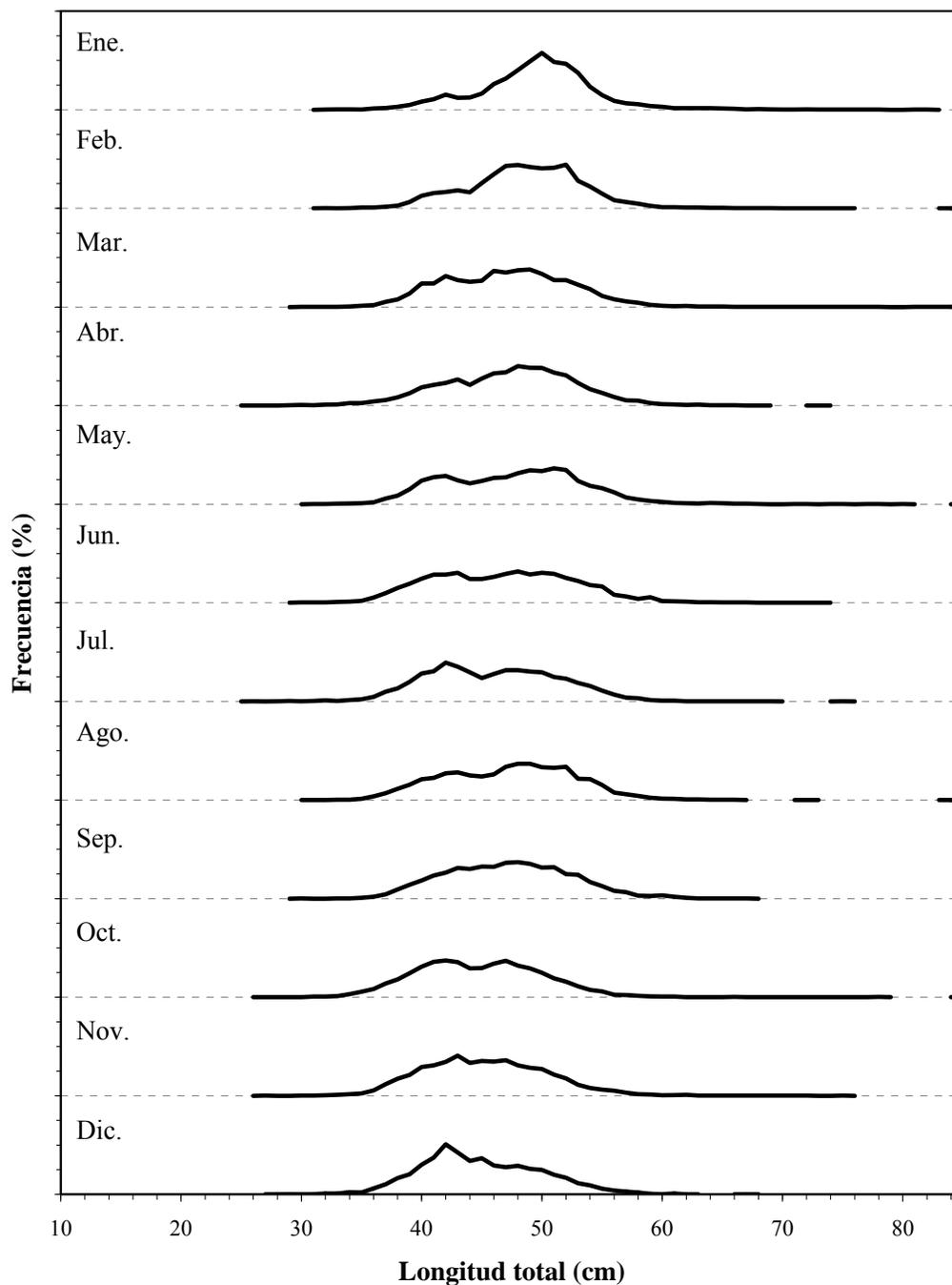


Figura 7. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en el área de estudio en 2001. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

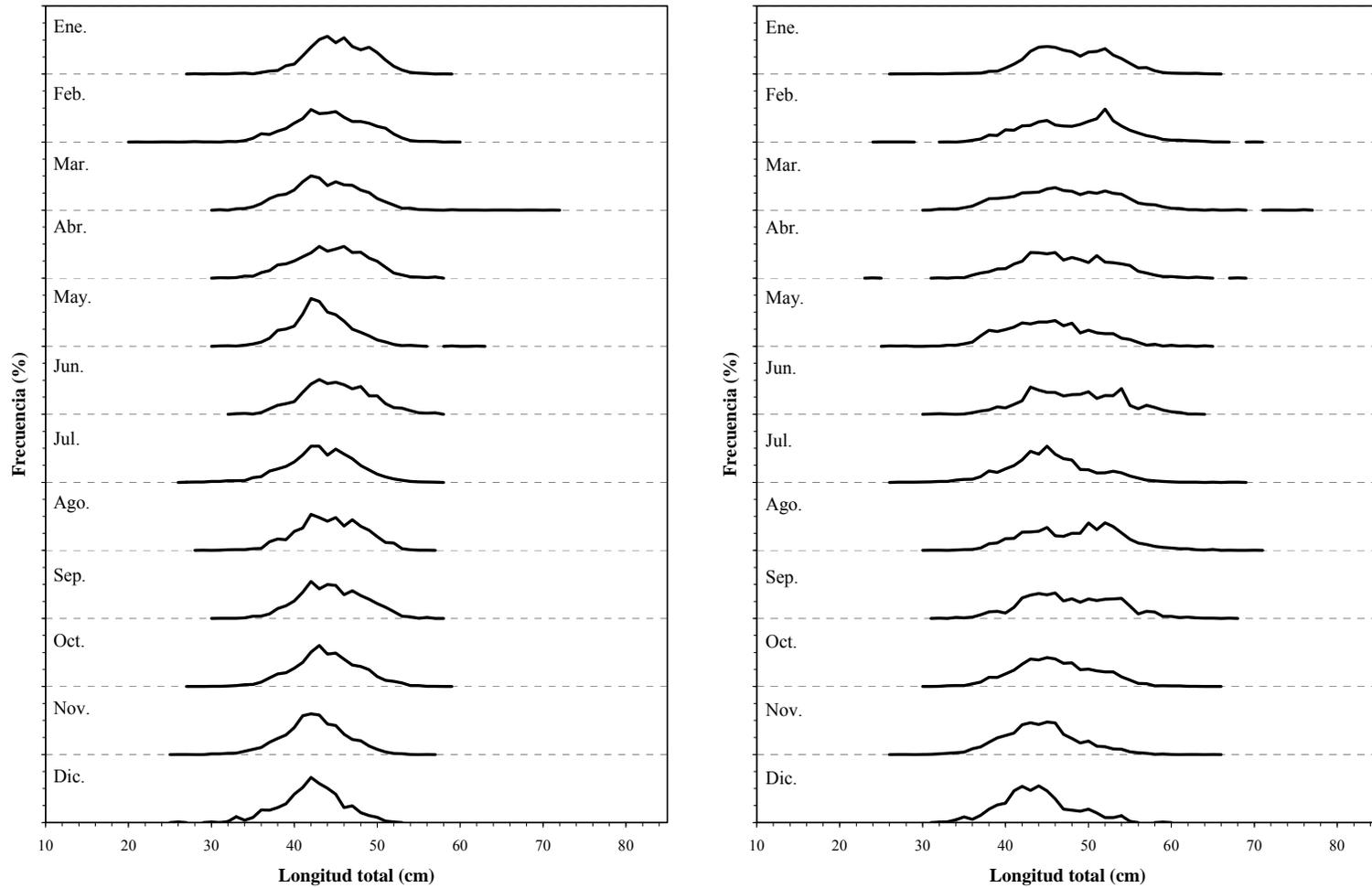


Figura 8. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de estudio en 2002. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

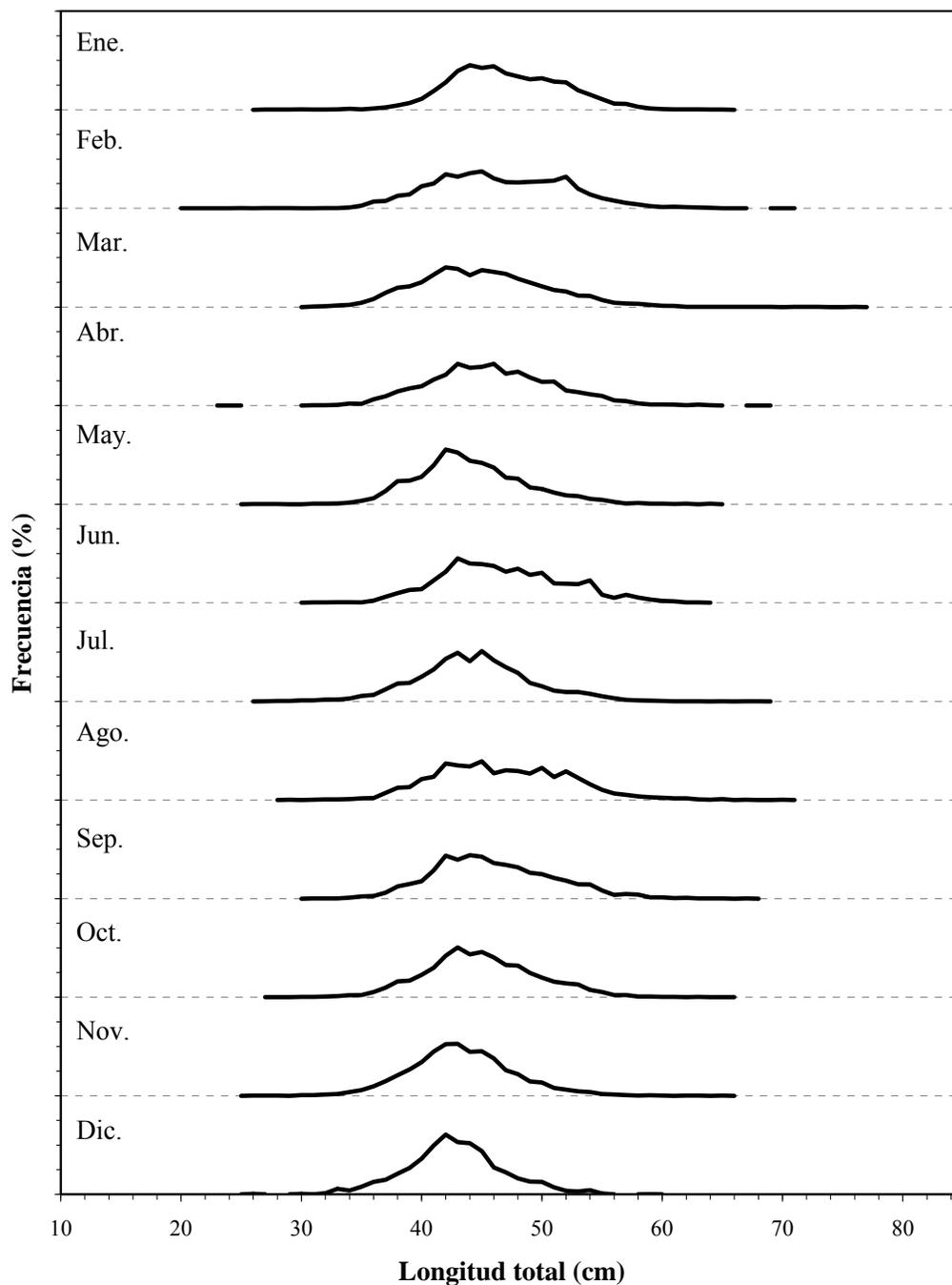


Figura 9. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en el área de estudio en 2002. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

La longitud promedio mensual considerando ambos sexos en conjunto fluctuó entre 42,6 cm LT en diciembre y casi 47,0 cm LT en enero de 2002 (Tabla 12). En el Anexo 1, Figuras 105 a 108 se entrega la composición de tamaños mensual de merluza común por sexo y zona en el año 2002. Al respecto, cabe hacer notar no se contó con información de composición de tamaños en la Zona 1 (zona norte) debido a que los observadores científicos no contaron con cupos de embarque en las naves que visitaron esa zona el año indicado.

En el año 2003, se observa que la composición mensual de tamaños de los machos de merluza común, en los meses de mayo y octubre, fue unimodal, a diferencia de los años anteriores, y también en contraste con las hembras, las que mostraron una estructura de tamaños polimodal para todos los meses (Figura 10). Dado, que las hembras mostraron estructuras polimodales, la composición de tamaños de ambos sexos en conjunto, también fue polimodal (Figura 11).

El rango de tamaños observado en las capturas fluctuó entre 22,0 y 68,0 cm LT en el caso de los machos, y entre 15,0 y 84,0 cm LT en el caso de las hembras (Tabla 13). En el Anexo 1, Figuras 109 a 114 se entrega la composición de tamaños mensual de merluza común por sexo y zona en el año 2003. Respecto de la longitud promedio mensual de los ejemplares de merluza común capturados en el año 2003 (Tabla 13), sin diferenciar por sexos, fluctuó entre 40,7 en diciembre y 48,1 cm LT en abril, distinto también de los años anteriores, cuando la longitud máxima promedio ocurría en enero de cada año.

En el año 2004, de manera similar a los años precedentes (2001 a 2003) la composición mensual de tamaños de merluza común fue polimodal, tanto en el caso de los machos como de las hembras (Figura 12), destacándose la incorporación en marzo-abril de un fuerte pulso de reclutas que se mantuvo bien representado hasta noviembre, constituyendo un grupo modal en 28 cm LT en el último mes de la serie (Figura 12 y 13, Tabla 14). También, destaca la paulatina reducción del número de adultos mayores a 65 cm LT, desde abril en adelante (Figura 13). En diciembre de 2004 no se contó con observaciones de la composición de tamaños de merluza común en la zona de estudio. En el Anexo 1, Figuras 115 a 120 se entrega la composición de tamaños mensual de merluza común por sexo y zona en el año 2004.

Tabla 13. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2003 para toda el área de estudio.

		M E S											
Sexo	Parám.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Machos	Prom.	44,64	44,21	42,01	45,07	42,34	43,36	42,75	43,37	41,92	42,93	40,40	37,81
	D.E.	3,70	4,37	3,78	3,78	3,42	4,49	5,11	4,68	4,83	4,99	4,24	7,34
	Mín.	22,0	31,0	28,0	33,0	31,0	32,0	23,0	23,0	26,0	23,0	24,0	15,0
	Máx.	56,0	68,0	53,0	60,0	54,0	57,0	64,0	59,0	57,0	59,0	58,0	58,0
	Moda	43,0	42,0	42,0	43,0	42,0	43,0	42,0	43,0	40,0	43,0	41,0	43,0
	n	531	1157	1506	1023	2418	1491	1879	1267	816	785	1383	819
Hembras	Prom.	45,32	46,13	45,25	49,09	44,77	47,79	47,11	45,59	46,54	47,12	42,14	43,43
	D.E.	3,99	5,10	4,77	5,16	4,34	5,74	5,93	5,48	6,24	5,61	5,23	5,39
	Mín.	35,0	27,0	29,0	35,0	29,0	30,0	23,0	16,0	20,0	15,0	16,0	22,0
	Máx.	57,0	84,0	63,0	74,0	58,0	61,0	71,0	62,0	71,0	66,0	58,0	63,0
	Moda	47,0	44,0	44,0	52,0	45,0	46,0	44,0	45,0	47,0	45,0	43,0	43,0
	n	819	2003	1644	3024	2053	1908	2621	1813	1083	913	1065	881
Ambos	Prom.	45,05	45,42	43,70	48,07	43,46	45,85	45,29	44,68	44,55	45,18	41,16	40,72
	D.E.	3,89	4,93	4,62	5,15	4,05	5,67	6,00	5,28	6,12	5,73	4,77	6,99
	Mín.	22,0	27,0	28,0	33,0	29,0	30,0	23,0	16,0	20,0	15,0	16,0	15,0
	Máx.	57,0	84,0	63,0	74,0	58,0	61,0	71,0	62,0	71,0	66,0	58,0	63,0
	Moda	47,0	44,0	42,0	45,0	42,0	44,0	44,0	45,0	44,0	43,0	41,0	43,0
	n	1350	3160	3150	4047	4471	3399	4500	3080	1899	1698	2448	1700

Tabla 14. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2004 para toda el área de estudio.

		M E S											
Sexo	Parám.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Machos	Prom.	42,03	40,81	38,34	36,00	33,77	35,81	33,50	36,21	32,38	31,97	30,79	
	D.E.	6,99	6,13	6,98	7,50	6,60	7,17	6,65	6,00	5,63	5,68	4,43	
	Mín.	18,0	20,0	17,0	17,0	19,0	20,0	19,0	22,0	14,0	19,0	23,0	
	Máx.	55,0	60,0	63,0	54,0	53,0	53,0	52,0	50,0	51,0	54,0	51,0	
	Moda	42,0	43,0	42,0	34,0	34,0	43,0	34,0	34,0	29,0	29,0	29,0	
	n	409	749	3114	2068	3309	1549	2137	1319	2714	2000	493	
Hembras	Prom.	46,26	46,96	41,97	41,31	38,66	40,94	37,07	41,86	34,87	36,05	32,98	
	D.E.	5,89	6,21	8,05	7,55	8,07	7,22	7,23	6,96	7,11	7,70	6,42	
	Mín.	19,0	22,0	17,0	18,0	21,0	21,0	20,0	22,0	13,0	14,0	23,0	
	Máx.	61,0	74,0	82,0	64,0	76,0	58,0	65,0	63,0	59,0	64,0	59,0	
	Moda	46,0	45,0	44,0	45,0	35,0	43,0	36,0	46,0	35,0	36,0	30,0	
	n	761	1294	3516	2092	2449	1591	2603	771	1955	1600	557	
Ambos	Prom.	44,78	44,71	40,26	38,67	35,85	38,41	35,46	38,30	33,42	33,79	31,95	
	D.E.	6,61	6,86	7,78	7,98	7,65	7,64	7,20	6,93	6,41	6,96	5,68	
	Mín.	18,0	20,0	17,0	17,0	19,0	20,0	19,0	22,0	13,0	14,0	23,0	
	Máx.	61,0	74,0	82,0	64,0	76,0	58,0	65,0	63,0	59,0	64,0	59,0	
	Moda	46,0	45,0	44,0	35,0	35,0	43,0	35,0	35,0	29,0	29,0	29,0	
	n	1170	2043	6630	4160	5758	3140	4740	2090	4669	3600	1050	

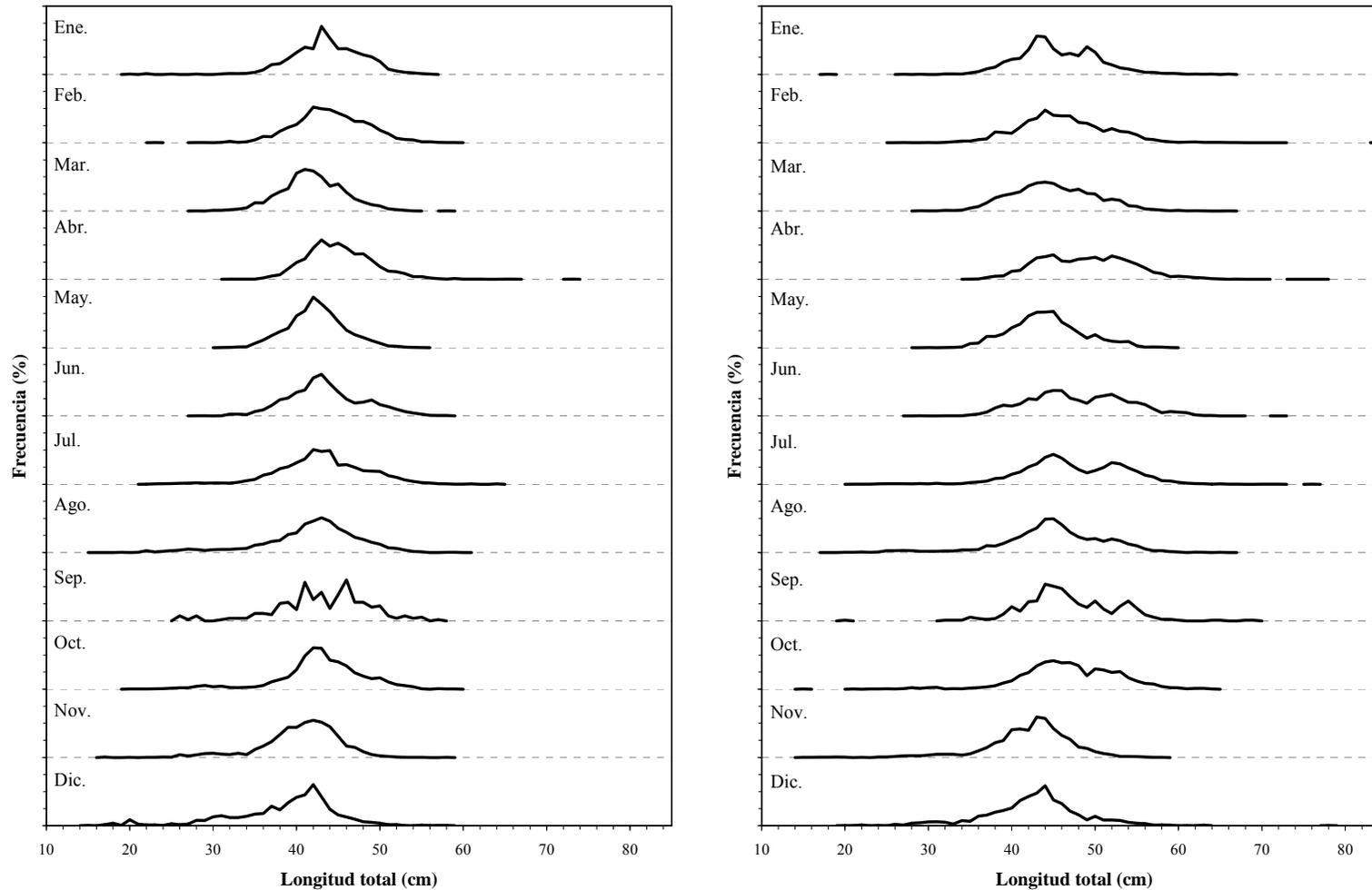


Figura 10. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de estudio en 2003. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

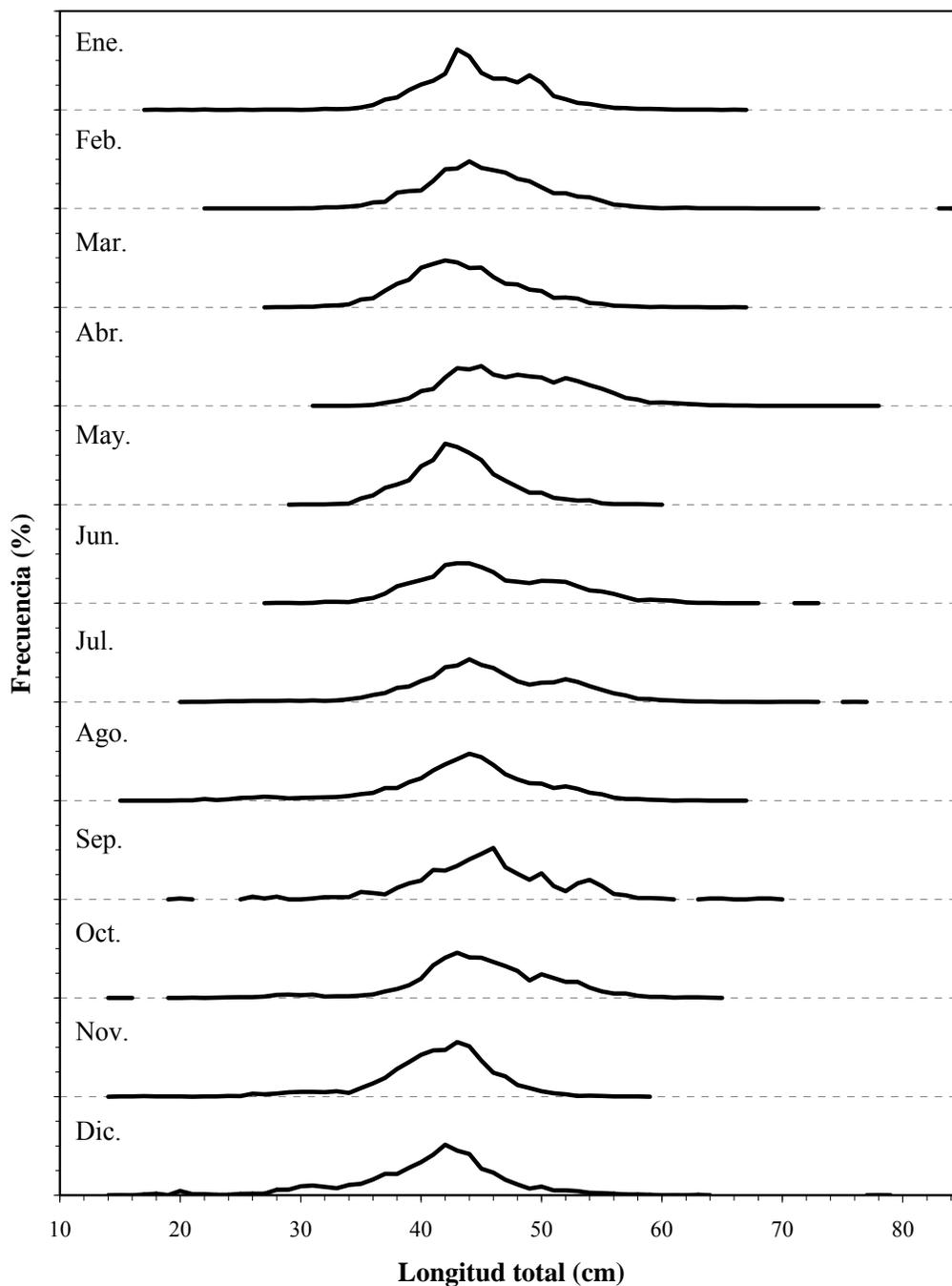


Figura 11. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en el área de estudio en 2003. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

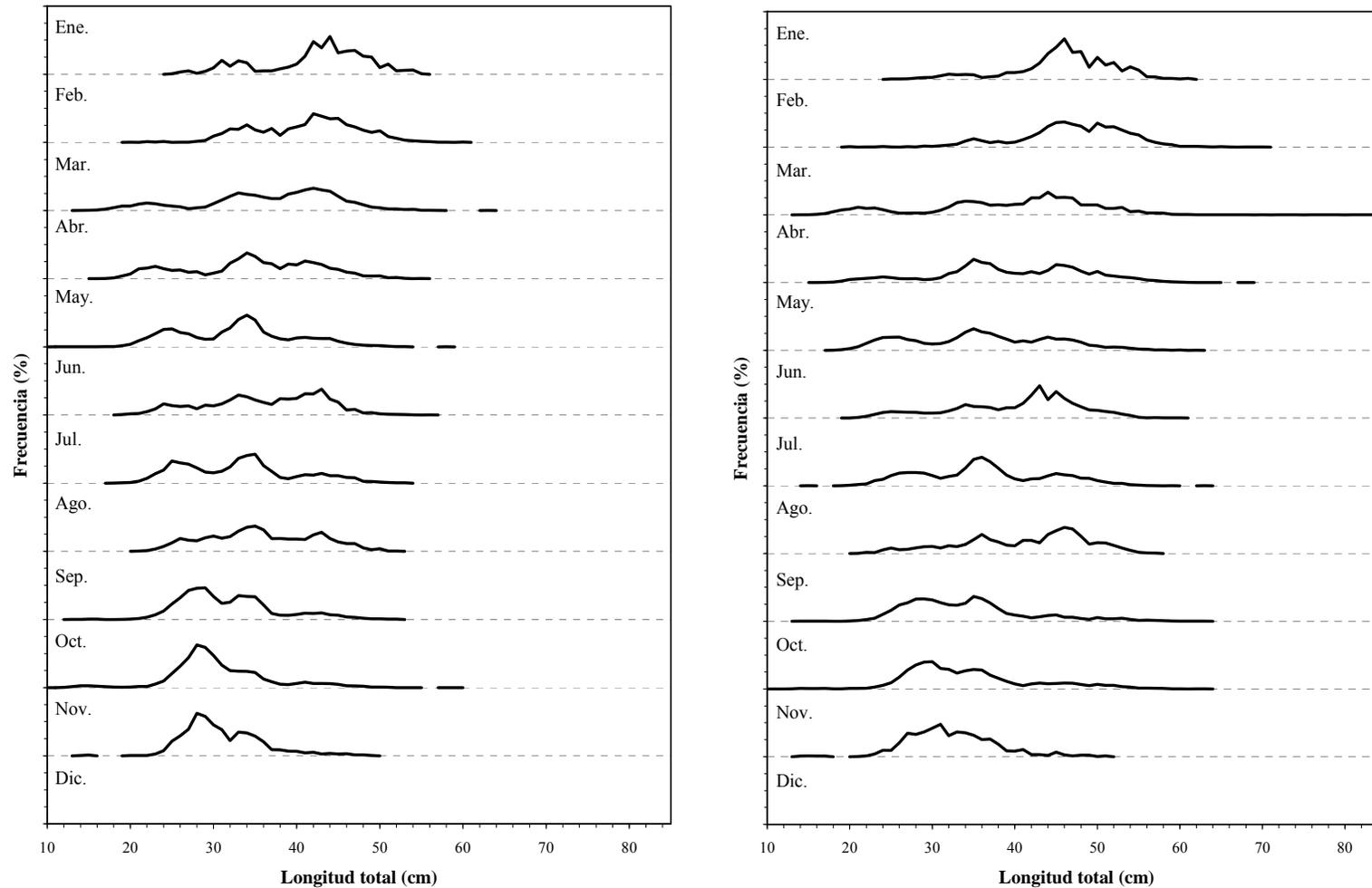


Figura 12. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de estudio en 2004. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

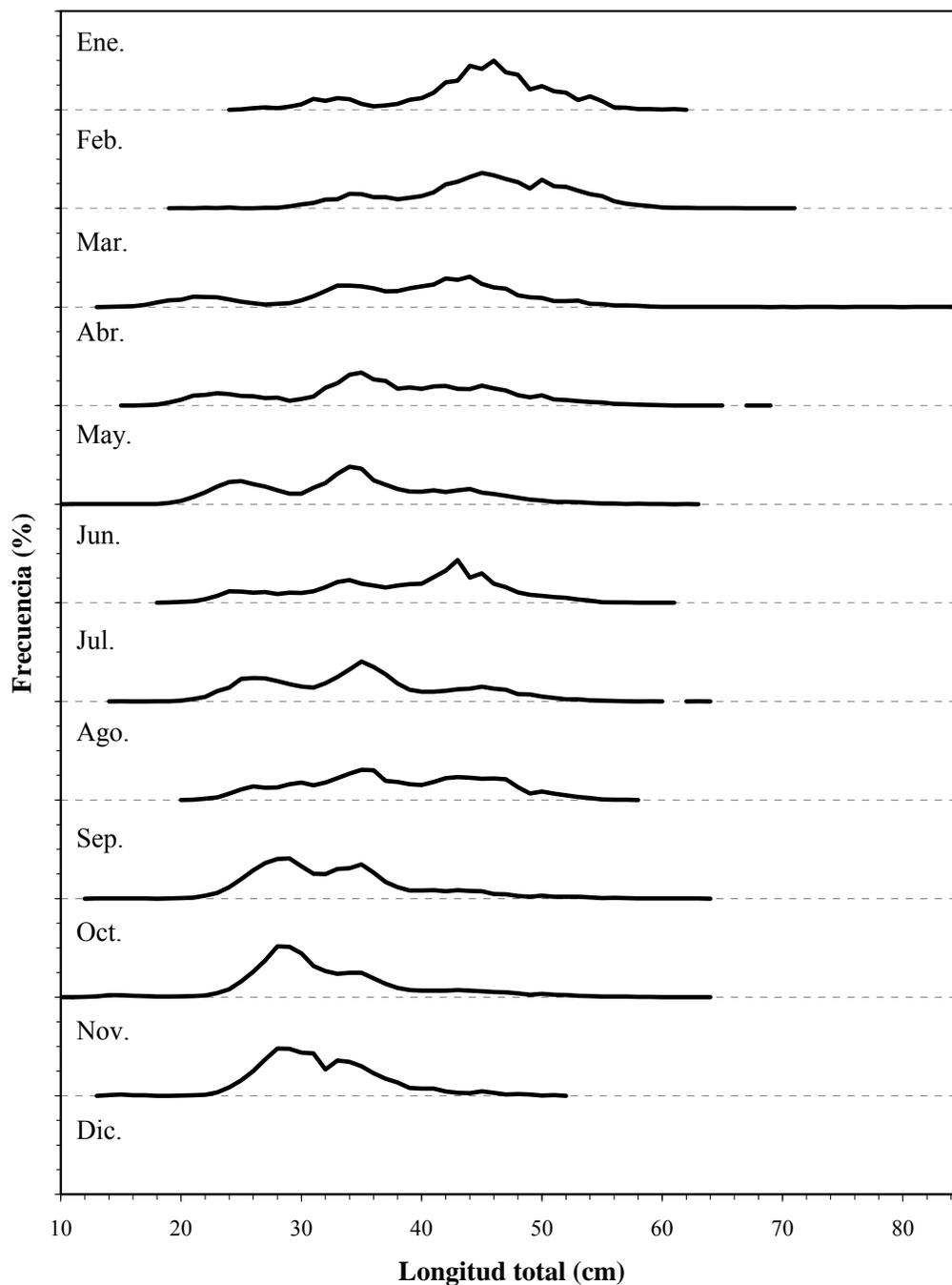


Figura 13. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en el área de estudio en 2004. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

La incorporación a la pesquería del pulso de reclutas, hizo que la longitud promedio, tanto de machos como de hembras, mostrara una notable disminución respecto del año 2003, fluctuando, en el caso de los machos, entre 30,8 cm LT en noviembre y 42,0 cm LT en enero de 2004. En el caso de las hembras, la longitud promedio se encontró entre 33,0 y 47 cm LT en noviembre y enero, respectivamente (Tabla 14).

En el año 2005, y a diferencia de todos los años anteriores, la composición de tamaños de merluza común en las capturas mensuales fue unimodal para ambos sexos (Figura 14), así como para sexos combinados (Figura 15), con modas que fluctuaron entre 30,0 cm LT en noviembre y 35,0 cm LT en agosto, en el caso de los machos; y entre 31,0 cm LT en enero-febrero y 35,0 cm LT en el caso de las hembras (Tabla 15). Sólo en agosto, en hembras y machos, la composición de tamaños se mostró polimodal. En el Anexo 1, Figuras 121 a 126 se entrega la composición de tamaños mensual de merluza común por sexo y zona en el año 2005.

En el año 2006, entre enero y julio, la composición de tamaños tanto de machos como de hembras fue unimodal (Figura 16), con modas que fluctuaron entre 30,0 cm LT en noviembre y 33,0 cm LT en el caso de los primeros, y entre 31,0 cm LT en enero-febrero y 35,0 cm LT en el caso de las hembras (Tabla 16), de manera similar a lo ocurrido en el año 2004, donde las hembras más pequeñas fueron encontradas en los primeros meses del año y las de mayor tamaño en las proximidades de la época reproductiva (julio-agosto)(Tabla 17).

La composición de tamaños en los meses de agosto a diciembre, fue polimodal tanto para machos como para hembras (Figura 16), y también para ambos sexos en conjunto (Figura 17). La longitud promedio de los ejemplares capturados en el año 2006 fluctuó entre 32,1 cm LT y 36,0 cm LT en el caso de los machos, y entre 35,0 cm LT y 38,0 cm LT en el caso de las hembras. El rango de tamaños analizado considerando ambos sexos en conjunto se encontró entre 16,0 cm LT (macho, octubre) y 75,0 cm LT (hembra, septiembre)(Tabla 16). En el Anexo 1, Figuras 127 a 132 se entrega la composición de tamaños mensual de merluza común por sexo y zona en el año 2006.

Tabla 15. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2005 para toda el área de estudio.

Sexo	Parám.	M E S											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Machos	Prom.	32,09	32,83	31,37	32,20	32,78	31,15	33,17	37,06	34,57	34,05	33,44	32,89
	D.E.	4,39	5,55	3,98	3,98	3,98	3,96	3,01	5,98	4,88	5,30	4,79	2,90
	Mín.	25,0	20,0	17,0	19,0	20,0	15,0	24,0	25,0	20,0	19,0	18,0	26,0
	Máx.	51,0	50,0	52,0	58,0	58,0	48,0	47,0	57,0	50,0	54,0	58,0	42,0
	Moda	31,0	31,0	31,0	32,0	33,0	31,0	33,0	35,0	34,0	32,0	30,0	32,0
	n	446	1052	915	757	1636	759	659	66	845	1389	680	678
Hembras	Prom.	34,62	34,31	34,27	35,09	34,85	32,49	35,92	40,18	36,27	37,00	35,39	34,32
	D.E.	6,65	5,29	6,20	5,39	4,91	4,62	4,10	7,39	5,09	7,76	5,27	3,44
	Mín.	25,0	21,0	19,0	21,0	20,0	16,0	24,0	27,0	23,0	16,0	12,0	27,0
	Máx.	66,0	56,0	70,0	64,0	61,0	57,0	65,0	59,0	61,0	79,0	82,0	55,0
	Moda	31,0	31,0	32,0	34,0	34,0	35,0	35,0	35,0	34,0	34,0	35,0	33,0
	n	594	738	1272	1054	2006	779	661	134	1341	1457	1456	692
Ambos	Prom.	33,43	33,50	33,05	33,88	33,92	31,83	34,55	39,15	35,61	35,56	34,77	33,61
	D.E.	5,81	5,57	5,57	5,05	4,63	4,36	3,85	7,10	5,07	6,83	5,20	3,26
	Mín.	25,0	20,0	17,0	19,0	20,0	15,0	24,0	25,0	20,0	16,0	12,0	26,0
	Máx.	66,0	58,0	70,0	64,0	61,0	57,0	65,0	59,0	61,0	79,0	82,0	55,0
	Moda	31,0	31,0	32,0	33,0	33,0	31,0	34,0	35,0	34,0	33,0	35,0	33,0
	n	920	1910	2187	1811	3642	1538	1320	200	2186	2846	2136	1370

Tabla 16. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2006 para toda el área de estudio.

Sexo	Parám.	M E S											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Machos	Prom.	32,44	33,53	33,92	33,75	34,23	33,49	34,63	35,95	32,13	34,83	34,03	34,12
	D.E.	3,78	3,36	3,27	2,97	2,80	3,28	3,93	2,76	3,89	3,85	4,41	3,30
	Mín.	18,0	22,0	23,0	20,0	23,0	19,0	25,0	26,0	22,0	16,0	20,0	22,0
	Máx.	57,0	59,0	51,0	53,0	47,0	47,0	54,0	45,0	44,0	52,0	67,0	52,0
	Moda	33,0	33,0	34,0	33,0	34,0	34,0	35,0	36,0	34,0	35,0	36,0	35,0
	n	1060	1029	1321	1134	1414	934	365	206	529	1540	1224	1394
Hembras	Prom.	35,02	36,14	36,49	36,66	36,37	36,02	36,26	38,07	36,15	37,64	35,91	35,95
	D.E.	4,94	4,29	4,49	4,05	4,20	4,70	4,93	4,21	4,58	5,07	5,77	4,65
	Mín.	19,0	20,0	23,0	25,0	23,0	21,0	24,0	24,0	25,0	25,0	20,0	22,0
	Máx.	66,0	63,0	70,0	62,0	64,0	63,0	62,0	61,0	75,0	64,0	66,0	69,0
	Moda	34,0	36,0	35,0	36,0	36,0	36,0	36,0	38,0	37,0	37,0	31,0	37,0
	n	1580	2266	2871	2846	1816	866	585	244	868	1933	1755	3259
Ambos	Prom.	33,99	35,32	35,68	35,83	35,43	34,71	35,63	37,10	34,63	36,40	35,14	35,40
	D.E.	4,68	4,20	4,32	4,00	3,80	4,22	4,64	3,77	4,75	4,78	5,34	4,37
	Mín.	18,0	20,0	23,0	20,0	23,0	19,0	24,0	24,0	22,0	16,0	20,0	22,0
	Máx.	66,0	63,0	70,0	62,0	64,0	63,0	62,0	61,0	75,0	64,0	67,0	69,0
	Moda	34,0	34,0	35,0	34,0	34,0	34,0	36,0	37,0	37,0	37,0	36,0	36,0
	n	2640	3295	4192	3980	3230	1800	950	450	1397	3473	2979	4653

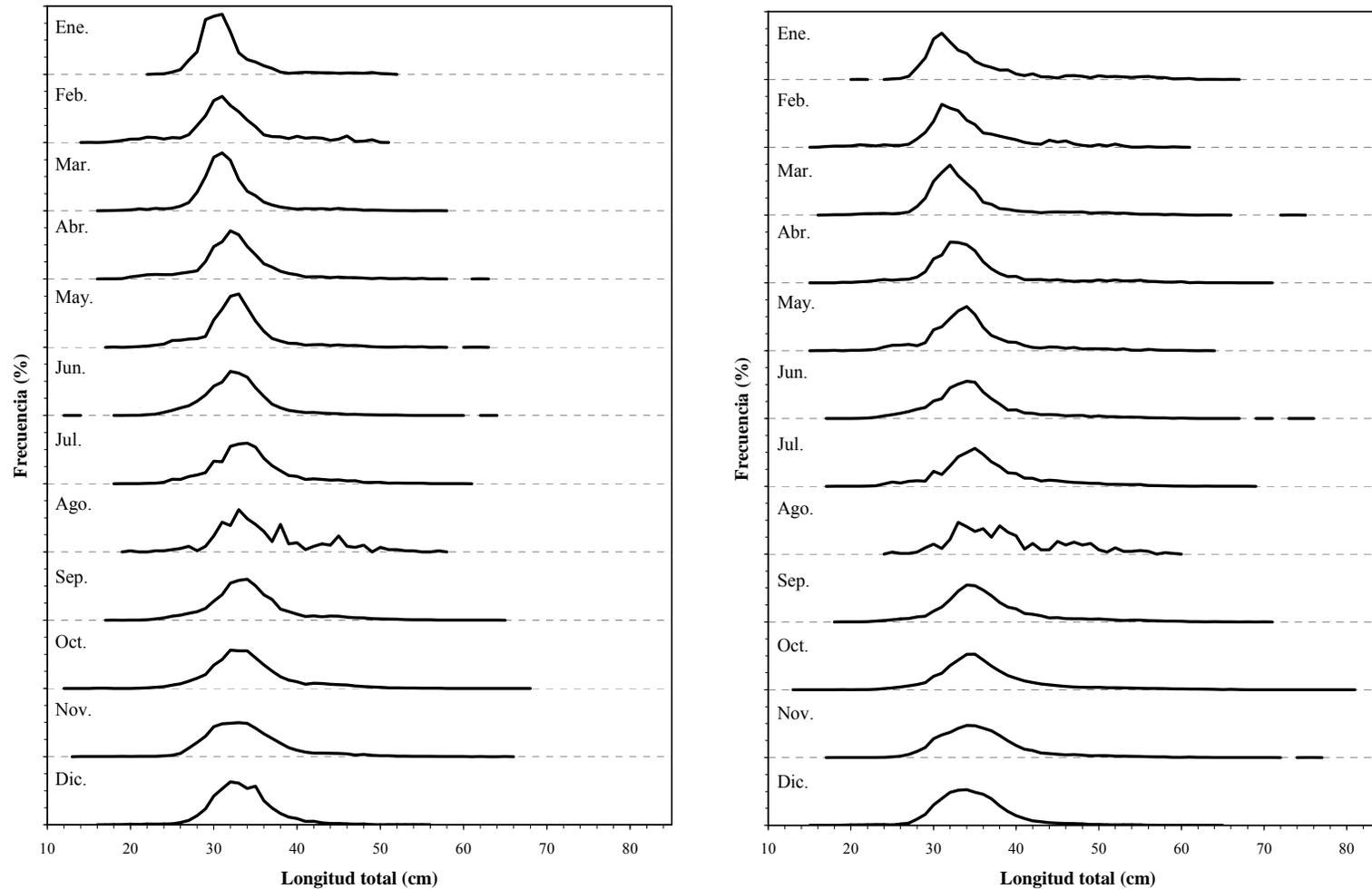


Figura 14. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de estudio en 2005. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

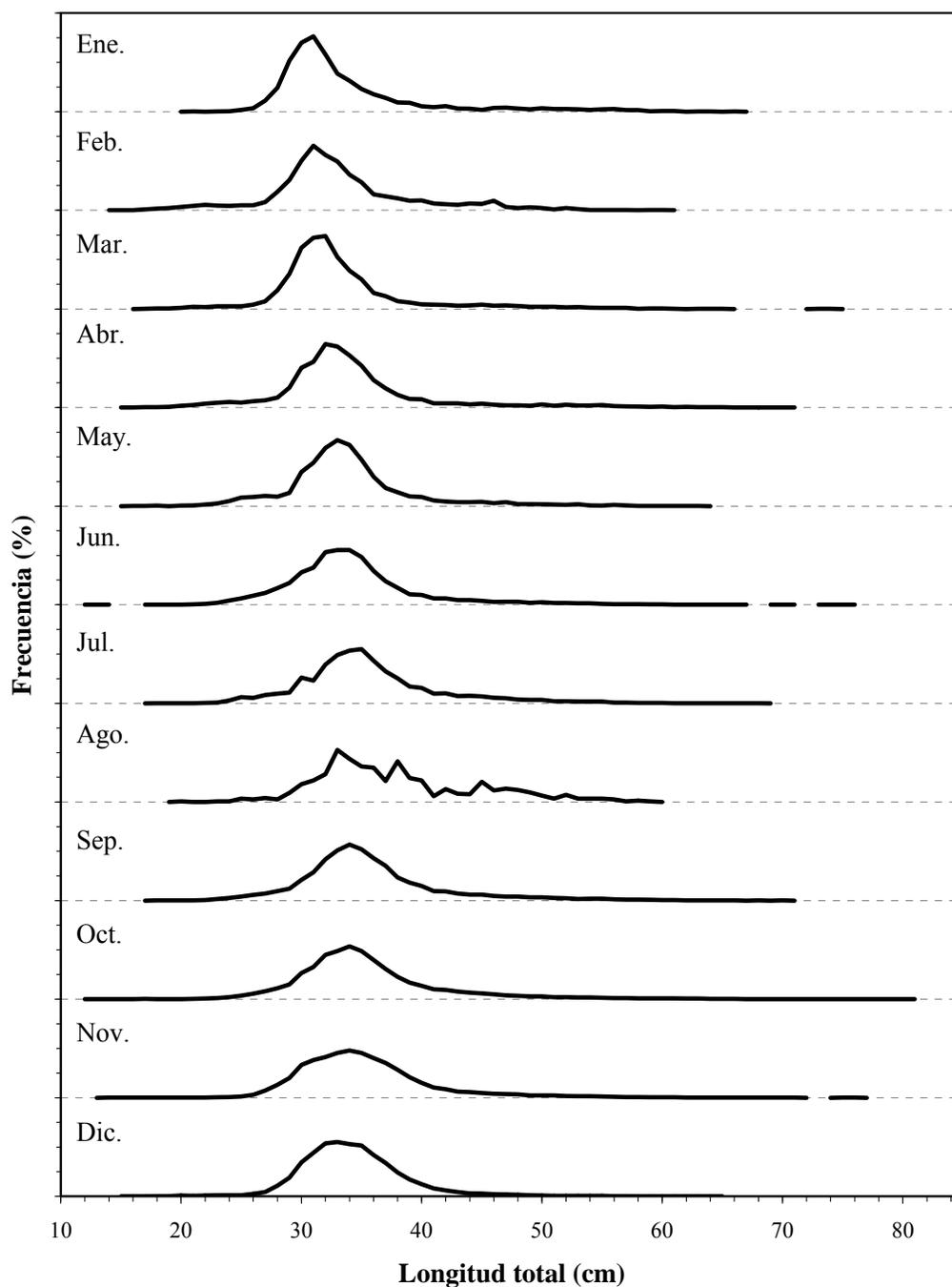


Figura 15. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en el área de estudio en 2005. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

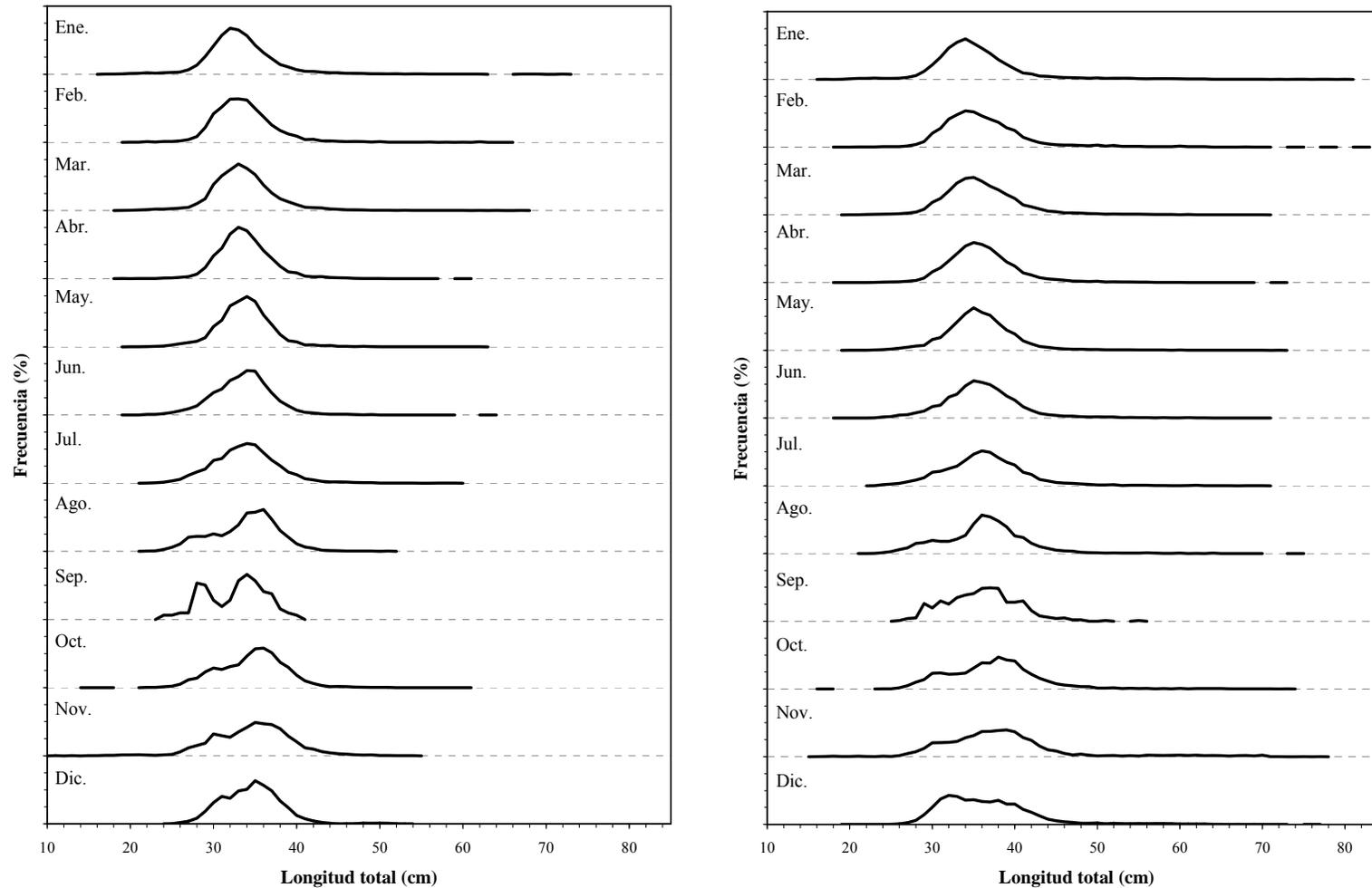


Figura 16. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de estudio en 2006. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

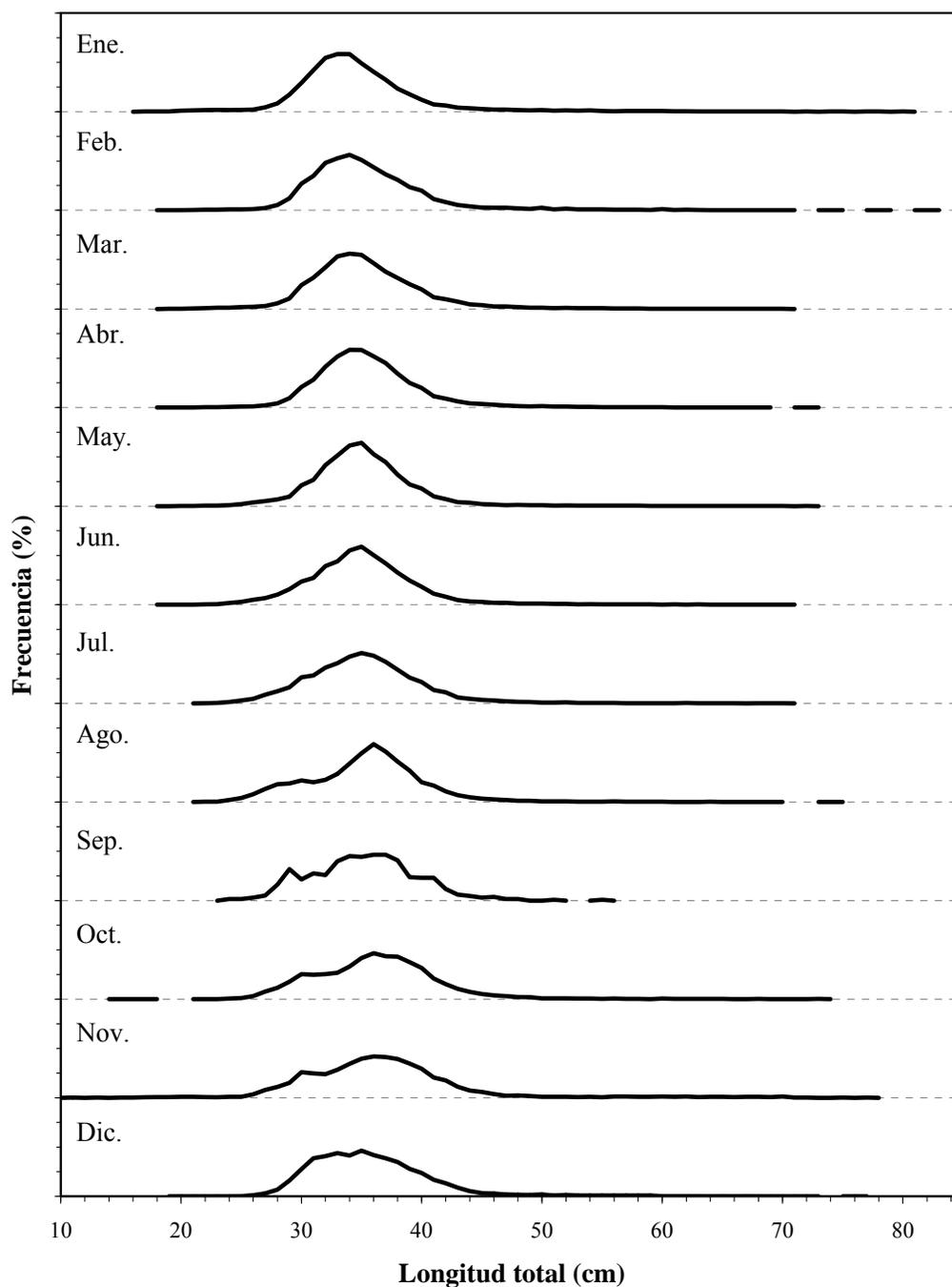


Figura 17. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en el área de estudio en 2006. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

En el año 2007, de manera similar a lo ocurrido en el año 2006, la composición de tamaños en las capturas mensuales de merluza común fue unimodal, tanto en machos como en hembras (Figura 18), y así también para los sexos combinados (Figura 19). Al respecto, cabe señalar que no existió muestreo en el mes de septiembre debido a la aplicación de una veda reproductiva en el período agosto-septiembre. En diciembre, el muestreo se realizó sólo en la Zona 2 e incluyó una sola embarcación con 12 lances debido a la no disponibilidad de cupos de embarque en ese mes en otras naves. En el Anexo 1, Figuras 133 a 138 se entrega la composición de tamaños mensual de merluza común por sexo y zona en el año 2007.

La longitud promedio de los machos fluctuó entre 32,2 cm LT en abril y 35,8 cm LT en diciembre, mientras que en el caso de las hembras, la longitud promedio fluctuó entre 34,9 cm LT en marzo y 37,5 cm LT en julio. El rango de tamaños analizado comprendió ejemplares entre 18,0 y 78,0 cm LT (Tabla 17).

Tabla 17. Estadísticos de la composición de tamaños mensual de merluza común (*Merluccius gayi*) para machos, hembras y ambos sexos en conjunto en el año 2007 para toda el área de estudio.

Sexo	Parám.	M E S											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Machos	Prom.	33,81	34,27	32,38	32,20	33,22	33,55	36,80	32,29		33,02	33,19	35,82
	D.E.	3,11	3,20	3,30	2,95	2,83	2,91	4,23	2,94		3,10	2,48	5,59
	Mín.	20,0	22,0	22,0	20,0	24,0	20,0	23,0	25,0		18,0	27,0	27,0
	Máx.	45,0	44,0	45,0	50,0	45,0	43,0	45,0	50,0		53,0	40,0	44,0
	Moda	34,0	35,0	31,0	31,0	34,0	33,0	36,0	33,0		32,0	32,0	36,0
	n	1029	566	1194	746	730	768	358	320		527	551	286
Hembras	Prom.	34,99	36,55	34,86	35,48	36,40	35,90	37,47	35,43		36,65	36,51	36,49
	D.E.	4,27	4,95	4,81	4,91	4,77	3,81	5,52	3,82		3,46	3,20	7,00
	Mín.	20,0	22,0	20,0	21,0	25,0	23,0	24,0	25,0		18,0	29,0	27,0
	Máx.	78,0	59,0	68,0	71,0	60,0	64,0	65,0	60,0		50,0	54,0	56,0
	Moda	32,0	35,0	33,0	33,0	34,0	35,0	34,0	35,0		36,0	36,0	37,0
	n	2061	564	1786	947	1010	1660	492	680		523	399	1855
Ambos	Prom.	34,60	35,41	33,87	34,04	35,06	35,16	36,35	34,42		34,83	34,58	36,40
	D.E.	3,96	4,32	4,44	4,47	4,36	3,72	5,18	3,85		3,75	3,25	6,86
	Mín.	20,0	22,0	20,0	20,0	24,0	20,0	23,0	25,0		18,0	27,0	27,0
	Máx.	78,0	59,0	68,0	71,0	60,0	64,0	65,0	60,0		53,0	54,0	56,0
	Moda	32,0	35,0	32,0	33,0	34,0	35,0	34,0	34,0		35,0	34,0	37,0
	n	3090	1130	2980	1693	1740	2428	850	1000		1050	950	2141

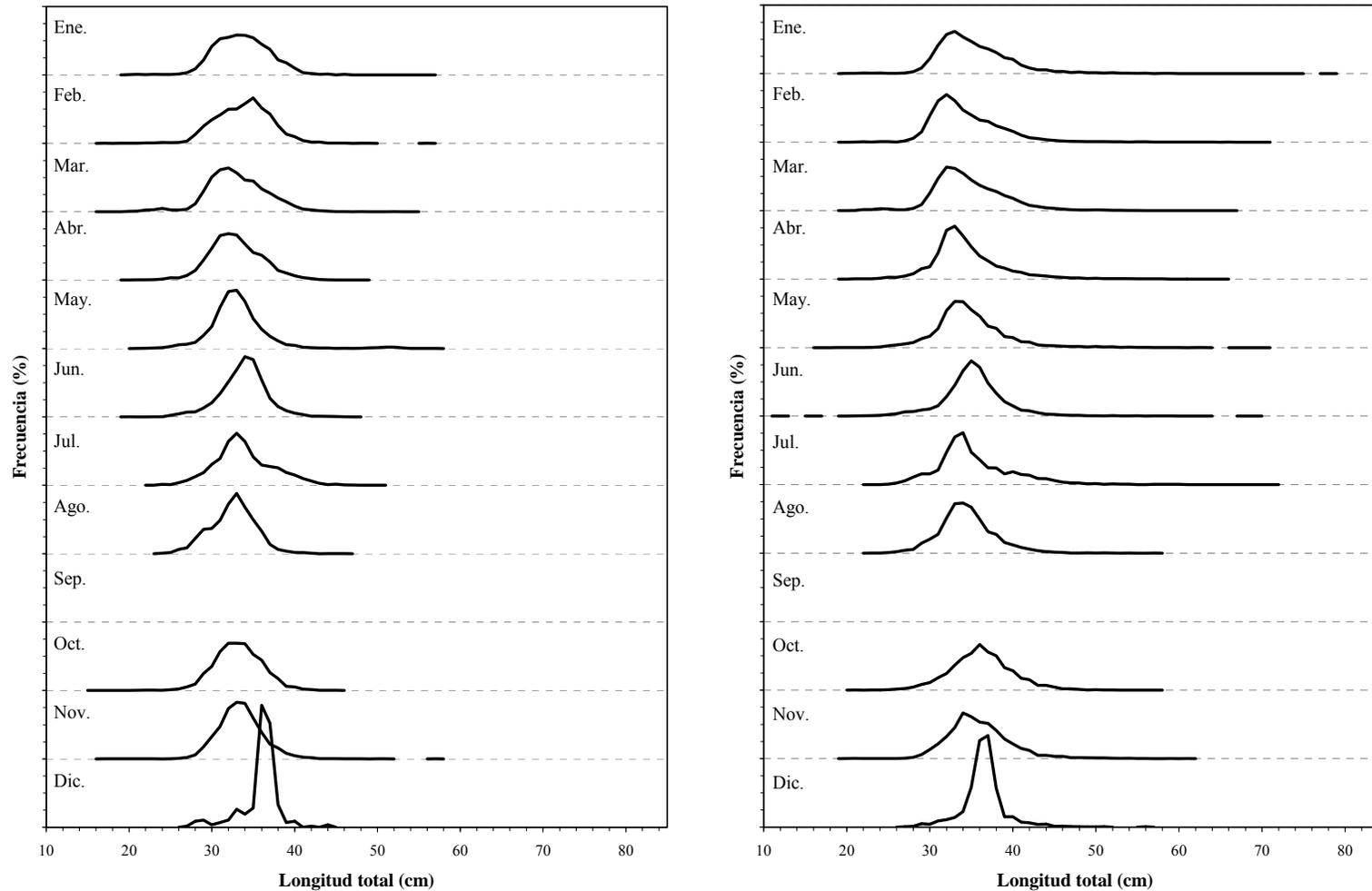


Figura 18. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de estudio en 2007. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

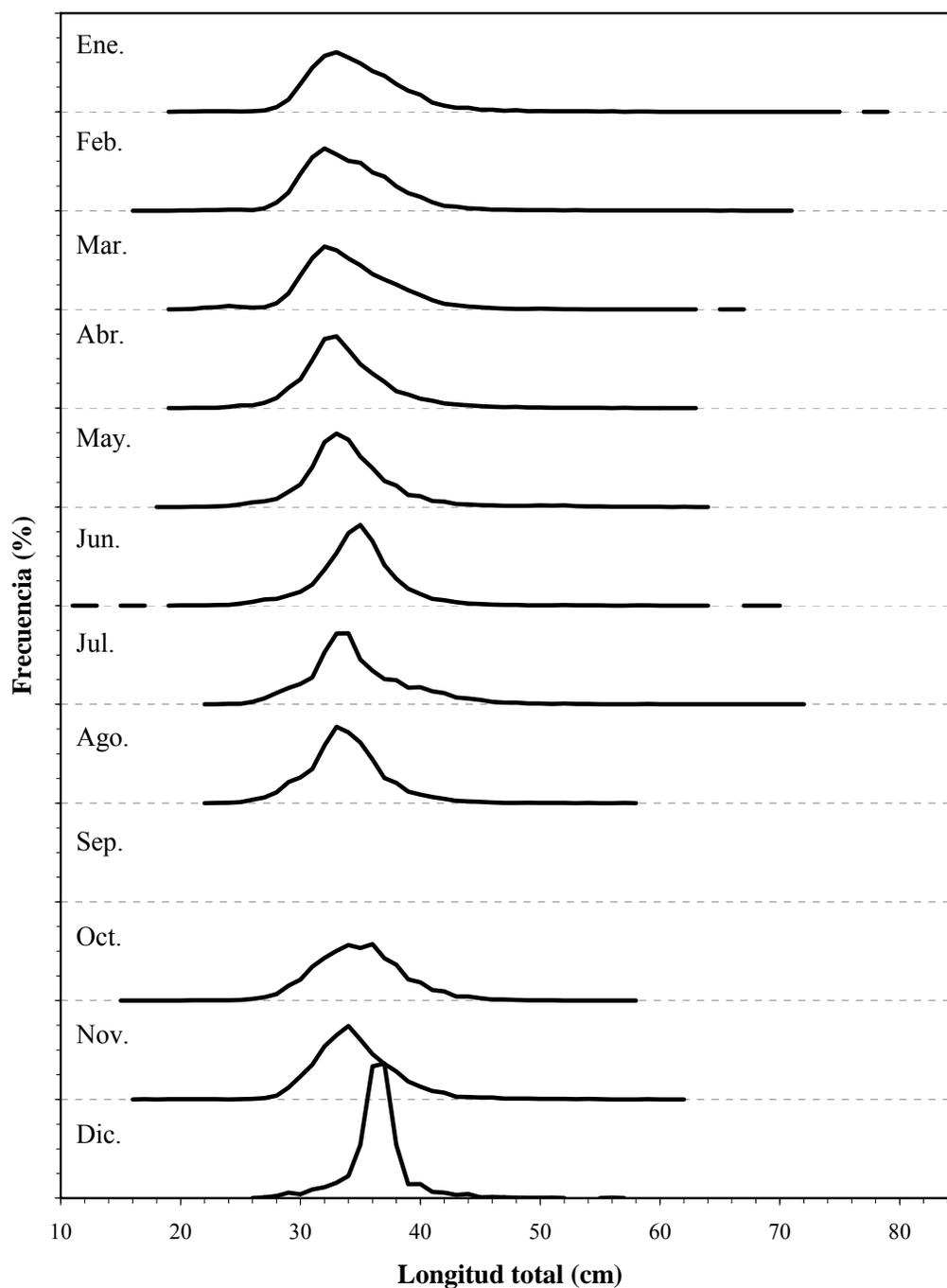


Figura 19. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en el área de estudio en 2007. Cada división en el eje Y corresponde a 20%.

#### **4.2.2. Relación talla-peso**

La relación longitud total-peso total de merluza común, por sexo, fue calculada sin distinción de zonas debido que en algunos períodos no se contó con los registros de peso de los ejemplares colectados.

La relación longitud total-peso total mensual y por sexos se ajustó a una función de tipo potencial en todos los meses analizados entre enero de 2001 y noviembre de 2007, y cuyos parámetros se entregan en la Tabla 33, del Anexo 2.

#### **4.2.3. Proporción sexual**

La proporción sexual, se estimó mensualmente entre enero de 1997 y diciembre de 2007 sin separación por macrozona geográfica. Al respecto, en la escala mensual, la proporción sexual, en este caso medida como la proporción de machos, mostró notorias fluctuaciones intra-anales (Figura 20). Entre enero de 1997 y diciembre de 2007 la proporción de machos en las capturas describió una tendencia decreciente (pendiente  $m = -0,189$ ,  $r^2 = 0,422$ ), la que también es evidente en la escala anual entre 1997 y 2007 (Figura 20).

#### **4.2.4. Indicadores reproductivos**

##### **4.2.4.1. Proporción de estados de madurez sexual**

Se analizó la evolución temporal (mensualmente) de la proporción de cada uno de los estados de madurez sexual (EMS) en las capturas de merluza común para toda el área de estudio encontrándose un incremento de la participación de ejemplares inmaduros (EMS-2, barras verdes) en las capturas a contar del año 2001, siendo éstos más frecuentes entre los meses de enero a mayo-junio de cada año (Figura 21).

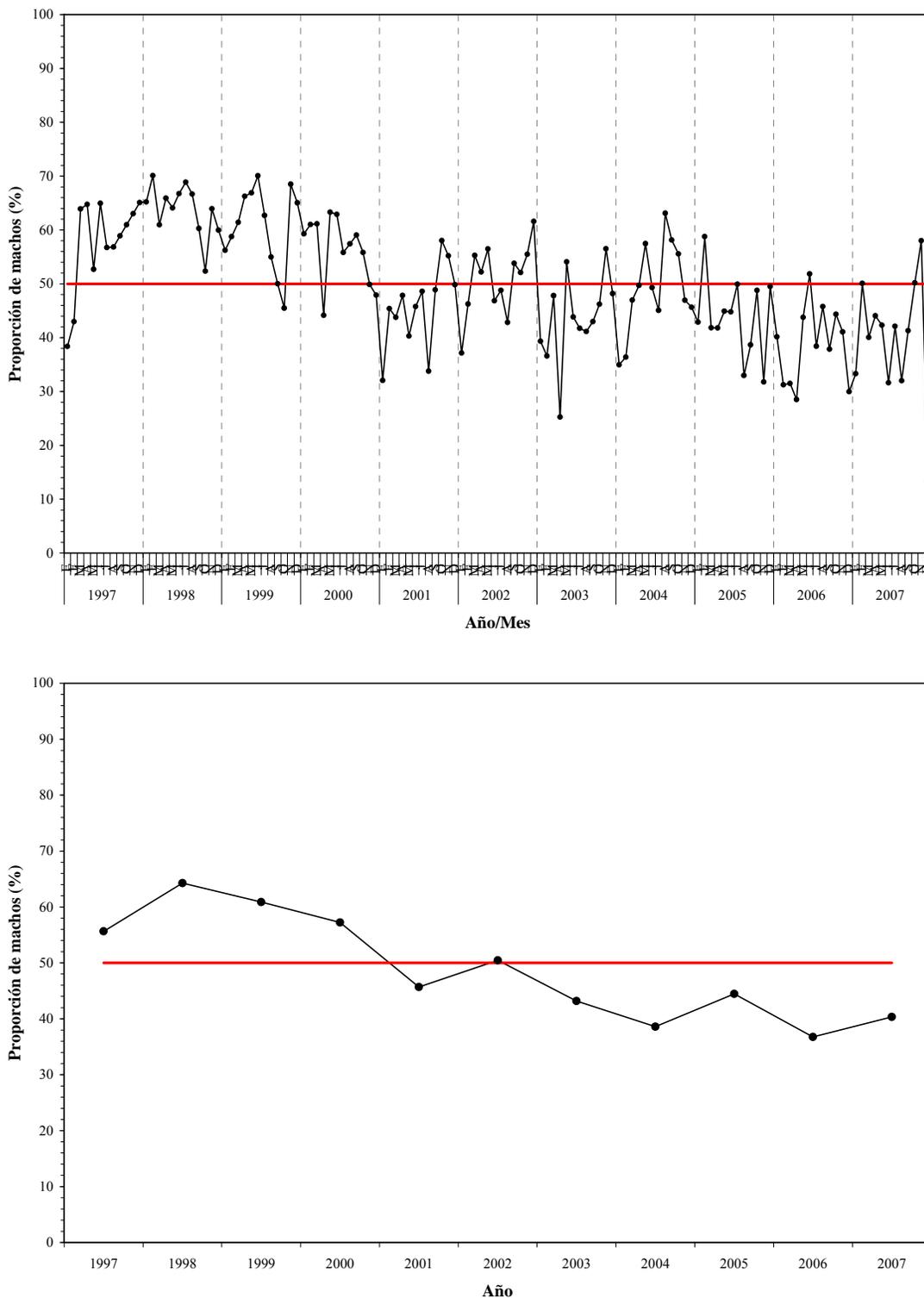


Figura 20. Proporción sexual, medida como la proporción de machos, en las capturas mensuales de merluza común (*Merluccius gayi*) entre enero de 1997 y diciembre de 2007 (arriba) y anual entre 1997 y 2007. La línea roja representa 50%.

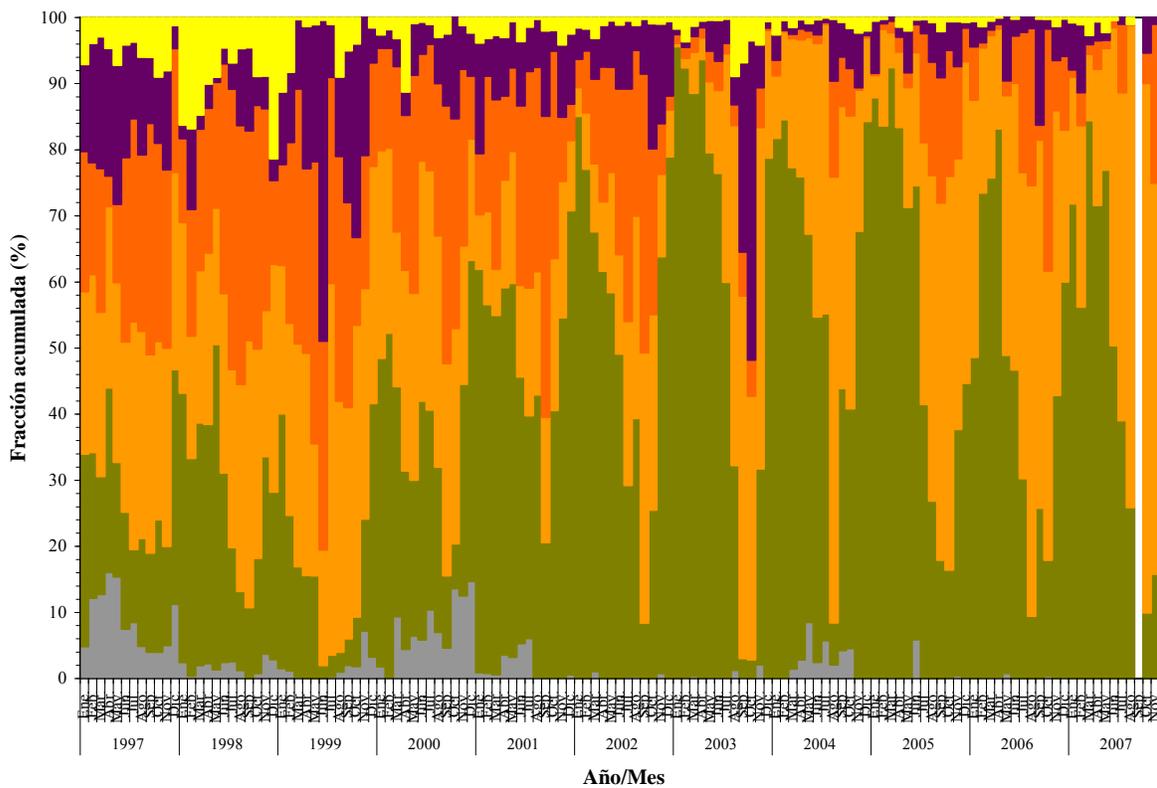


Figura 21. Evolución temporal de la proporción (%) de estados de madurez sexual de merluza común (*Merluccius gayi*) en las capturas mensuales entre enero de 1997 y diciembre de 2007. EMS-1 = gris; EMS-2 = verde, EMS-3 = anaranjado claro; EMS-3A = anaranjado oscuro, EMS-4 (hidratado) = violeta; y EMS-5 = amarillo.

Por otro lado, considerando los estados de madurez EMS-1 y EMS-2 como inmaduros, los estados EMS-3, EMS-3A y EMS-4 como maduros, y excluyendo el EMS-5 dada la mayor incertidumbre asociada a su clasificación, se estimó la proporción de madurez de merluza común entre enero de 1997 y diciembre de 2007 (Figura 22). Al respecto, se observa que entre enero de 1997 y noviembre de 2000, más del 50% de las hembras capturadas mensualmente se encontraban en estado maduro, situación que se atribuye al buen estado de situación del recurso en ese período, donde la longitud media de las hembras fluctuó entre 42,7 y 50,4 cm LT.

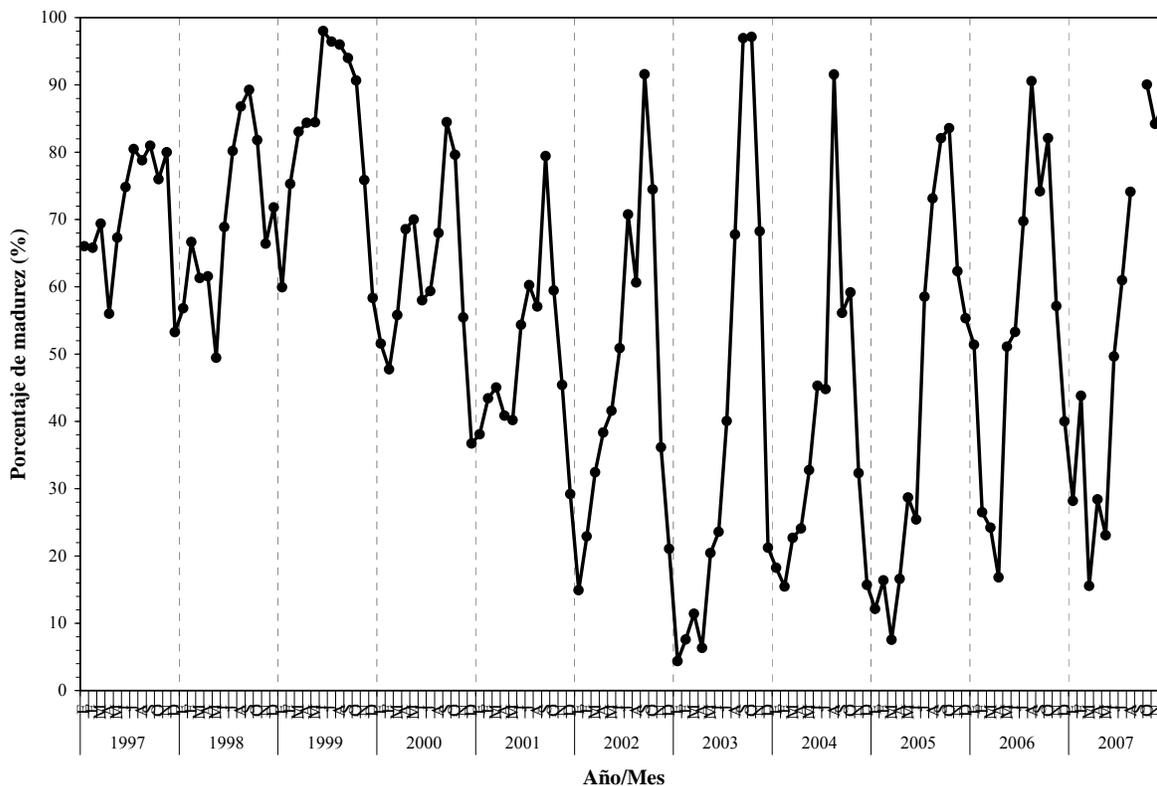


Figura 22. Evolución temporal de la proporción (%) de hembras maduras en las capturas mensuales de merluza común (*Merluccius gayi*) entre enero de 1997 y diciembre de 2007.

#### 4.2.4.2. Índice gonadosomático

El análisis del índice gonadosomático (IGS, %) se realizó para toda el área de estudio, debido a que la información biológica de años 1997 a 2001 no se encuentra georreferenciada. La variación temporal del IGS se analizó primero, excluyendo a las hembras que se encontraban con gónadas hidratadas (EMS-4), dado que este proceso incrementa el peso de las gónadas y produce una sobreestimación del IGS individual, y mensual. Segundo, se excluyó del cálculo a las hembras en estado hidratado (EMS-4) y las hembras en estado desovado (EMS-5), esto último dada la incertidumbre de asignación de ese estado, debido a que no se conoce con certeza cuanto es el tiempo que ha pasado desde el desove.

En el primer caso, excluyendo el EMS-4 (Figura 23), se observa que los máximos valores de IGS promedio se encontraron en los meses de agosto-septiembre en el año 1998, junio en el año 1999, octubre en el 2000, septiembre en los años 2001, 2002 y 2003, agosto en el año 2004, octubre en el 2005 y octubre-noviembre en el año 2006. Adicionalmente, se registraron máximos secundarios en los meses de febrero de 1998 y 2005, marzo-abril de 1999, y marzo del año 2000. En el caso del año 2007, a diferencia de todos los años anteriores, los valores máximos de IGS se alcanzaron en noviembre y diciembre (Figura 23).

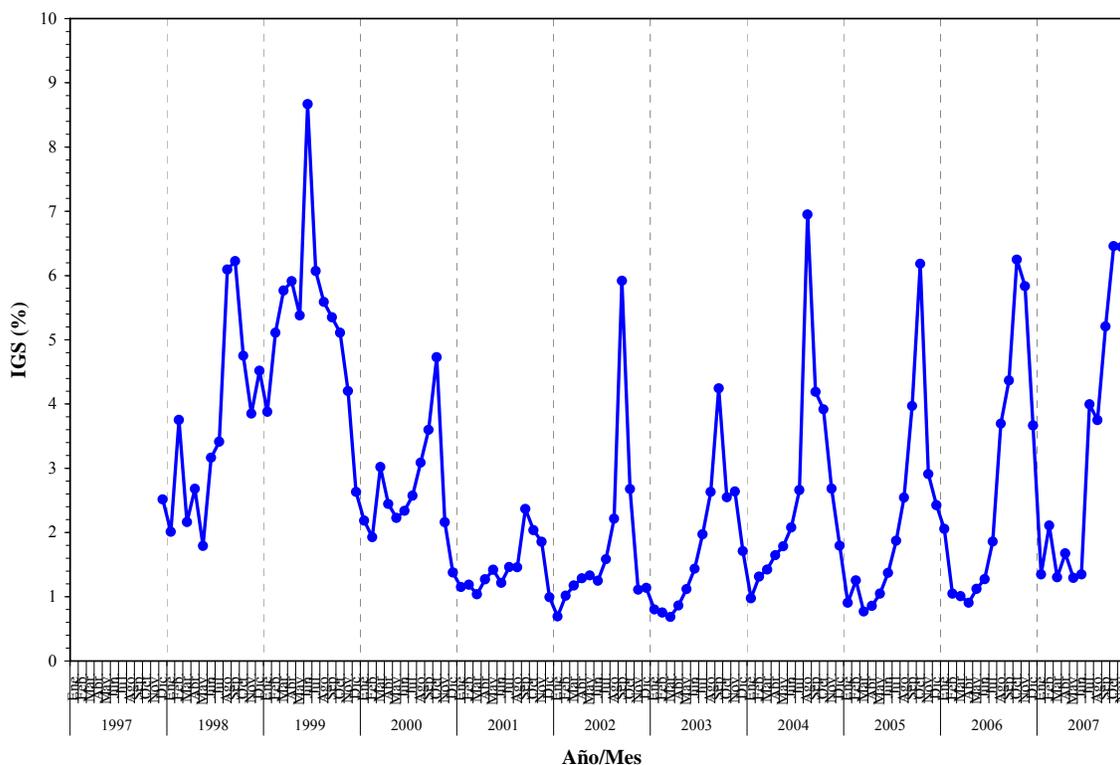


Figura 23. Evolución temporal del índice gonadosomático (IGS, %) de merluza común (*Merluccius gayi*) entre diciembre de 1997 y diciembre de 2007, excluyendo el EMS 4 (hidratado).

En el caso del IGS promedio mensual excluyendo los estados de madurez 4 (EMS-4, hidratado) y desovado (EMS-5), se observa la misma tendencia respecto del mes de ocurrencia de los valores máximos, aunque de mayor magnitud absoluta que en el caso anterior. La mayor diferencia entre ambas estimaciones radica en que los máximos secundarios se hacen

más pronunciados en el segundo caso, particularmente entre los años 1998 y 2000. Además, en el año 2007, a diferencia del caso anterior, el valor máximo de IGS se encontró en diciembre (Figura 24).

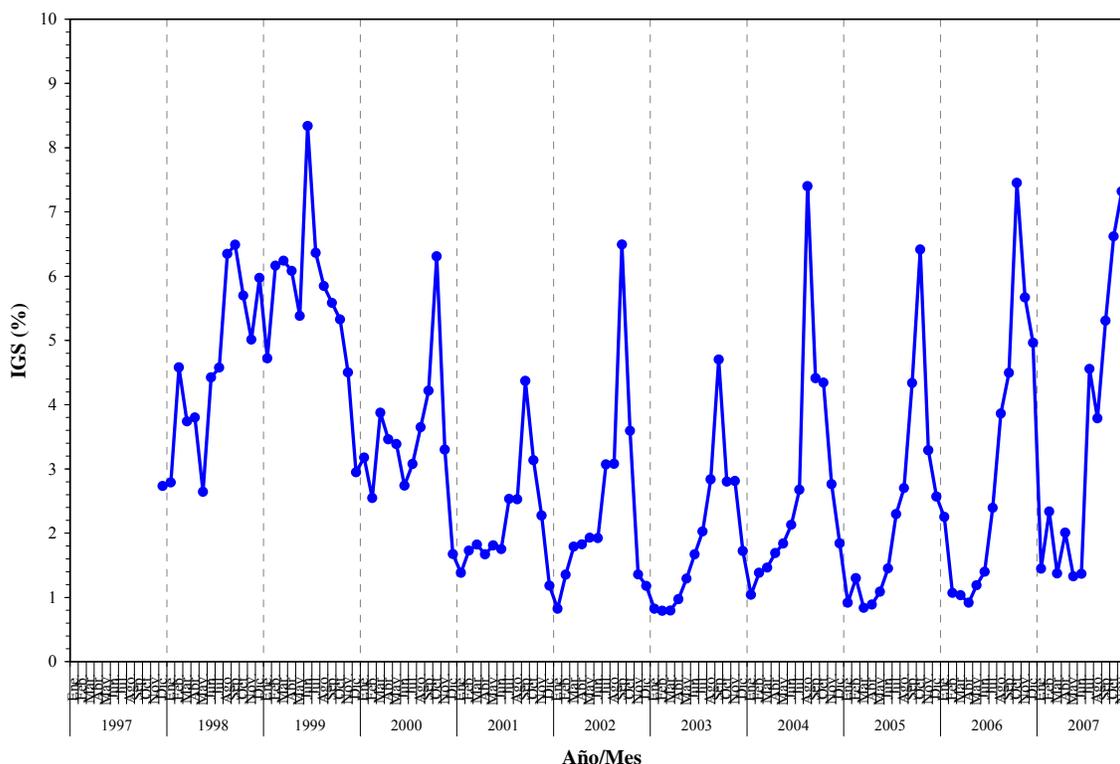


Figura 24. Evolución temporal del índice gonadosomático (IGS, %) de merluza común (*Merluccius gayi*) entre diciembre de 1997 y diciembre de 2007, excluyendo el EMS 4 (hidratado) y el EMS-5 (desovado).

#### 4.2.4.3. Índice gonádico

El índice gonádico (IG,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), dadas las mismas consideraciones que para el índice gonadosomático (IGS), fue analizado para toda el área de estudio. Al respecto, la variación mensual del IG, sigue las tendencias mostradas por el índice gonadosomático, tanto en los valores máximos principales como en los máximos secundarios (Figura 25).

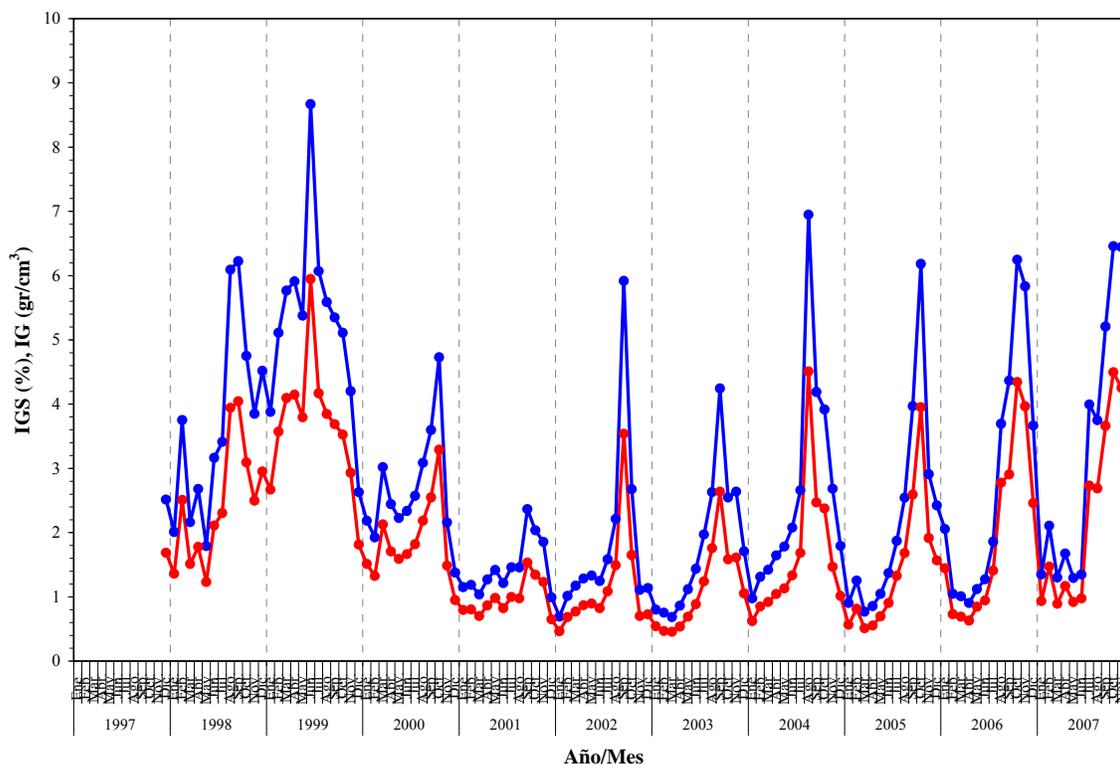


Figura 25. Evolución temporal del índice gonádico (IG,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) de merluza común (*Merluccius gayi*) entre diciembre de 1997 y diciembre de 2007, excluyendo el EMS 4 (hidratado)(línea roja) y su comparación con el índice gonadosomático (IGS, %)(línea azul).

#### 4.2.4.4. Factor de condición

El factor de condición ( $K$ ,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), que mide la aptitud o bienestar del recurso en comparación con su tamaño, se analizó para toda el área de estudio separadamente para machos y hembras entre junio de 1997 y diciembre de 2007 (Figura 26).

Al respecto, el factor de condición promedio mensual, tanto para machos como para hembras, mostró una tendencia creciente entre junio de 1997 y febrero-marzo de 1999, para luego mantenerse aproximadamente estable alrededor de  $0,73 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , en el caso de los machos y  $0,74 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , en el caso de las hembras, entre abril de 1999 y octubre de 2000 (Figura 26).

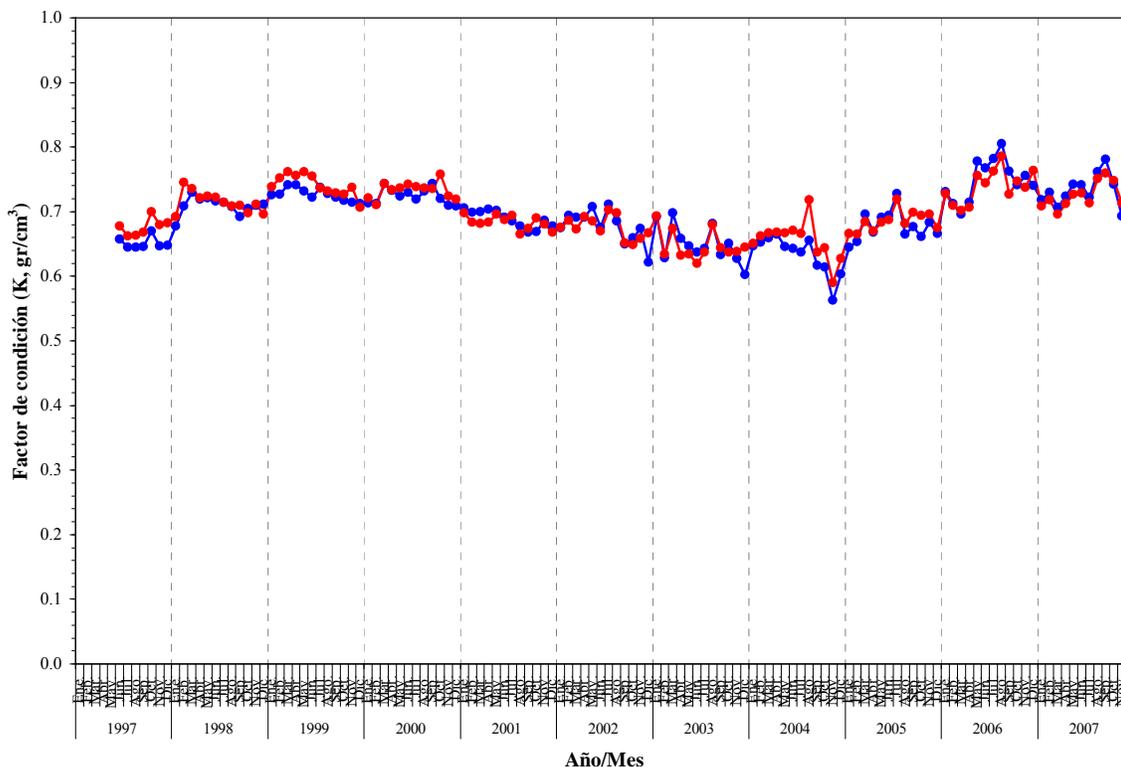


Figura 26. Evolución temporal del factor de condición ( $K$ ,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) de merluza común (*Merluccius gayi*) entre junio de 1997 y diciembre de 2007, para machos (línea azul) y hembras (línea roja).

Posteriormente, entre noviembre de 2000 y noviembre-diciembre de 2004, el factor de condición promedio mensual mostró una tendencia decreciente tanto para machos como para hembras, con pendiente  $m = -0,0130$  en el caso de los machos y  $m = -0,0183$  en el caso de las hembras. Luego de la caída del factor de condición, se ha observado un rápido crecimiento de este índice entre noviembre de 2004 y septiembre de 2006, con pendientes de valor absoluto mayor que en el período decreciente previo. En efecto, en el caso de los machos, la pendiente alcanzó a  $m = 0,0630$ , mientras que en las hembras fue  $m = 0,0446$ .

Finalmente, el factor de condición promedio mensual mostró un nuevo descenso entre noviembre de 2006 y marzo de 2007, con un nuevo incremento entre abril y septiembre y una posterior caída hacia los últimos meses de la serie, en ambos sexos (Figura 27).

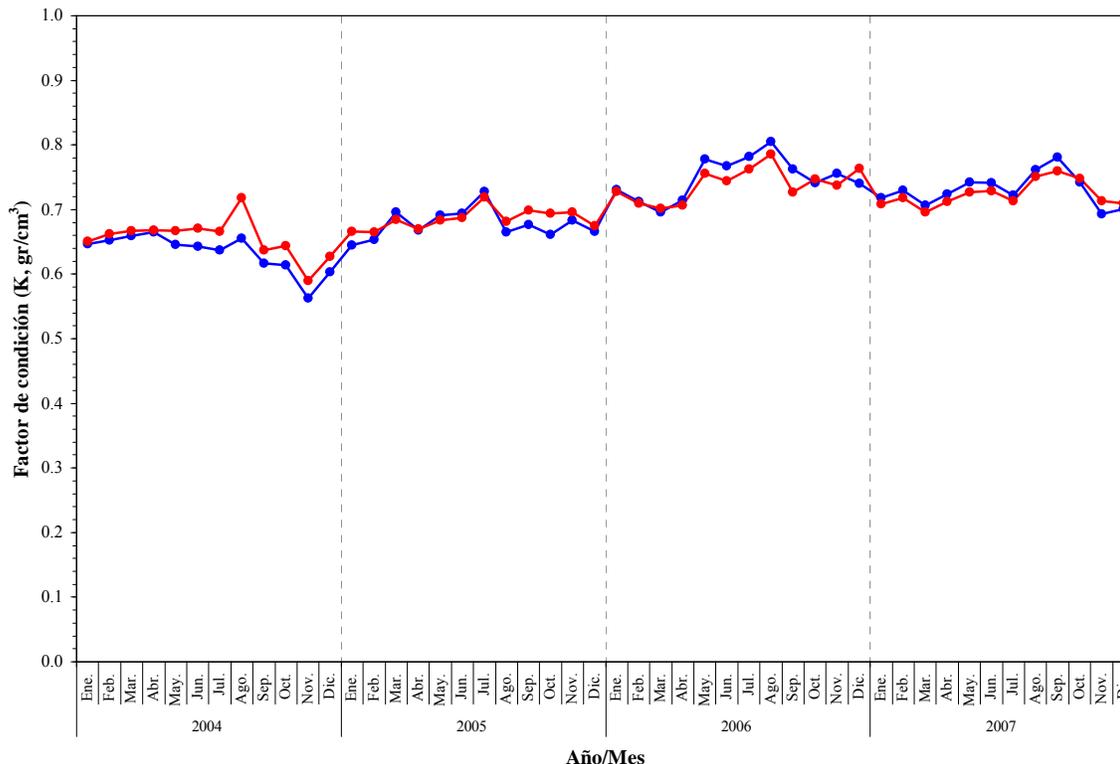


Figura 27. Evolución temporal del factor de condición ( $K$ ,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) de merluza común (*Merluccius gayi*) entre enero de 2004 y diciembre de 2007, para machos (línea azul) y hembras (línea roja).

#### 4.2.5. Época de desove

A partir del análisis de la proporción mensual de estados de madurez sexual (EMS), del índice gonadosomático (IGS, %), y del índice gonádico (IG,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) entre enero de 1997 y diciembre de 2007 se puede establecer que la época de desove principal ocurre entre julio y noviembre, y excepcionalmente comenzando en junio, siendo en promedio el mes de septiembre donde ocurre el período de máximo desove (Tabla 18).

En relación al desove secundario, para el período analizado, se presentaron tres situaciones, a saber: (1) que estuvo presente, ocurriendo en el mes de febrero de 1998, marzo de 2000 y marzo-abril de 1999; (2) que no estuvo presente, como en el caso de los años 2003, 2004 y 2006; y (3) que no existe evidencia suficiente para asegurar su ocurrencia, situación observada

en los años 2001, 2002 y 2005, siendo además esta última situación la que se habría presentado en el año 2007 (Tabla 18).

Tabla 18. Época de desove principal y secundaria, y período de máximo desove de merluza común (*Merluccius gayi*) en toda el área de estudio entre 1998 y 2007. S.E.S. = sin evidencia suficiente.

Año	Desove principal		Desove secundario
	Período	Máximo	
1998	Ago.-Oct.	Sep.	Feb.
1999	Jun.-Jul.	Jul.	Mar.-Abr.
2000	Sep.-Oct.	Oct.	Mar.
2001	Sep.-Oct.	Sep.	S.E.S.
2002	Sep.	Sep.	S.E.S.
2003	Ago.-Oct.	Sep.	Ausente
2004	Ago.-Oct.	Ago.	Ausente
2005	Sep.-Oct.	Oct.	S.E.S.
2006	Oct.-Nov.	Oct.	Ausente
2007	Ago.-Nov.	Oct.	S.E.S.

#### 4.2.6. Talla y edad media de primera madurez sexual

##### 4.2.6.1. Talla media de primera madurez sexual

La talla media de primera madurez sexual (TPMS) se estimó para la época reproductiva principal de los años 1997 a 2007 para toda el área de distribución del recurso a través de un modelo logístico, según se detalló en la Sección 3.5.8.1. Al respecto, se observa que entre 1997 y 2002, la longitud promedio de madurez sexual se encontró alrededor de 40,0 cm LT (Tabla 19, Figura 28). Entre el año 2003 y 2007, la talla media de madurez mostró una notable reducción respecto del período anterior, encontrándose alrededor de 32,2 cm LT, con un valor mínimo de 30,3 cm LT en el año 2005. En el año 2007, la TPMS presentó un incremento de poco más de 3 cm respecto del año 2005 (Tabla 19, Figura 28).

Tabla 19. Talla media de madurez sexual (TPMS, cm LT), parámetros de la función logística ajustada, error estándar (e.e.) de los parámetros e intervalos de confianza (LI= límite inferior; LS= límite superior) de la TPMS entre 1997 y 2007.

Año	Talla de madurez sexual (cm, LT)			Parámetros Función Logística			
	TPMS	LI	LS	a	e.e.(a)	b	e.e.(b)
1997	38,59	32,31	46,18	15,760	1,749	-0,408	0,035
1998	38,42	32,21	45,77	15,168	1,395	-0,395	0,038
1999	38,96	32,61	46,32	21,973	2,417	-0,564	0,058
2000	41,72	34,98	49,64	23,202	2,645	-0,556	0,047
2001	41,67	34,91	49,74	12,120	1,321	-0,291	0,025
2002	40,86	37,26	45,19	14,049	1,447	-0,344	0,038
2003	32,65	27,35	38,92	14,608	1,665	-0,447	0,049
2004	32,32	27,07	38,58	20,962	1,991	-0,649	0,062
2005	30,29	25,39	36,27	15,655	1,331	-0,517	0,051
2006	33,21	27,84	39,63	18,010	1,603	-0,542	0,050
2007	32,31	27,04	38,53	17,619	1,603	-0,545	0,047

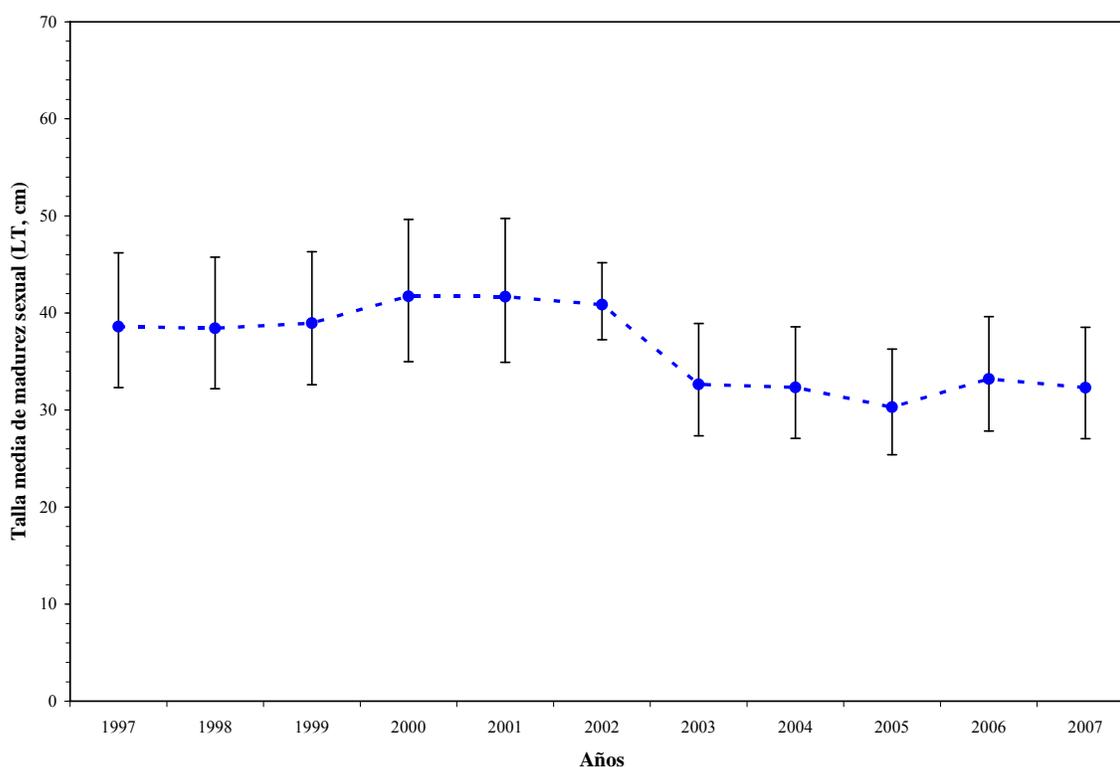


Figura 28. Talla media de madurez sexual (TPMS, cm LT) en hembras de merluza común (*Merluccius gayi*) entre 1997 y 2006. Las barras verticales representan los intervalos de confianza.

No se encontraron diferencias significativas al nivel de confianza de 95% entre las longitudes medias de madurez sexual entre los años 1997 y 2002, ni entre los años 2003 y 2007. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas de los estimados de madurez entre los períodos antes indicados (1997-2002 v/s 2003-2006). De la misma manera que con las tallas medias de madurez, las ojivas de madurez mostraron claras diferencias entre períodos, no obstante no se encontraron diferencias significativas entre las pendientes de las curvas logísticas ajustadas (Figura 29).

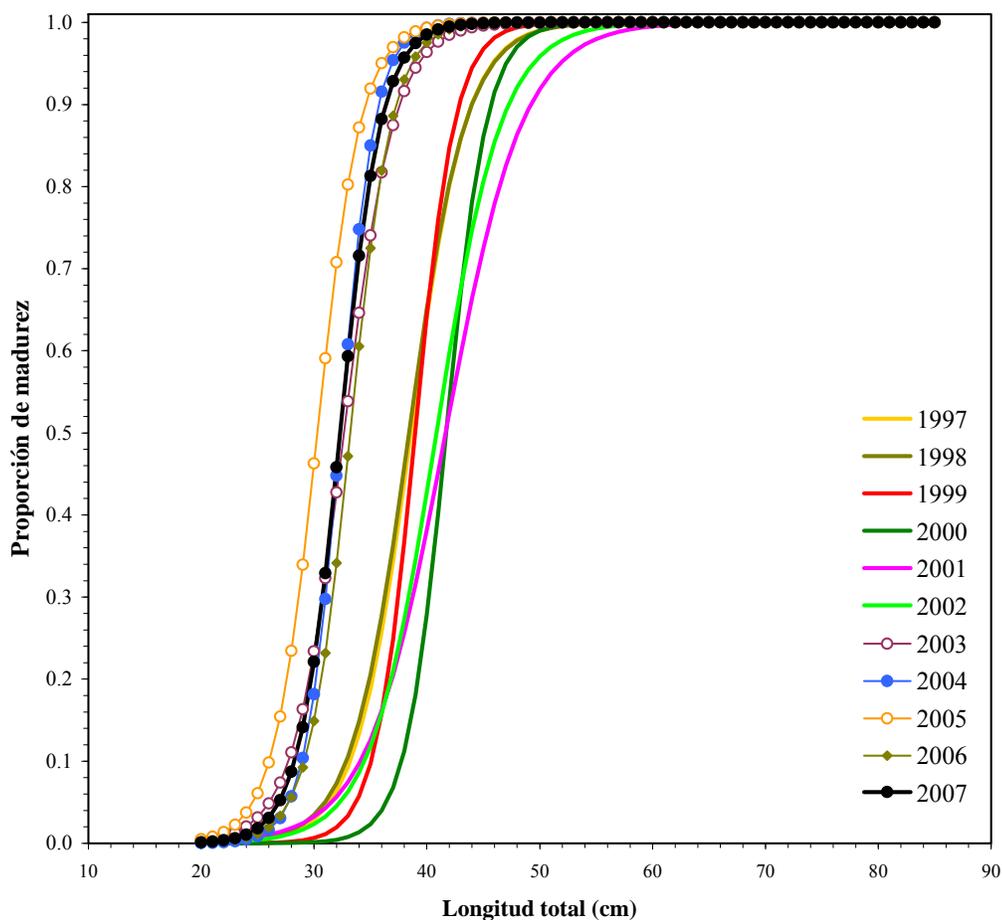


Figura 29. Ojivas de madurez sexual en hembras de merluza común (*Merluccius gayi*) entre enero 1997 y 2007. El año 1998 aparece encubierto por el año 1997 y 1999, lo mismo que el año 2006 por el 2004.

#### 4.2.6.2. Edad media de primera madurez sexual

En el caso de la edad media de madurez sexual (EPMS), ésta presenta el mismo patrón que la talla de madurez, encontrándose alrededor de 3,7 años en el período 1997-2002; y alrededor de 2,5 años entre 2003 y 2007 (Tabla 20, Figura 30).

Tabla 20. Edad media de madurez sexual (EPMS, años) entre 1997 y 2007, e intervalos de confianza (LI= límite inferior; LS= límite superior).

Año	Edad de madurez sexual (años)		
	EPMS	LI	LS
1997	3,49	2,54	4,94
1998	3,46	2,53	4,84
1999	3,55	2,58	4,96
2000	4,04	2,92	5,76
2001	4,03	2,91	5,79
2002	3,88	3,27	4,72
2003	2,59	1,90	3,55
2004	2,54	1,87	3,49
2005	2,27	1,67	3,12
2006	2,67	1,96	3,67
2007	2,54	1,86	3,48

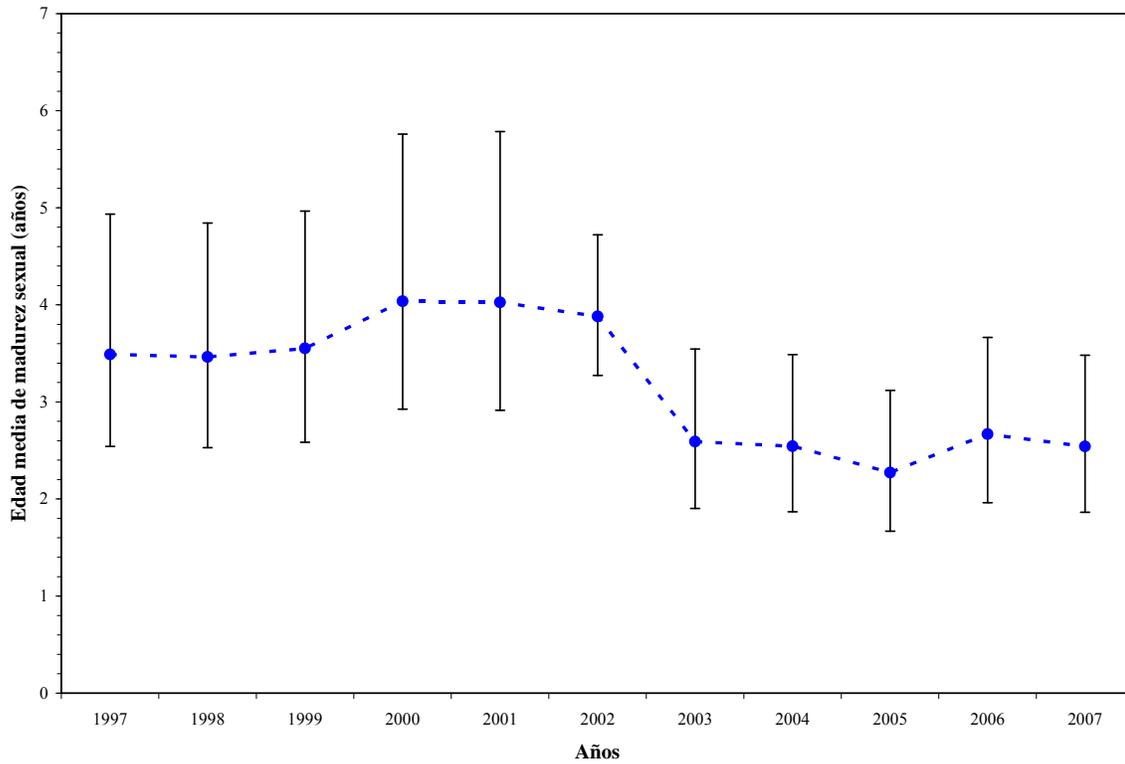


Figura 30. Edad media de madurez sexual (EPMS, años) en hembras de merluza común (*Merluccius gayi*) entre enero 1997 y 2007. Las barras verticales representan los intervalos de confianza.

### **4.3. Objetivo Específico 3**

#### **4.3.1. Época de desove**

Para el período de estudio, la época de desove se estimó considerando la proporción de los EMS y los valores del IGS y del IG. Al respecto, el análisis se separó en dos periodos, a saber: (1) invierno y primavera de 2006; y (2) verano y otoño de 2007.

##### **4.3.1.1. Invierno y primavera de 2006**

###### **4.3.1.1.1. Composición de tamaños**

La estructura de tamaños de las hembras utilizadas en el análisis de las gónadas mostró que el rango de tamaño de éstas abarcó entre 25,0 y 63,0 cm de LT y con una mayor concentración entre los 26,0 y 48,0 cm de LT. En el caso del mes de julio de 2006, éste se caracterizó por presentar una estructura de talla bimodal a nivel de los 32,0 cm de LT. El resto de los meses muestreados (septiembre, octubre y noviembre), presentaron una distribución de tallas unimodal (Figura 31). Una tendencia al incremento de los tamaños de las hembras ocurrió entre julio y octubre a medida que progresaba la estación reproductiva, para luego decaer notoriamente en noviembre (Figura 31).

###### **4.3.1.1.2. Estadios de madurez sexual (EMS)**

El análisis de los EMS se efectuó mediante la observación microscópica de las gónadas y de los ovocitos. Posteriormente, de este material se seleccionaron gónadas para su estudio mediante histología. El análisis microscópico de las muestras obtenidas en el invierno y primavera de 2006 mostraron la existencia de una importante actividad reproductiva, con algunas diferencias entre Zonas. En la Zona 1, se observó en septiembre el predominio de hembras en maduración (EMS 3), las que correspondieron a un 67% del total (Figura 32A). Los EMS indicativos de desove (EMS 4 y 5) y los desovados (EMS 6) representaron el 16%

de las hembras. En la Zona 2, en septiembre se observó una situación semejante, con los EMS indicativos de desove equivalentes a 19% de las hembras.

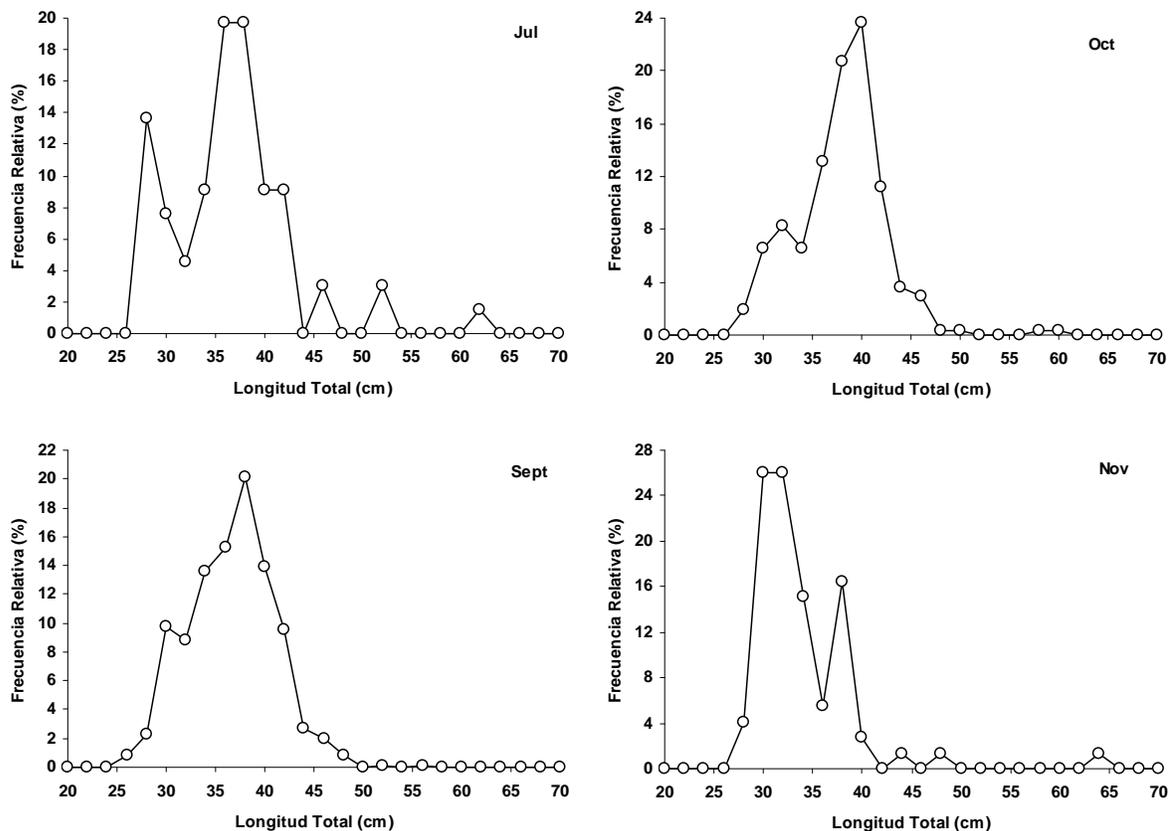


Figura 31. Distribución de frecuencias de talla mensual de las hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, utilizadas en el análisis de las gónadas en el año 2006.

En noviembre, en esta zona se produjo un cambio en las proporciones de los EMS, con una disminución del EMS 3 y un aumento de los peces desovados, que alcanzaron a 22% (Figura 32B). Esto estaría indicando que una parte importante de la población ya desovó en esta zona. Para la Zona 3 se contó además, con muestras de julio. Los EMS 1, 2 y 3 mostraron una tendencia muy similar al descenso en su participación porcentual desde julio a octubre. En cambio, los EMS 4 y 5 mostraron un importante incremento en ese período de tiempo. Llama la atención que el EMS 6 (desovados) presentó los valores más bajos de todos los EMS considerados, sin una tendencia clara en su evolución temporal (Figura 32C). El incremento en

los EMS representativos de desove (EMS 4 y 5) apunta a que en octubre el desove no declinaba en la Zona 3.

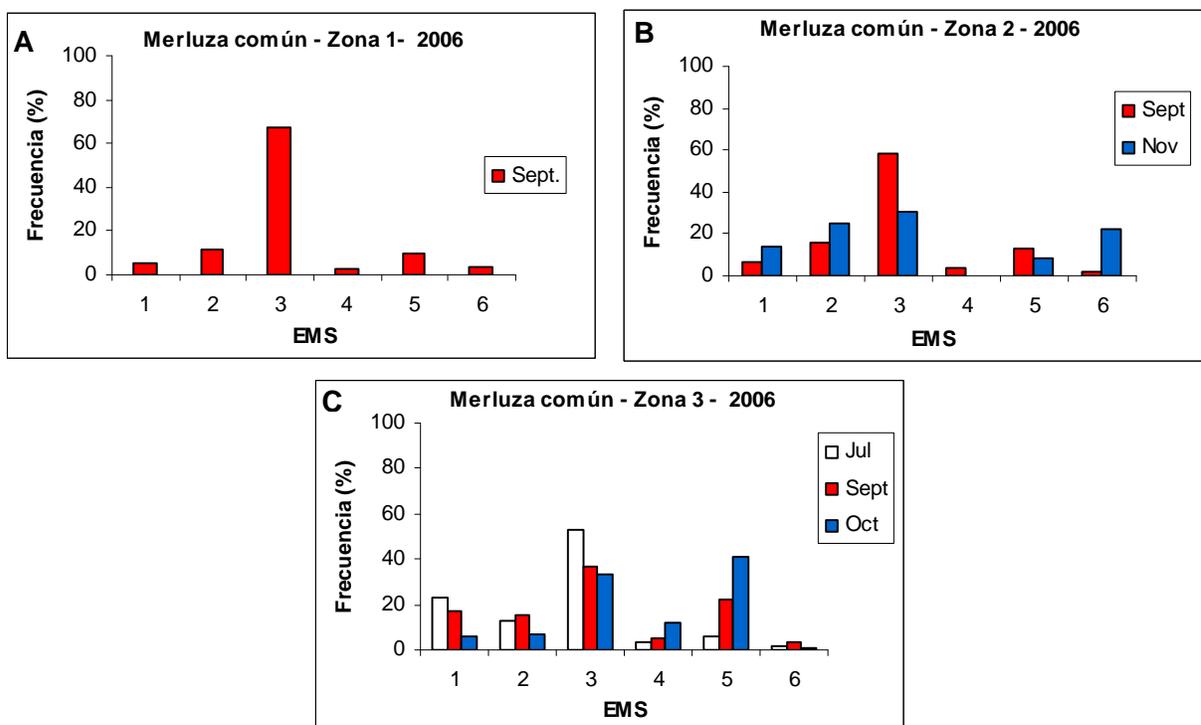


Figura 32. Estadios de madurez sexual (EMS) en la merluza común *Merluccius gayi*, en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) durante el año 2006.

Para el análisis histológico de las gónadas, se dispuso de material obtenido en 14 días de muestreo entre julio y noviembre del 2006, muestreándose 2211 ejemplares de los cuales 930 fueron identificados machos, 1261 hembras y 20 indeterminados. Para el análisis de los estadios de madurez por histología se consideraron sólo 886 hembras.

El análisis histológico para el período de estudio (Figura 33), mostró siempre una baja incidencia de hembras inmaduras (EMS 2) que no sobrepasaron el 10% relativo al total de cada mes (julio a noviembre). Para julio y septiembre, los ovarios vitelados (EMS 4) fueron los que predominaron del resto de los estadios con un 57%, posteriormente a partir de octubre disminuyó para dar paso a la incidencia al estadio de madurez con núcleo migrante (EMS 5) e hidratado (EMS 6).

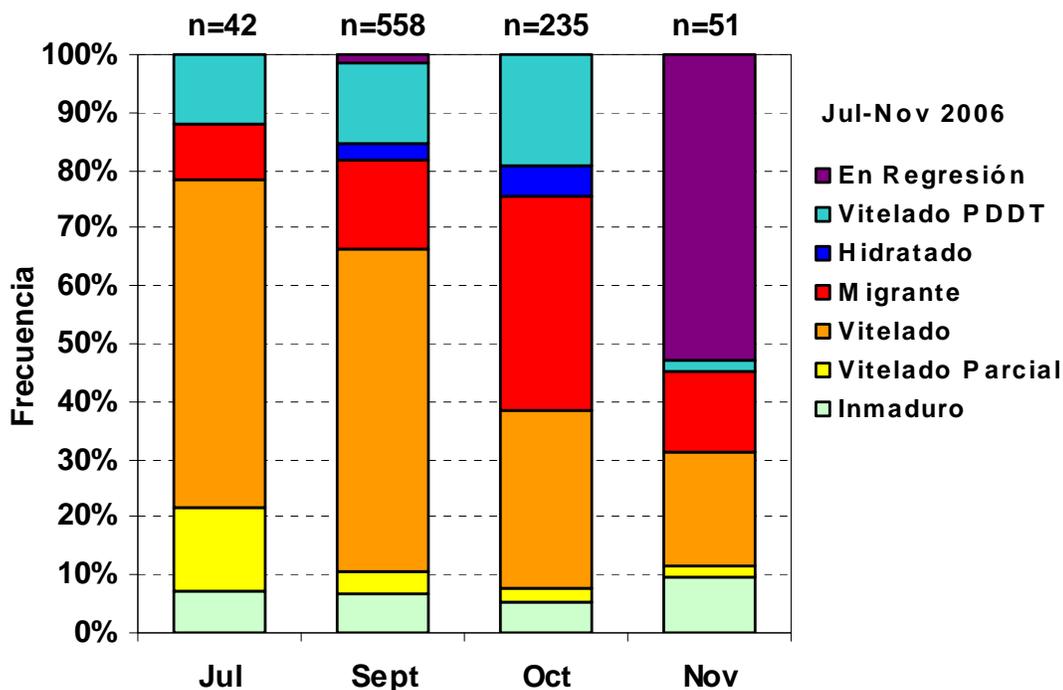


Figura 33. Frecuencia relativa de los estadios de madurez microscópicas (n = número de hembras) de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período julio a noviembre de 2006.

Entre julio y octubre se encontró un gran porcentaje de hembras en pleno proceso de desove (EMS 8) con un 12% a 19%. A medida que progresó la actividad reproductiva, se pudo constatar que en noviembre hubo un mayor predominio de ovarios en regresión (EMS 9) con un 53% (n=27), que junto con la baja incidencia de hembras en vitelogénesis (<20% de EMS 4 y 5), más la evolución mensual de atresias ováricas (Figura 34) nos indicaría una disminución de la intensidad reproductiva.

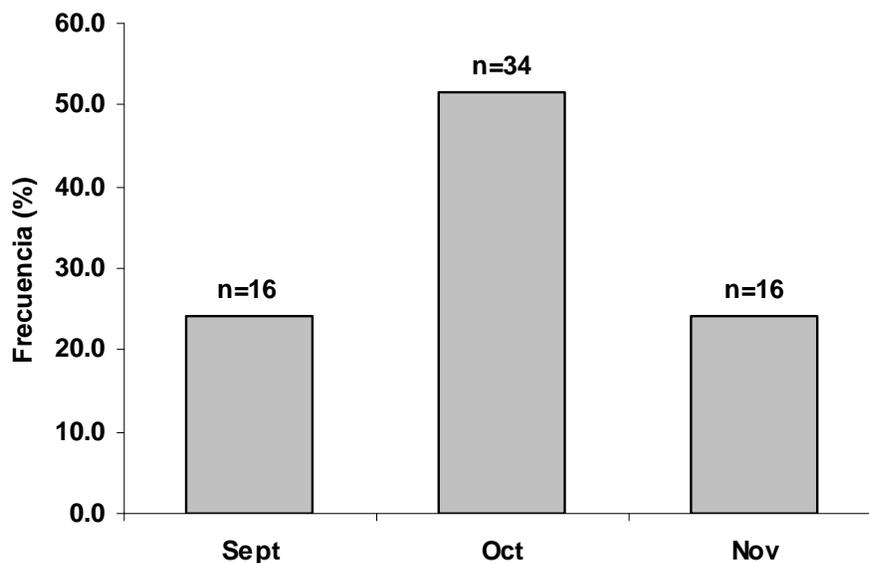


Figura 34. Distribución mensual de la incidencia de atresia ovárica de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período julio a noviembre de 2006.

La incidencia de los estadios de madurez histológicos por estrato de tallas de las hembras durante invierno-primavera de 2006 (Figura 35), mostró que los inmaduros (EMS 2) se encuentran principalmente en el estrato 26 a 45 cm. Los parcialmente vitelados (EMS 3) se presentaron entre los 26 y 50 cm LT. Los estadios vitelados (EMS 4) mostraron la mayor incidencia (> 35%) en todos los grupos de tamaños de las hembras en comparación al resto de los estadios. Las gónadas con estadios en maduración (núcleo migrante, EMS 5) se presentó entre los 26 y 60 cm LT. Las hidratadas (EMS 6) se presentaron entre los 31 y 50 cm LT, pero con una baja incidencia (<10% por estrato). Las gónadas viteladas con FPO, es decir vitelados postdesovante de tanda (EMS 8), se presentaron en casi todos los estratos entre un 4 a 50% de incidencia. Los estadios en regresión (EMS 9) se presentaron entre los estratos 26 y 50 cm LT. Por lo tanto, las hembras estuvieron activas en todos los estratos, sin embargo, la fracción más comprometida con la actividad reproductiva correspondió al estrato entre 30 y 50 cm LT, debido principalmente a la mayor frecuencia de los estadios de madurez avanzada y secundariamente a que presentaron los valores de IGS más altos (Figura 36).

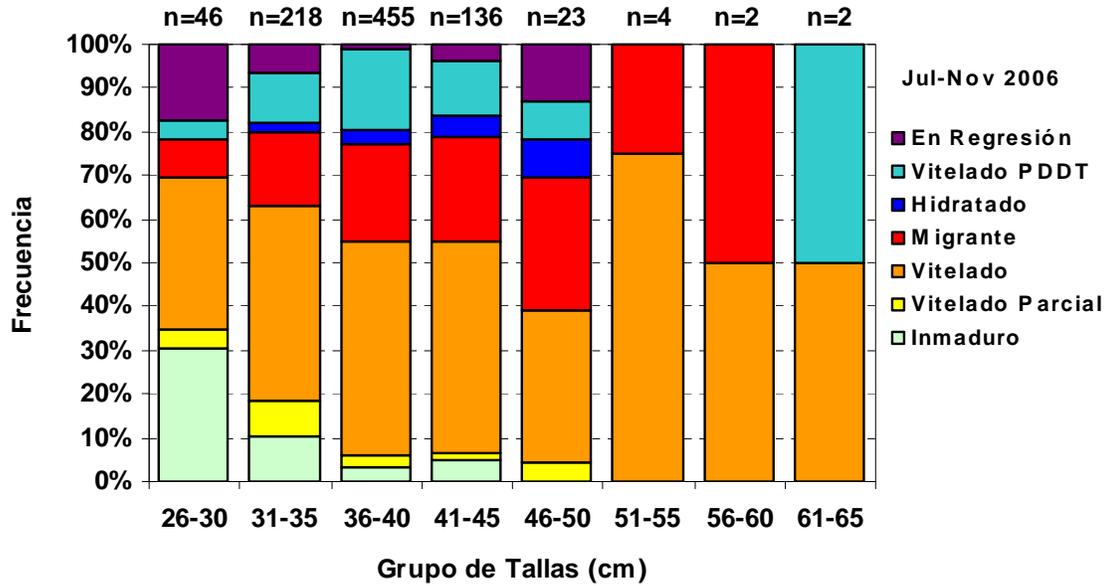


Figura 35. Distribución de la incidencia de los estadios microscópicos por estrato de tallas de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período julio a noviembre de 2006.

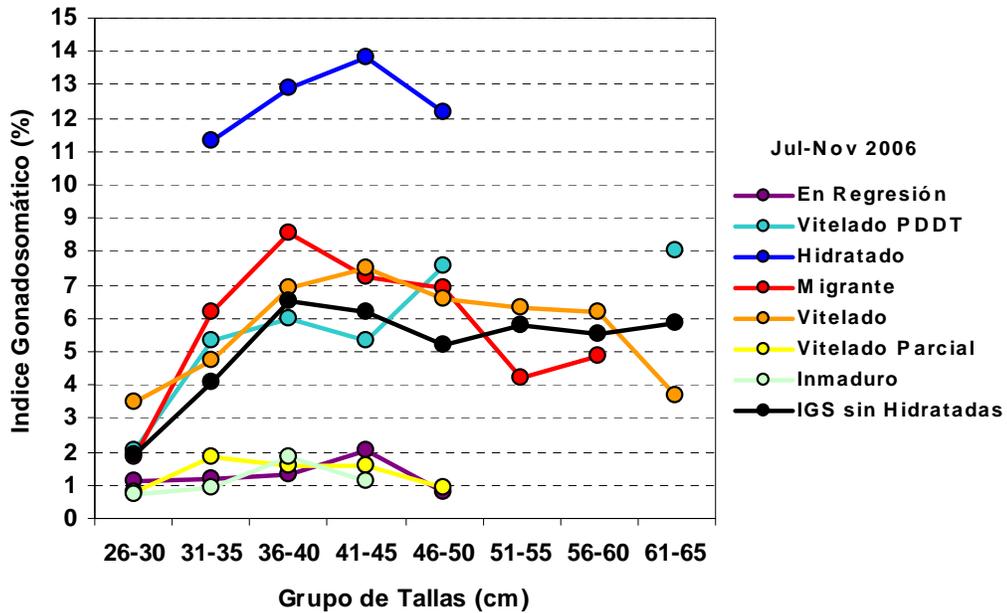


Figura 36. Distribución del índice gonadosomático (IGS, %) por estadio de madurez microscópico y estrato de talla en hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período julio a noviembre de 2006.

#### 4.3.1.1.3. Índice gonadosomático (IGS) e índice gonádico (IG)

El presente análisis complementa, en una escala temporal de meses, el análisis general de las variaciones anuales e interanuales del IGS presentadas en la sección anterior (Objetivo Específico 3). Para resaltar esas variaciones mensuales, se han incluido en el cálculo de estos índices todos los EMS. El índice gonadosomático (IGS) y el índice gonádico (IG) mostraron cambios mensuales similares (Figura 37), debido a que existe una relación lineal entre ambos indicadores reproductivos (Alarcón *et al.*, 2004).

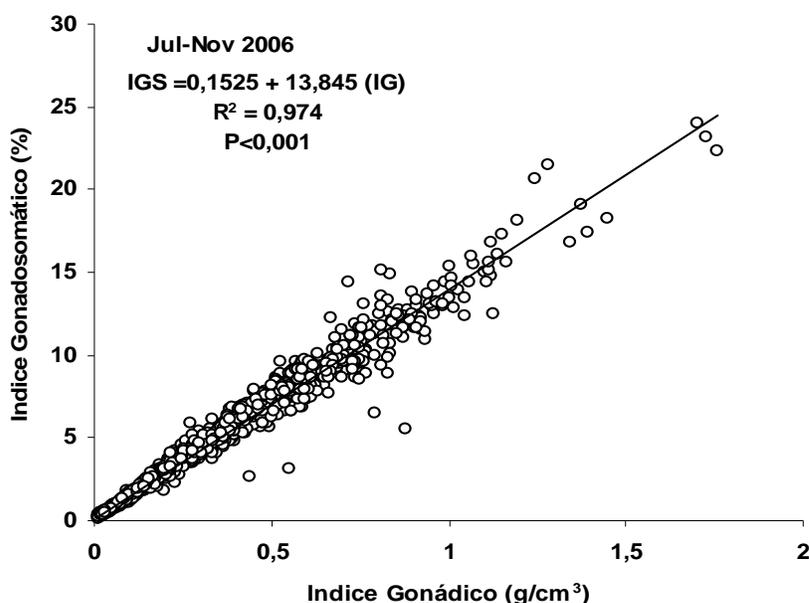


Figura 37. Relación lineal entre el índice gonádico (IG) y el índice gonadosomático (IGS) de merluza común, *Merluccius gayi*, período julio a noviembre de 2006.

Las hembras recolectadas en septiembre de 2006 presentaron en la Zona 1 un valor promedio y desviación estándar del IGS de  $5,0 \pm 3,5$  (Figura 38A). En la Zona 2, en septiembre los valores fueron  $4,2 \pm 2,0$  y en noviembre  $1,8 \pm 1,4$  (Figura 28B). El ANOVA indicó que las diferencias de las medias entre los meses eran significativas ( $F=44,94$ ; nivel de  $p=1,19$ ;  $gl=1$ ; 268), lo que se confirmó con un test de Tucker HSD, siendo las varianzas homogéneas. El descenso observado en noviembre reflejaría el término del desove.

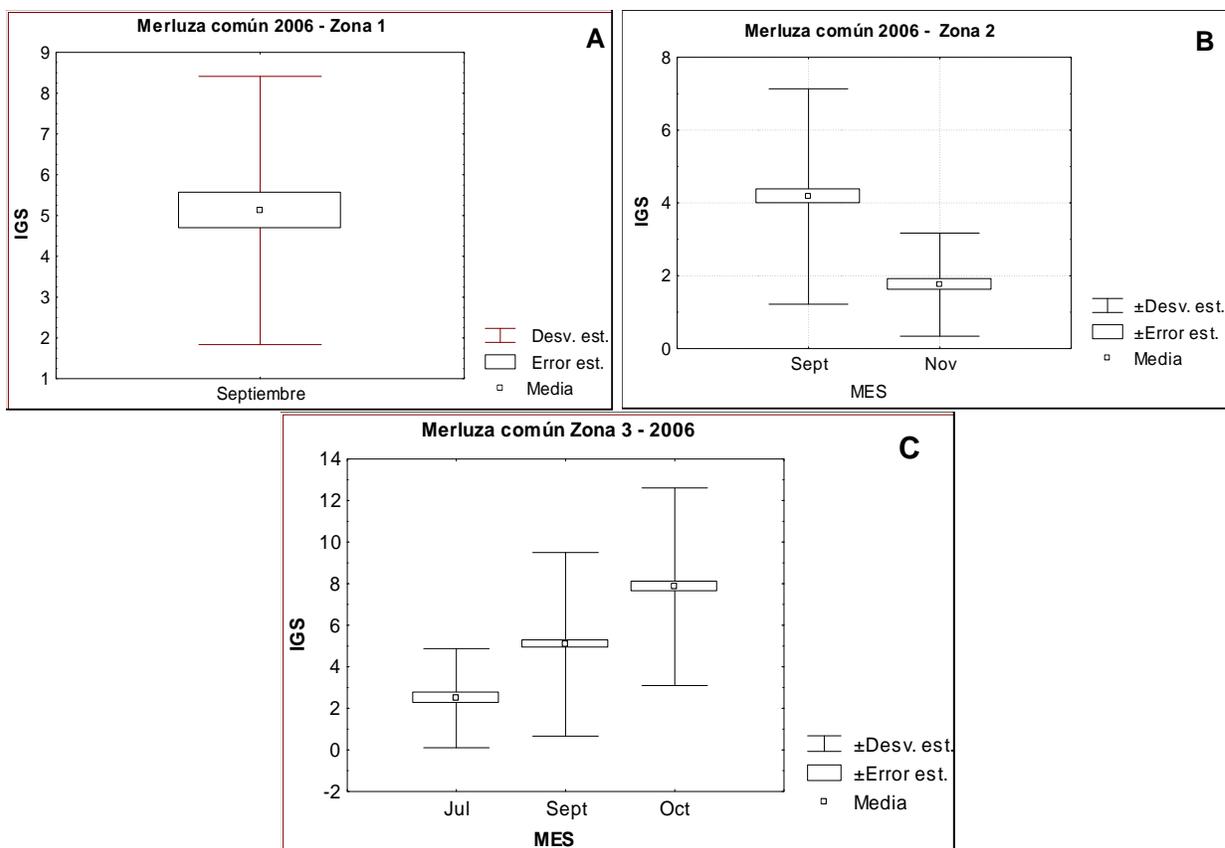


Figura 38. Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común *Merluccius gayi*, en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2006.

En cuanto a la Zona 3, el IGS en julio fue  $2,5 \pm 2,4$ ; en septiembre  $5,1 \pm 4,4$  y en octubre  $7,9 \pm 4,8$  (Figura 38C). El ANOVA señaló que existían diferencias significativas entre los meses ( $F=55,32$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=2$ ; 760), siendo las varianzas homogéneas. El test post hoc HSD de Tukey indicó que todos los meses eran diferentes entre sí. Se observó un aumento sostenido del IGS en el período de estudio, reflejando los valores de septiembre y octubre una importante actividad reproductiva.

La comparación mediante un ANOVA del IGS de septiembre de las tres Zonas consideradas, indicó que existían diferencias significativas ( $F=3,84$ ; nivel de  $p=0,02$ ;  $gl=2$ ; 804), siendo las varianzas homogéneas. Al aplicar el test post hoc HSD de Tukey para determinar el efecto de cada una de las zonas, se encontró que las diferencias son significativas entre las Zonas 2 y 3 (Figura 39). El valor menor correspondió a la Zona 2 y el mayor a la Zona 3.

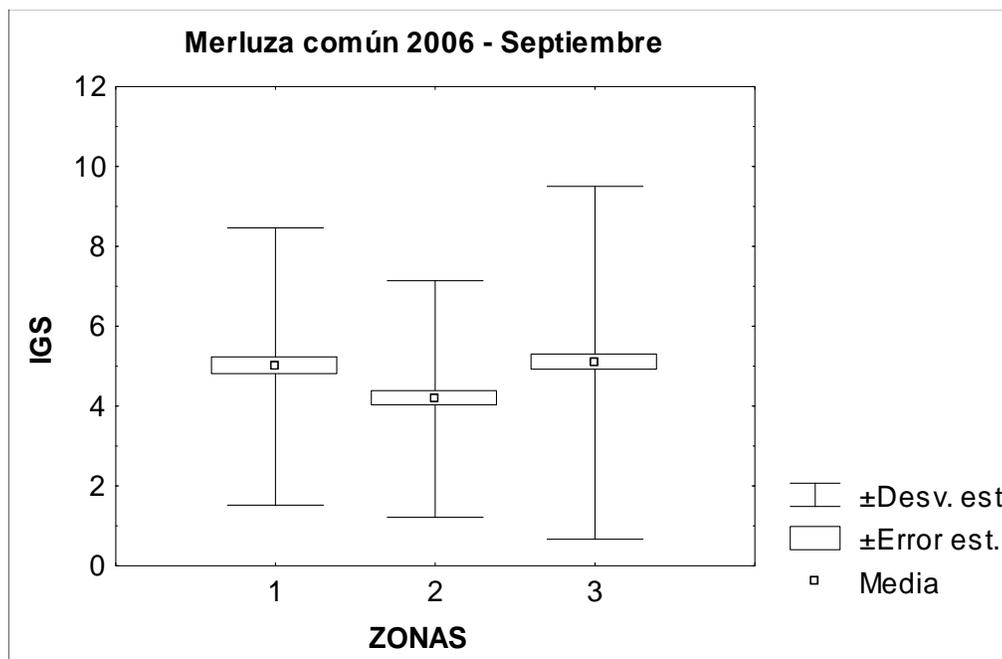


Figura 39. Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común *Merluccius gayi*, de las tres Zonas consideradas en septiembre del 2006.

El índice gonádico (IG o IGL) de la Zona 1 presentó en septiembre una media y desviación estándar de  $3,0 \pm 2,1$ ;  $n=212$  (Figura 40A). En la Zona 2, los valores en septiembre fueron  $2,6 \pm 1,8$  y en noviembre  $1,0 \pm 0,8$  (Figura 40B). Un ANOVA dio como resultado que la suma de efectos era estadísticamente significativa ( $F=49,73$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=1$ ; 268). La brusca caída del IG de noviembre podría representar el fin de la época de desove. Para la Zona 3, los valores en julio fueron  $1,7 \pm 1,6$ ; en septiembre  $3,5 \pm 3,1$ ; en octubre  $5,1 \pm 3,1$  (Figura 40C). Un ANOVA indicó que la suma de efectos era significativa ( $F=44,37$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=2$ ; 760), siendo las varianzas homogéneas. Al aplicar el test de probabilidades de Tukey HSD, se reveló que todos los meses eran estadísticamente diferentes entre sí. El valor más alto del IG de la Zona 3 se encontró en octubre, lo que reflejaría un importante proceso de desove.

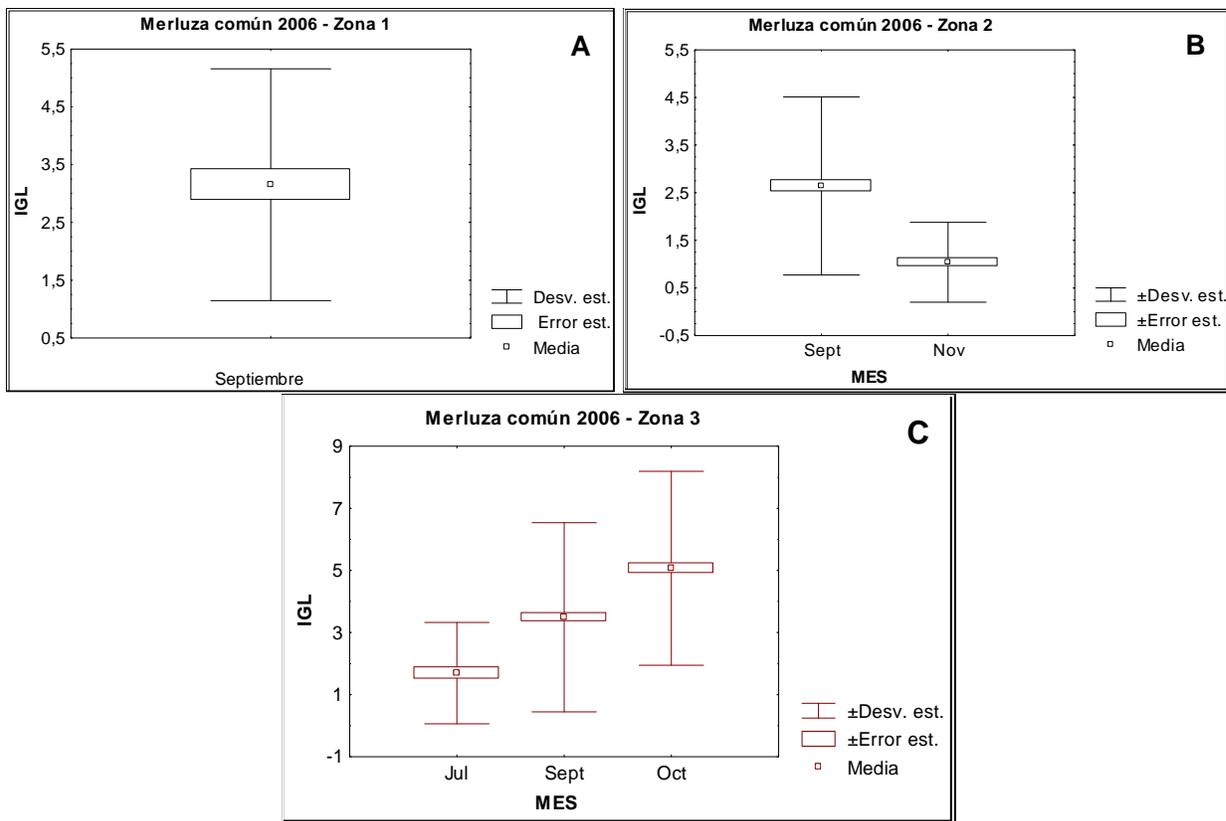


Figura 40. Índice gonádico (IG) en la merluza común, *Merluccius gayi*, en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2006.

Al comparar con un ANOVA el IG de septiembre de las tres Zonas contempladas en el estudio, se encontró que el total de efectos era significativo, con  $F=7,61$ ; nivel de  $p=0,0005$  y  $gl=2, 804$  (Figura 41), con varianzas homogéneas. El test de probabilidades post hoc de Tukey HSD indicó que había diferencias significativas entre las Zonas 2 y 3, similar al resultado correspondiente a los valores de septiembre del IGS. El valor más alto de la media correspondió a la Zona 3.

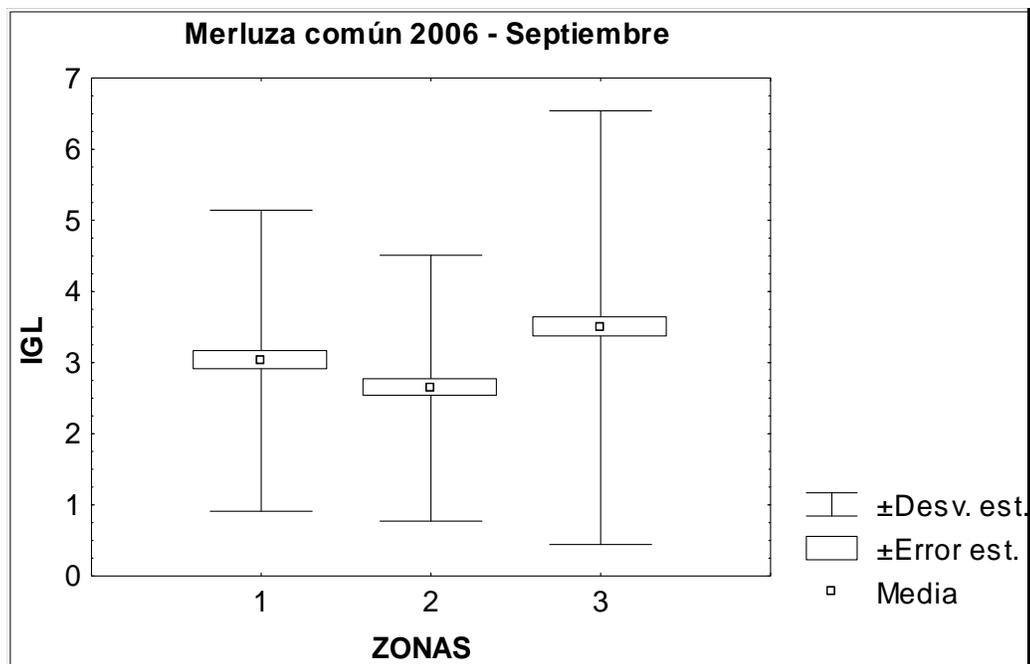


Figura 41. Índice gonádico (IGL) en la merluza común, *Merluccius gayi*, de las tres Zonas consideradas en septiembre del año 2006.

#### 4.3.1.2. Verano y otoño de 2007

##### 4.3.1.2.1. Composición de tamaños

La estructura de tamaños de las hembras utilizadas en el análisis de las gónadas abarcó entre 22,0 y 60,0 cm LT, pero la gran mayoría estuvieron concentradas entre los 30,0 y 42,0 cm LT. En los tres meses muestreados en este período (), la distribución de tallas se caracterizó por ser unimodal (Figura 42).

##### 4.3.1.2.2. Estadios de madurez sexual (EMS)

Las muestras para el análisis microscópico correspondientes a fines de verano y otoño de 2007 se caracterizaron por presentar grandes diferencias entre zonas en la proporción de los EMS. En la Zona 1, las muestras de abril y mayo presentaron una tendencia similar en la frecuencia

porcentual de los EMS, destacando los ejemplares en maduración (EMS 3) con valores cercanos al 50% y también porcentajes elevados de inmaduros.

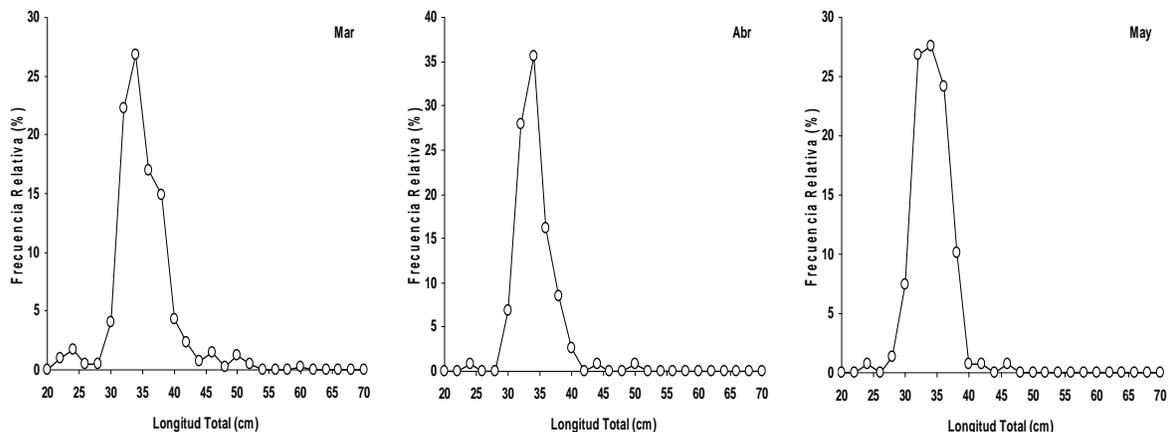


Figura 42. Distribución de frecuencias de talla mensual de las hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, utilizadas en el análisis de las gónadas en el período marzo a mayo de 2007.

Sumados los EMS 4 y 5, se obtienen valores cercanos al 10% de hembras desovantes en cada mes (Figura 43A), indicando la existencia de actividad de desove en esta zona, pero equivalente a la mitad de lo observado en la época de desove principal. En cambio, en la Zona 2, el porcentaje de peces virginales e inmaduros alcanzó a 76% en marzo y a 85% en abril, seguidos en frecuencia por las hembras desovadas, existiendo una mínima actividad de desove (Figura 43B). En el caso de la Zona 3, en marzo el 90% de las hembras correspondieron a virginales e inmaduras, más otro porcentaje mucho menor de desovadas. Esto está indicando que prácticamente no hubo desove secundario en esta zona (Figura 43C).

Respecto del análisis para determinar los EMS mediante histología gonadal, durante marzo a mayo de 2007, se muestrearon 662 hembras, de las cuales 154 se consideraron en este análisis. Debido a que no todas las zonas de estudio abarcaron el mismo período de observación, impidiendo un análisis comparativo entre zona de pesca, sólo se realizó una caracterización mensual de la condición biológicas de las 662 hembras muestreadas.

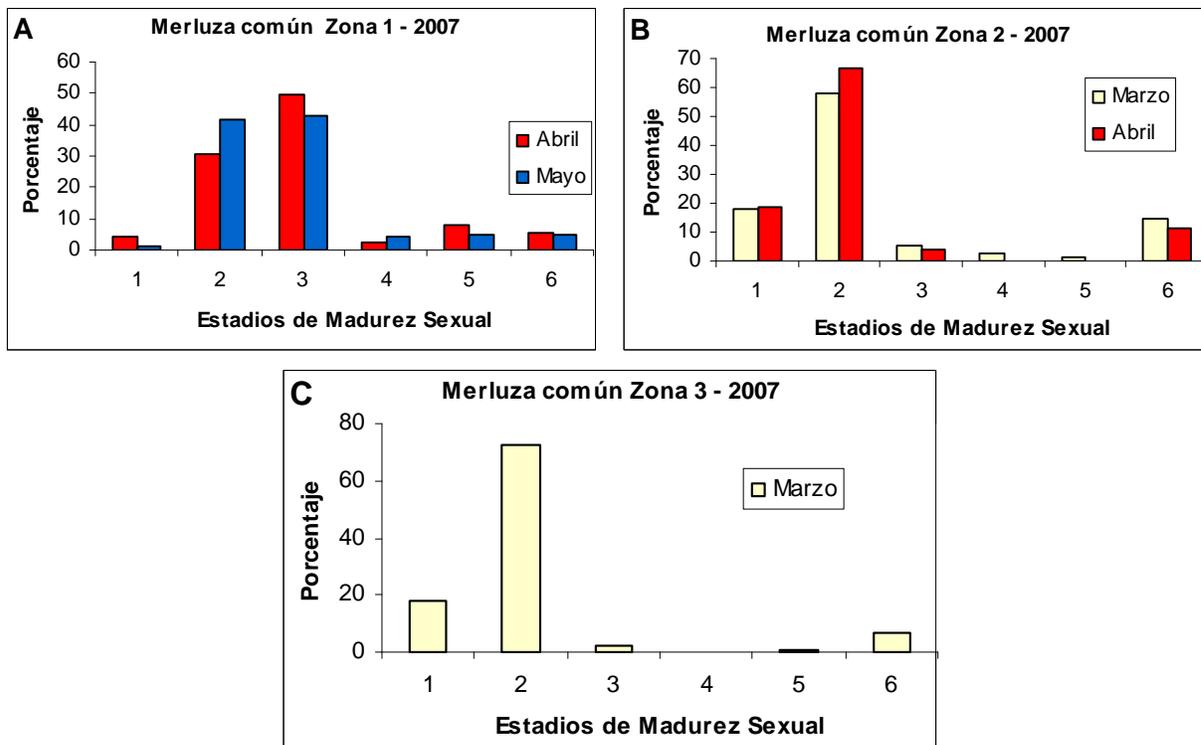


Figura 43. Estadios de madurez sexual (EMS) en la merluza común *Merluccius gayi*, en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2007.

El análisis histológico durante el período otoño representado en la Figura 44, mostró que tanto las gónadas inmaduras (EMS 2) como los parcialmente vitelados (EMS 3) disminuyeron su incidencia desde marzo a mayo, dando lugar a un incremento a los vitelados (EMS 4) desde un 30 a 47% de marzo a abril, para luego decaer ligeramente en mayo con un 40%. A partir de abril los estadios en maduración (EMS 5) se presentaron con un 6% que incremento hasta un 17% en mayo. Las hidratadas (EMS 6) también presentaron un incremento desde abril a mayo con un 2 a 9% respectivamente. Tanto los vitelados postdesovantes de tanda (EMS 8) como en regresión (EMS 9) se presentaron en todo el período de otoño con una mayor incidencia en abril (30%) y marzo (26%) respectivamente. A pesar de mostrar señales de actividad reproductiva, principalmente entre abril y mayo, también incidieron hembras con atresias ováricas, con una tendencia de incremento a partir desde marzo (Figura 45), es decir, señales de una declinación de la reproducción.

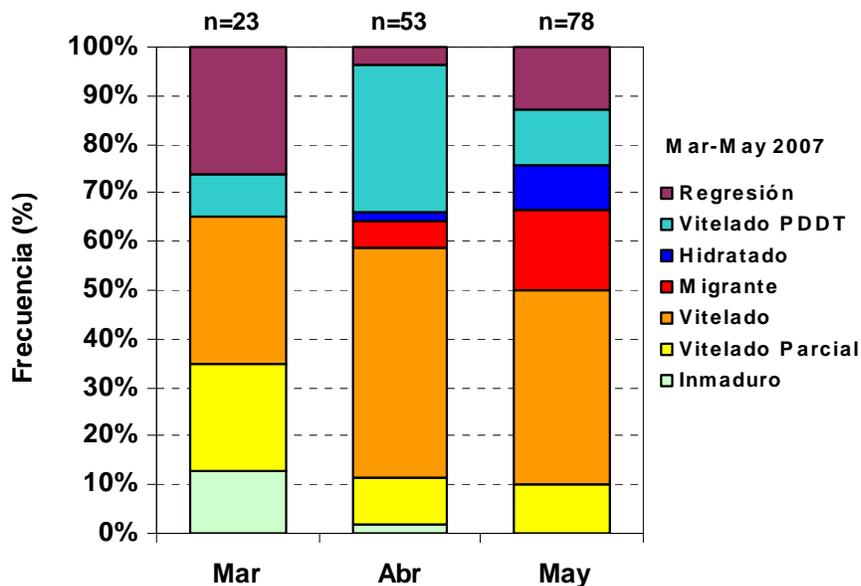


Figura 44. Frecuencia relativa de los estadios de madurez microscópicas (n = número de hembras) de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período marzo a mayo de 2007.

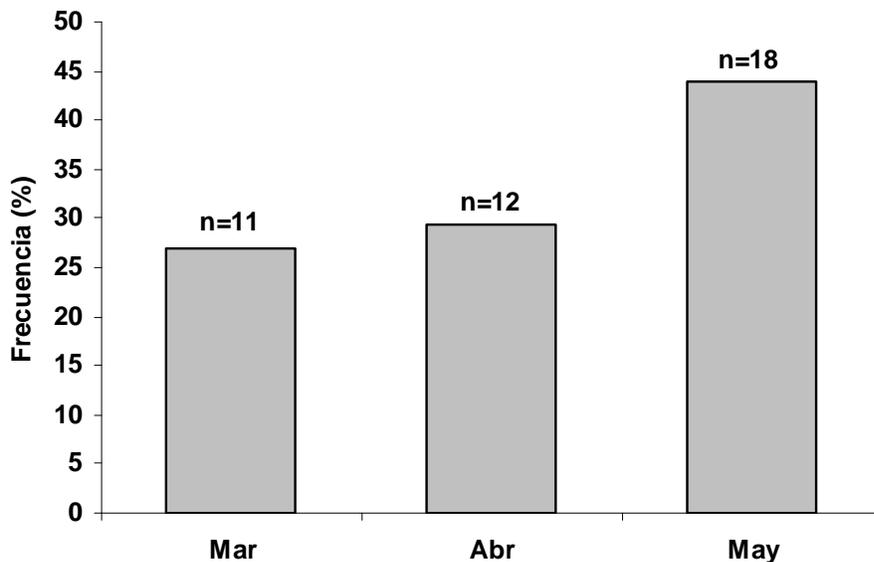


Figura 45. Distribución mensual de la incidencia de atresia ovárica de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período marzo a mayo de 2007.

Tanto los inmaduros (EMS 2) como los parcialmente vitelados (EMS 3) no sobrepasaron el 10% de las muestras por estrato (Figura 46). Los estadios vitelados (EMS 4) mostraron una incidencia mayor a 35%. Las gónadas con estadios en maduración (núcleo migrante, EMS 5) como las hidratadas (EMS 6) se presentaron en los grupos de tamaños intermedios con una incidencia menor a 15%. Los vitelados postdesovante de tanda (EMS 8) se presentaron en casi todos los estratos intermedios entre un 14 a 23% de incidencia. Los estadios en regresión (EMS 9) no sobrepasaron el 15% de las muestras. Las hembras estuvieron activas en todos los estratos, sin embargo, la fracción más comprometida con la actividad reproductiva correspondieron entre los estratos intermedios de 27 y 41 cm LT, debido principalmente a la frecuencia en número de individuos y secundariamente a los valores del IGS de los estadios más avanzados de los mismos estratos, ya que en los estratos superiores a 41 cm el IGS disminuyó (Figura 47).

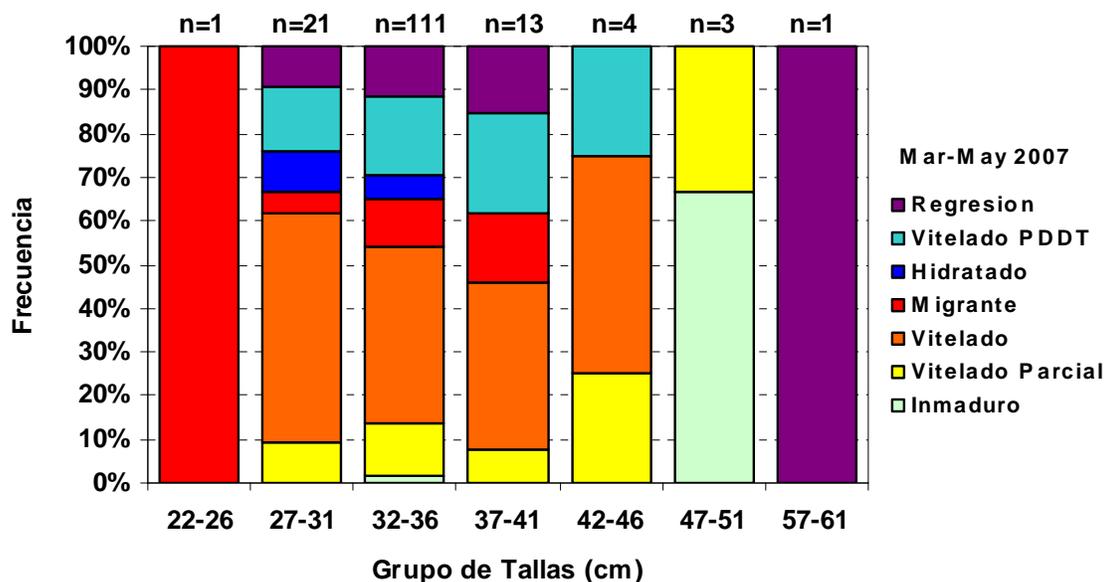


Figura 46. Distribución de la incidencia de los estadios microscópicos por estrato de tallas de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período marzo a mayo de 2007.

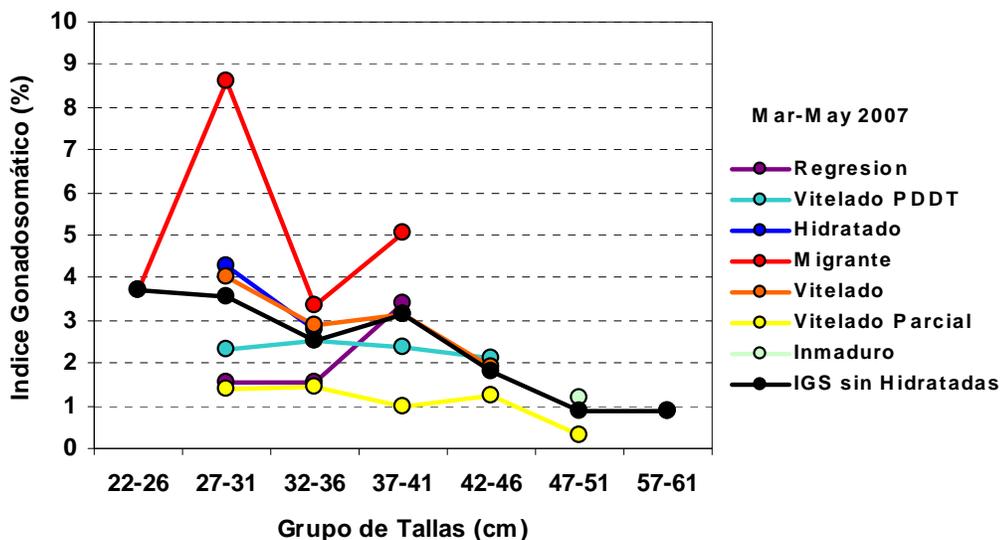


Figura 47. Distribución del índice gonadosomático (IGS, %) por estadio de madurez microscópico y estrato de talla en hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, para el área total, período marzo a mayo de 2007.

#### 4.3.1.2.3. Índice gonadosomático (IGS) e índice gonádico (IG)

El IGS y el IG también mostraron cambios mensuales similares en otoño, debido a que existe una relación lineal entre ambos (Figura 48). El análisis del IGS del 2007 por zona, entregó para la Zona 1, valores promedio y de desviación estándar en abril de  $2,1 \pm 1,5$  y en mayo  $2,1 \pm 1,7$  (Figura 49A). Al aplicar un test ANOVA para la suma de todos los efectos, no se encontraron diferencias entre meses ( $F=0,002$ ; nivel de  $p=0,96$ ;  $gl=1, 238$ ), existiendo homogeneidad de varianzas. En la Zona 2 los valores fueron en marzo  $0,9 \pm 0,9$  y en abril  $0,7 \pm 0,2$  (Figura 49B). En esta zona tampoco se encontraron diferencias entre meses ( $F=2,39$ ; nivel de  $p=0,12$ ;  $gl=1, 201$ ). Para marzo de la Zona 3, los valores fueron  $0,6 \pm 0,6$  (Figura 49C). Se observan valores dos o tres veces más altos entre los IGS de la Zona 1 comparados con los de las Zonas 2 y 3, lo que estaría reflejando un comportamiento reproductivo diferente. Estas diferencias son concordantes con la frecuencia de los EMS, los que presentaron en la Zona 1 una elevada frecuencia de hembras en maduración, a diferencia de las otras dos zonas en que los EMS correspondieron a una época del año sin actividad reproductiva.

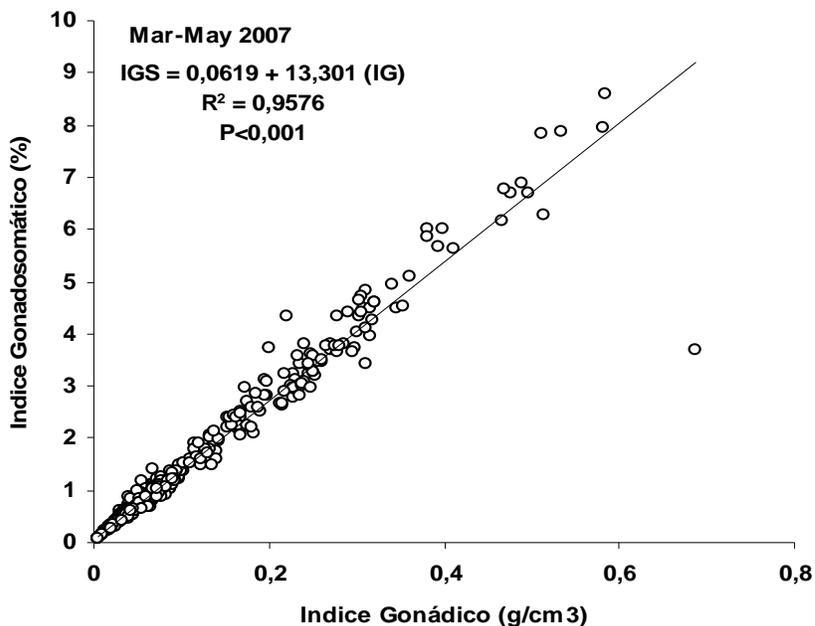


Figura 48. Relación lineal entre el índice gonádico (IG) y el índice gonadosomático (IGS) de merluza común, *Merluccius gayi*, período marzo a mayo de 2007.

Los IG (o IGL) de marzo a mayo del 2007 mostraron la misma tendencia que el IGS. En la Zona 1, el IG de abril fue  $1,5 \pm 1,0$  y el de mayo  $1,6 \pm 1,3$  (Figura 50A). El test ANOVA no mostró diferencias significativas entre los meses ( $F=0,02$ ; nivel de  $p=0,87$ ;  $gl=1, 238$ ). En cambio, en la Zona 2 los valores fueron en marzo  $0,6 \pm 0,5$  y en abril  $0,4 \pm 0,1$  (Figura 50B), no encontrándose diferencias significativas entre los meses ( $F=1,96$ ; nivel de  $p=0,16$ ;  $gl=1, 201$ ). En las dos zonas hubo homogeneidad de las varianzas. En la Zona 3 los resultados fueron similares con un IG de marzo igual a  $0,4 \pm 0,4$  (Figura 50C). Esto significa que el IG de las hembras de la Zona 1 fue alrededor de tres veces más alto que en las otras dos zonas.

#### 4.3.2. Factor de condición (K1)

Se calculó K1 de las hembras capturadas en invierno y primavera de 2006. En la Zona 1, El valor promedio y su desviación estándar de K1 en septiembre fue  $6,04 \pm 0,48$  con  $n=218$  (Figura 51A). En la Zona 2, el K1 de septiembre fue  $6,35 \pm 0,64$  y el de noviembre  $5,99 \pm 0,43$  (Figura 51B).

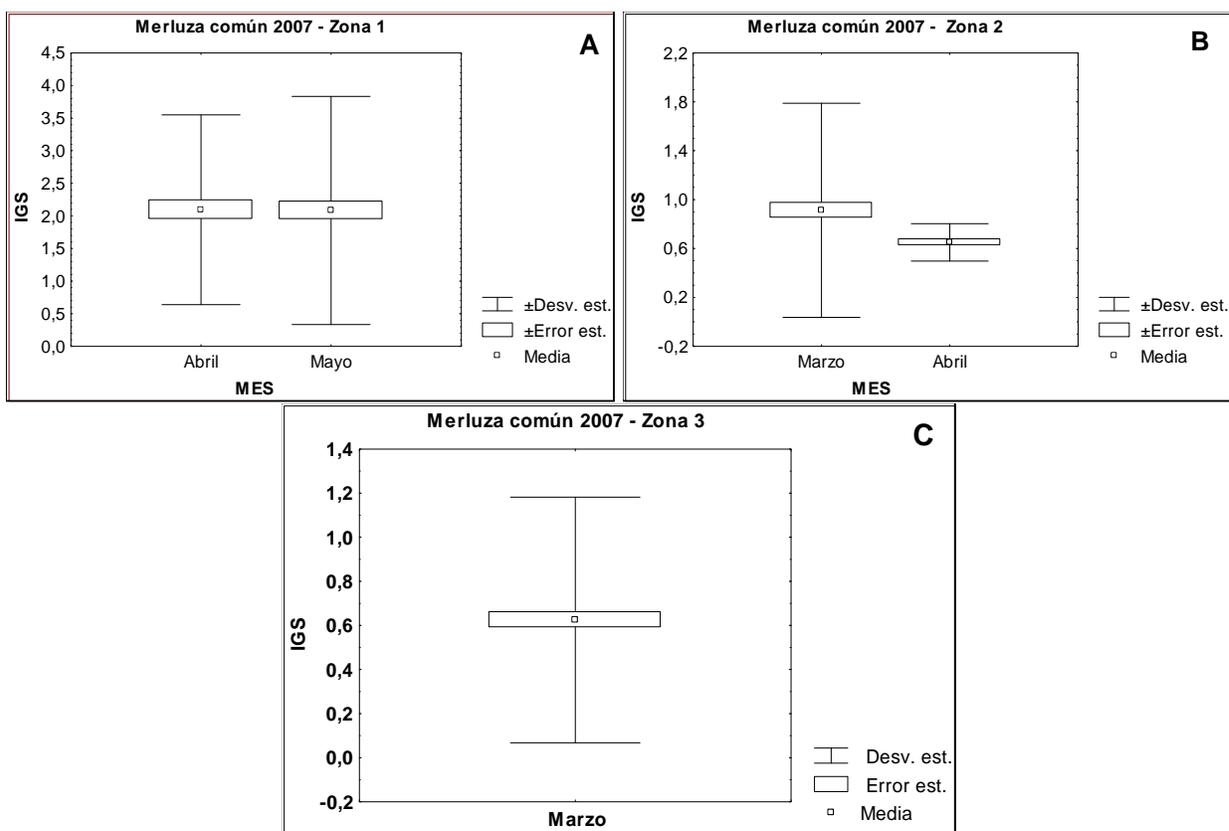


Figura 49. Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común, *Merluccius gayi*, en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2007.

Al aplicar un ANOVA a los datos, se encontraron diferencias significativas entre los meses ( $F=19,69$ ; nivel de  $p=1,32$ ;  $gl=1, 271$ ), lo que se confirmó con el test HSD de Tucker para comparaciones post hoc. A diferencia de otros análisis, en la Zona 3 se consideró aparte el mes de noviembre y no incorporado a octubre en consideración al número mayor de datos y a la menor varianza observada en ellos. El K1 promedio más alto se observó en septiembre ( $6,85 \pm 0,51$ ), seguido de julio, octubre y noviembre, con valores de  $6,73 \pm 0,51$ ;  $6,55 \pm 0,46$ ; y  $6,17 \pm 0,38$ , respectivamente (Figura 51C). El ANOVA indicó que había diferencias significativas entre los meses ( $F=40,58$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=3, 766$ ). El test post hoc de Tuckey mostró que no había diferencias significativas entre julio y septiembre. Para determinar el efecto de las zonas en K1, se comparó el mes de septiembre. El ANOVA indicó que las diferencias eran significativas ( $F=172,9$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=2, 815$ ), lo que se

confirmó con el test de Tuckey, siendo todas las zonas diferentes entre sí (Figura 52). Para el período marzo a mayo del 2007, no se contó con el dato correspondiente al peso eviscerado para calcular K1.

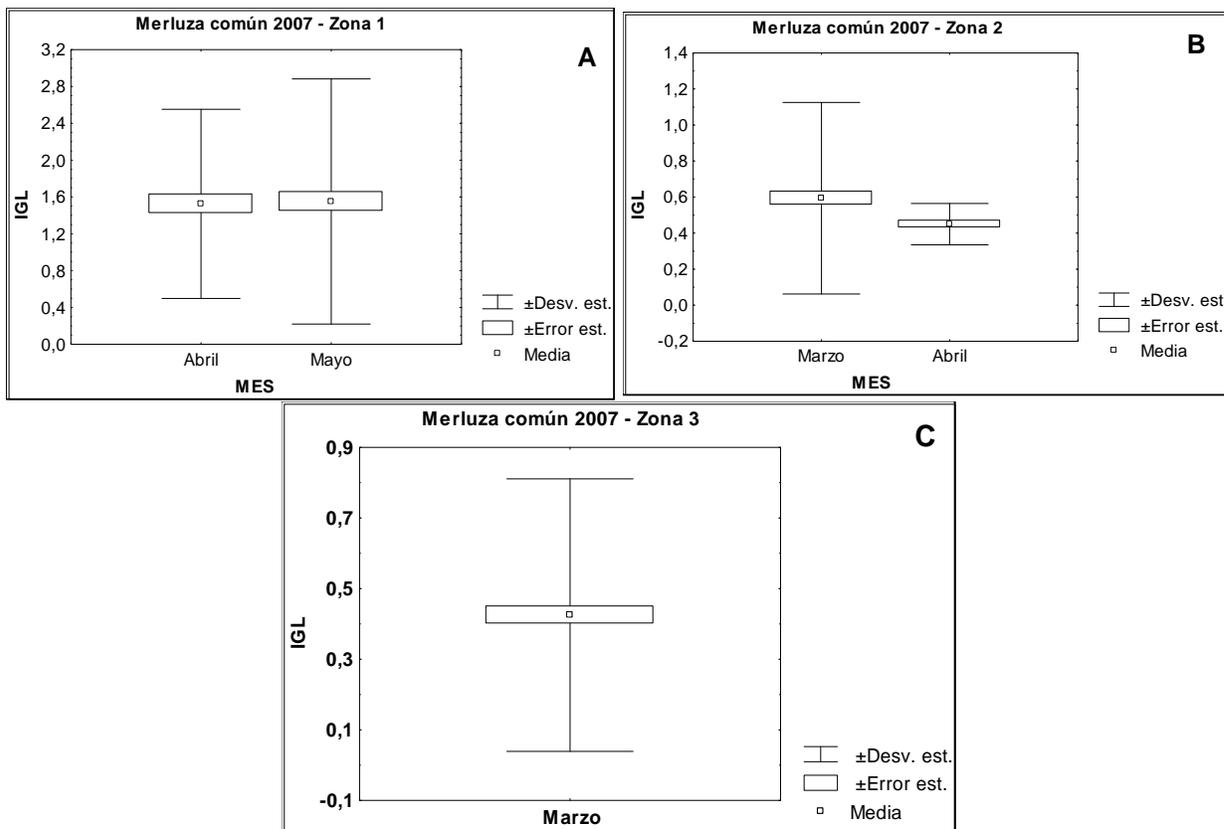


Figura 50. Índice gonádico (IGL) en la merluza común *Merluccius gayi*, en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2007.

#### 4.3.3. Relación entre EMS e IGS

Como una forma interpretar cualitativamente los valores del IGS, se relacionaron los datos del 2006 y 2007 con cada uno de los seis EMS determinados microscópicamente. Al aplicar a los datos del 2006 un ANOVA a las distribuciones, dio como resultado diferencias estadísticamente significativas entre los EMS ( $F=317,8$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=5, 1229$ ). Al utilizar el test de Tuckey HSD, se encontró que al comparar los EMS, no había diferencias entre el EMS 1 con el EMS 2 y el EMS 6 (Figura 53A, Tabla 21).

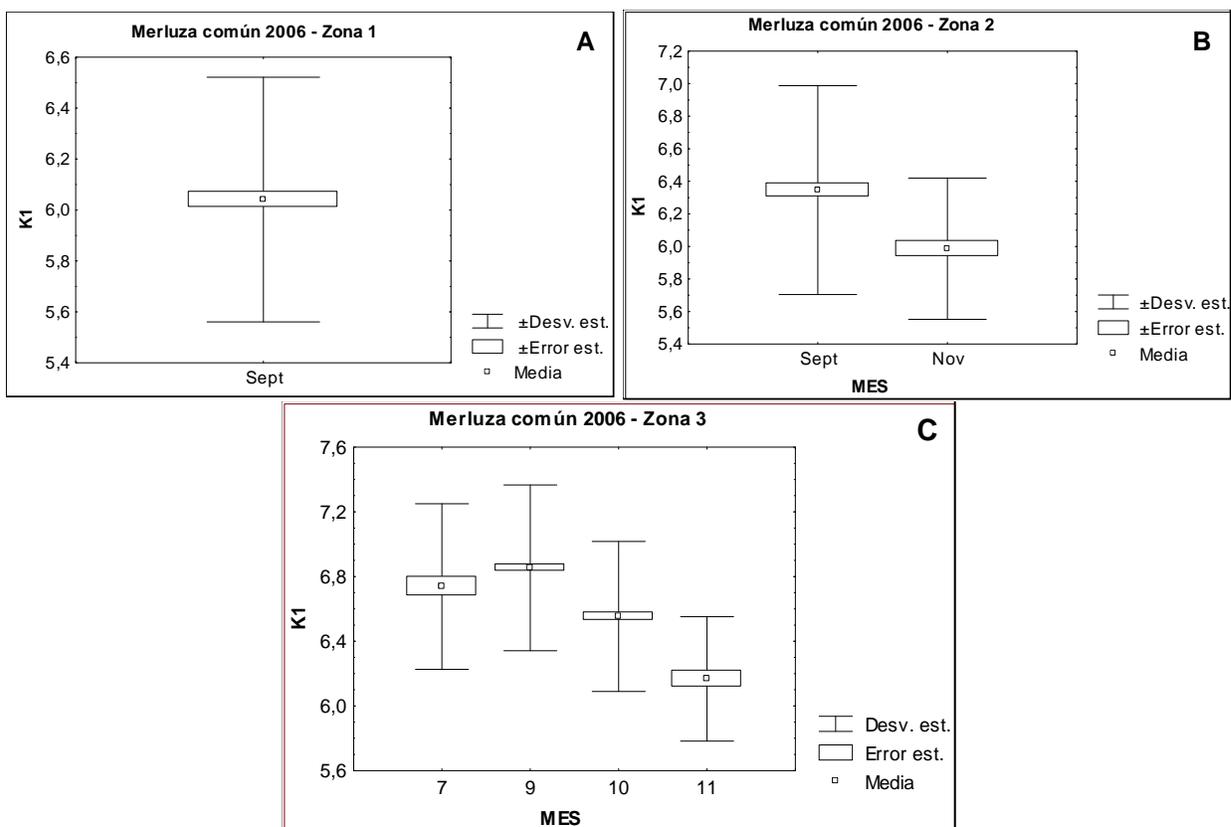


Figura 51. Factor de condición (K1) en la merluza común *Merluccius gayi*, en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el año 2006.

Tabla 21. Valores promedio del Índice Gonadosomático (IGS) para cada uno de los estadios madurez sexual (EMS) en la merluza común, *Merluccius gayi*, en 2006 y 2007.

Año	EMS	IGS prom	D.E. (IGS)	n	Mín.	Máx.
2006	1	0,45	0,16	137	0,11	0,98
	2	0,73	0,29	163	0,15	2,25
	3	5,89	3,23	556	0,99	24,69
	4	12,09	4,63	70	3,57	24,69
	5	8,11	3,14	265	2,48	17,20
	6	1,33	0,86	44	0,53	5,00
2007	1	0,43	0,16	74	0,08	0,78
	2	0,71	0,39	337	0,16	4,65
	3	2,70	1,54	122	0,13	8,59
	4	4,77	1,45	12	3,21	7,87
	5	3,51	1,62	18	1,39	6,87
	6	0,85	0,26	51	0,13	1,54

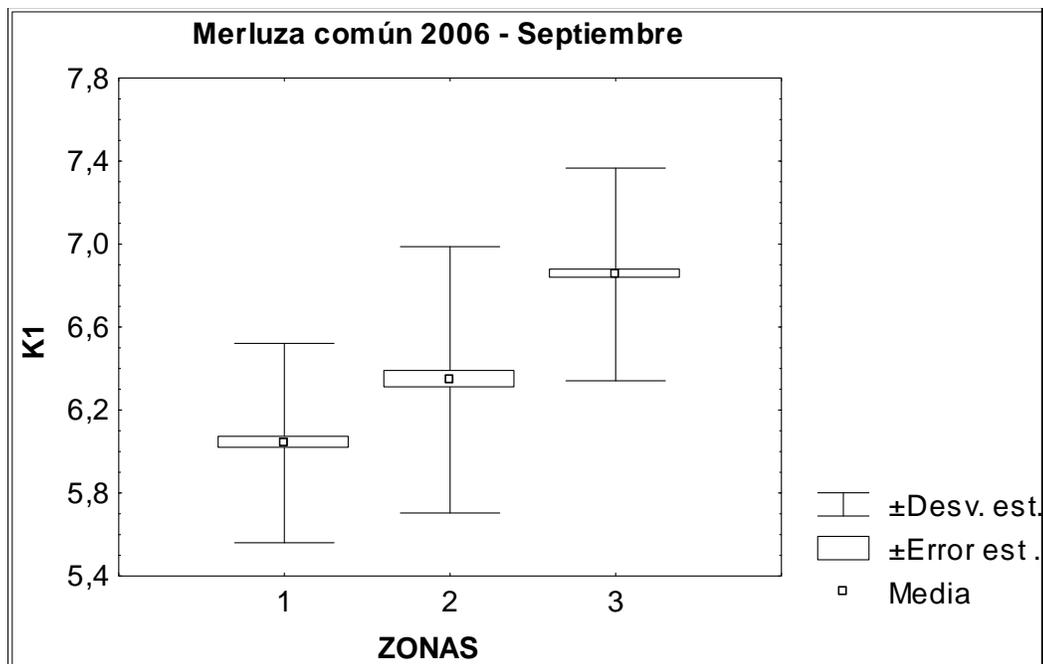


Figura 52. Factor de condición (K1) en la merluza común *Merluccius gayi*, de las tres Zonas consideradas en septiembre del año 2006.

Aunque diferentes entre sí, los EMS 3, 4 y 5 se distinguen claramente del resto por los altos valores de los IGS. En el caso del 2007, el ANOVA también indicó que las diferencias eran significativas entre los EMS, con  $F=197,7$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=5$ , 608. El test post hoc de Tuckey entregó resultados coincidentes con el análisis del 2006, en el sentido de no detectarse diferencias significativas entre los EMS 1, 2 y 6, y que además, los EMS 3, 4 y 5 destacaban por los altos valores del IGS (Figura 53B, Tabla 20). Al analizar la Tabla 20 se observa que los promedios de los EMS correspondientes a hembras inmaduras (EMS 1 y 2) y las desovadas (EMS 6) son similares entre invierno y primavera del 2006 y fines de verano y otoño del 2007. Sin embargo, el resto de los EMS que corresponden a peces en actividad reproductiva alcanzaron valores del IGS en el 2006 el doble más altos que en el 2007.

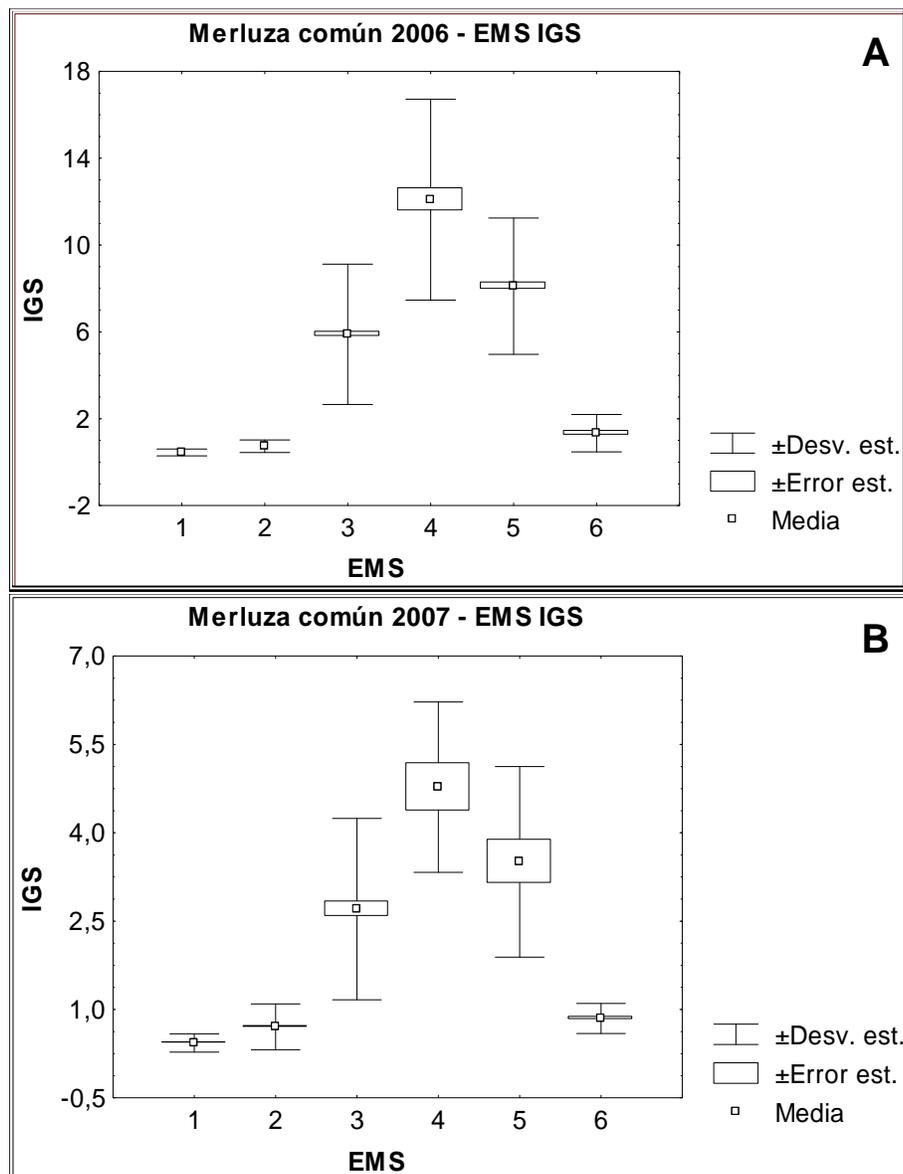


Figura 53. Relación entre el estadio de madurez sexual (EMS) y el valor del índice gonadosomático (IGS) en merluza común *Merluccius gayi*. (A) año 2006; (B) año 2007.

#### 4.3.4. Talla de primera madurez sexual

En los análisis se excluyeron los datos de julio ya que en ese mes sólo una parte de la población estaba reproductivamente activa. En la Zona 1, la talla media de madurez sexual fue 30,65 cm LT, con límites de confianza del 95% de 30,28 y 31,02 cm LT. La proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior se entrega en la Tabla 34 del Anexo 3, mientras que los parámetros del ajuste a un modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual, según la formulación dada en la sección 3.6.4, se muestran en la Tabla 22 y la ojiva de madurez en la Figura 54.

Tabla 22. Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, *Merluccius gayi*. Zona 1, septiembre de 2006.

Estadígrafo	Parámetro		TPMS
	$b_0$	$b_1$	
Estimado	28,6243	-0,9338	30,65
Error Estándar Asintótico	4,7400	0,1546	
Límite Inferior	18,0628	-1,2784	30,28
Límite Superior	39,1858	-0,5893	31,02
Coefficiente de Correlación	-0,9992		

En la Zona 2, la talla media de madurez sexual fue 30,98 cm LT, con límites de confianza del 95% de 30,75 y 31,12 cm LT (Tabla 23, Figura 55). La proporción estimada de individuos maduros y sus respectivos límites de confianza se entregan en la Tabla 35 del Anexo 3.

Tabla 23. Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, *Merluccius gayi*. Zona 2, septiembre y noviembre de 2006.

Estadígrafo	Parámetro		TPMS
	$b_0$	$b_1$	
Estimado	21,8451	-0,7051	30,98
Error Estándar Asintótico	2,3528	0,0757	
Límite Inferior	16,7186	-0,8701	30,75
Límite Superior	26,9715	-0,5401	31,21
Coefficiente de Correlación	-0,9987		

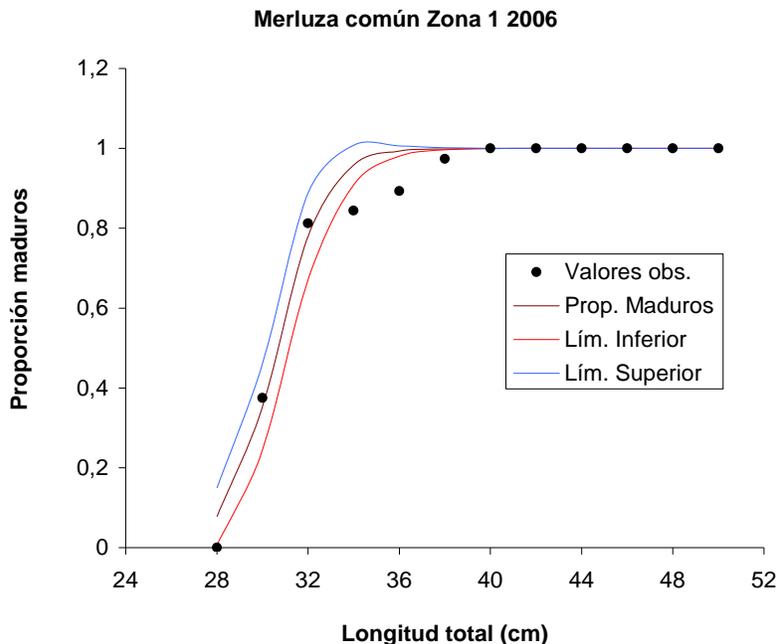


Figura 54. Ojiva de madurez sexual de la merluza común, *Merluccius gayi*, de la Zona 1 en el año 2006, con límites de confianza del 95%.

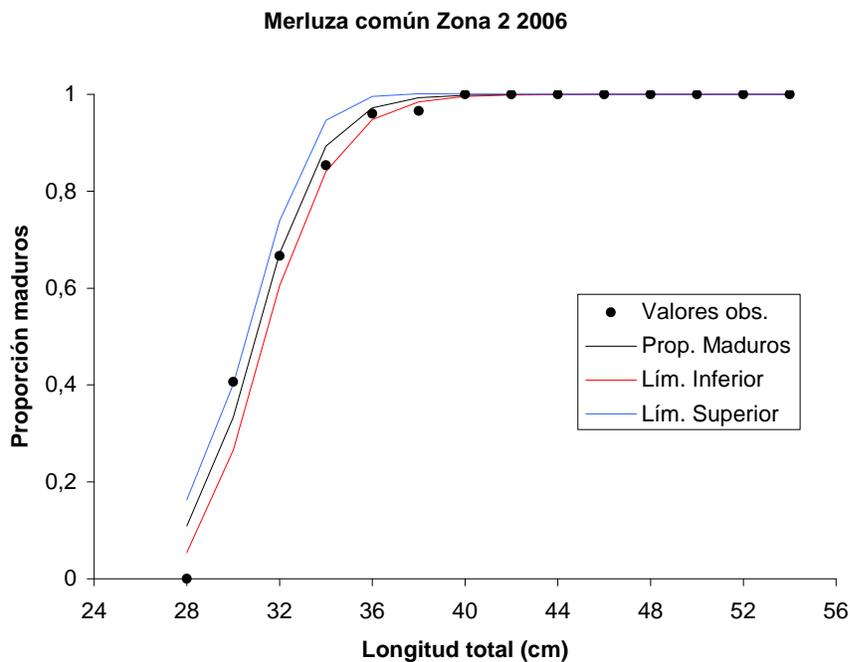


Figura 55. Ojiva de madurez sexual de la merluza común, *Merluccius gayi*, de la Zona 2 en el año 2006, con límites de confianza del 95%.

En el caso de la Zona 3, esta talla fue 31,50 cm LT, con límites de confianza de 31,24 y 31,75 cm LT (Tabla 24, Figura 56). La proporción estimada de individuos maduros y sus respectivos límites de confianza se entregan en la Tabla 36 del Anexo 3.

Tabla 24. Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, *Merluccius gayi*. Zona 3, septiembre y octubre de 2006.

Estadígrafo	Parámetro		TPMS
	$b_0$	$b_1$	
Estimado	13,6032	-0,4319	31,50
Error Estándar Asintótico	1,6489	0,0520	
Límite Inferior	9,9739	0,5465	31,24
Límite Superior	17,2325	-0,3172	31,75
Coefficiente de Correlación	-0,9968		

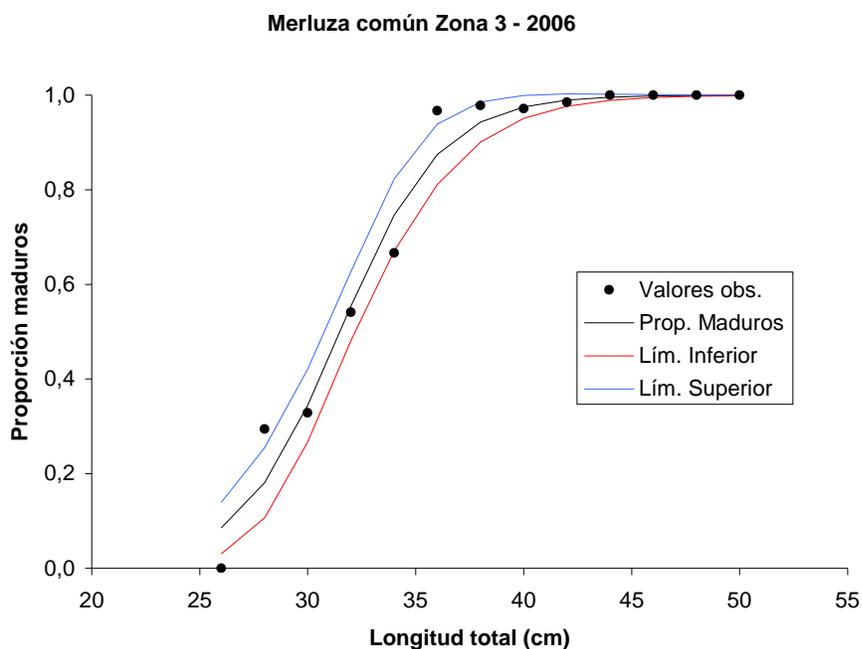


Figura 56. Ojiva de madurez sexual de la merluza común, *Merluccius gayi*, de la Zona 3 en el año 2006, con límites de confianza del 95%.

Se observa una tendencia creciente de la talla media de madurez desde el norte hacia el sur, lo que ya se había detectado anteriormente (Balbontín & Fischer 1981; Lillo *et al.*, 2002). Entre las Zonas 1 y 2 los límites de confianza se superponen, no así entre las Zonas 2 y 3. Para

efectos prácticos y considerando que las diferencias interzonales son menores a un centímetro, se estimó un solo valor para toda el área de estudio, el que correspondió a 31,35 cm LT, con límites de confianza de 31,23 y 31,48 cm LT, respectivamente (Tabla 25, Figura 57). La proporción estimada de individuos maduros y sus respectivos límites de confianza se entregan en la Tabla 37 del Anexo 3.

Tabla 25. Parámetros del modelo no lineal para estimar la talla media de madurez sexual en la merluza común, *Merluccius gayi*. Todas las zonas en conjunto entre septiembre y noviembre de 2006.

Estadígrafo	Parámetro		TPMS
	$b_0$	$b_1$	
Estimado	15,8548	-0,5056	31,35
Error Estándar Asintótico	0,8804	0,0279	
Límite Inferior	13,9528	-0,5661	31,23
Límite Superior	17,7568	-0,4452	31,48
Coefficiente de Correlación	-0,9976		

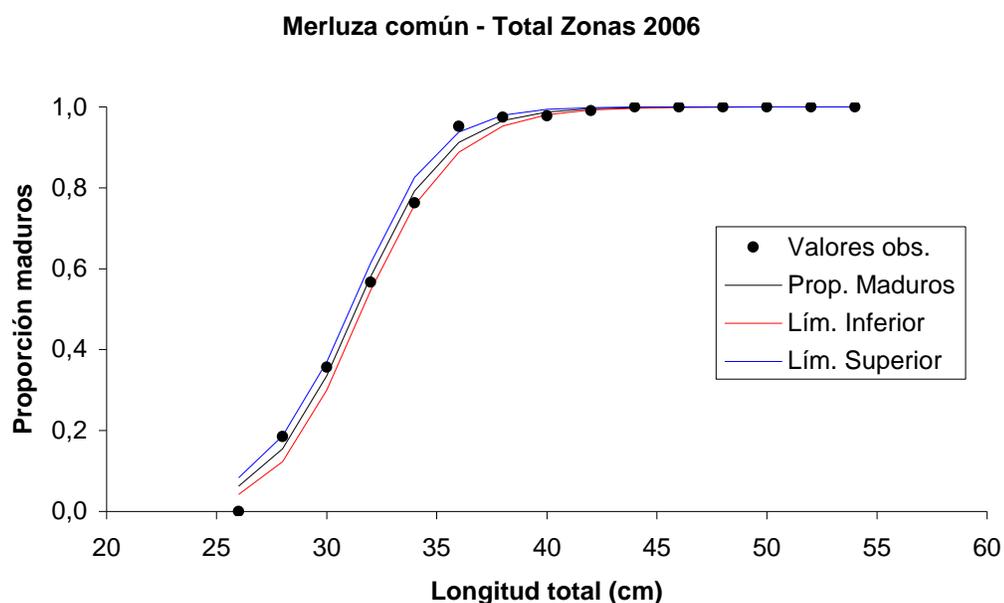


Figura 57. Ojiva de madurez sexual de la merluza común, *Merluccius gayi*, para las tres Zonas consideradas en el 2006, con límites de confianza del 95%.

#### 4.3.5. Fecundidad modal y relativa

En gónadas en estadio de madurez vitelado (Figura 58) se pudo constatar una moda de ovocitos inferior a 700 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), en donde existe una combinación de ovocitos en vitelogénesis incipiente y avanzada. Las gónadas en estadio en maduración, se caracterizaron por presentar un reclutamiento de ovocitos a la moda más avanzada que osciló dentro de un rango de 600 y 900  $\mu\text{m}$  y un diámetro medio entre 680 y 730  $\mu\text{m}$  aproximadamente. En las hembras hidratadas, se presentó una clara separación modal que osciló dentro de un rango de 800 y 1300  $\mu\text{m}$  con un diámetro medio entre 850 y 1100  $\mu\text{m}$  aproximadamente. Sobre la base de estas distribuciones de tamaño ovocitario, en la estimación de la fecundidad modal, se utilizaron dos métodos:

1. **Método de la moda más avanzada:** se utilizaron 26 hembras en estado de madurez en maduración (núcleo migrante), cuya distribución de frecuencia de ovocitos mostró un grupo modal más avanzado claramente identificable (Figura 58). Los tamaños de las hembras oscilaron de 37 a 60 cm de LT, con una media de 43,23 cm (D.E. = 5,96 cm) y el peso corporal fluctuó entre 348,8 y 1365,4 g con una media de 601,93 g (D.E. = 245,59 g). La fecundidad parcial varió entre 69911 y 298336 con una media muestral de 175272 ovocitos, sin embargo, la relación entre la fecundidad parcial de hembras en estado en maduración y las variables predictoras de longitud total y peso corporal resultaron no ser significativas ( $P > 0,05$ )(Figura 59 y 60).
2. **Método de hembras hidratadas:** Se analizaron 25 hembras consideradas aptas para el cálculo de fecundidad, debido a que su moda más avanzada de tamaños de ovocitos hidratados se encontró completamente reclutada y sin presencia de folículos postovulatorios (Figura 58). Los tamaños de las hembras para este análisis oscilaron de 33 a 46 cm de LT con una media de 38,9 cm (D.E. = 2,95 cm) y el peso corporal fluctuó entre 253 y 739 g con una media de 424 g (D.E. = 111 g). Debido al bajo número de ovarios en este estadio, no fue posible entregar un estimado de fecundidad por zonas.

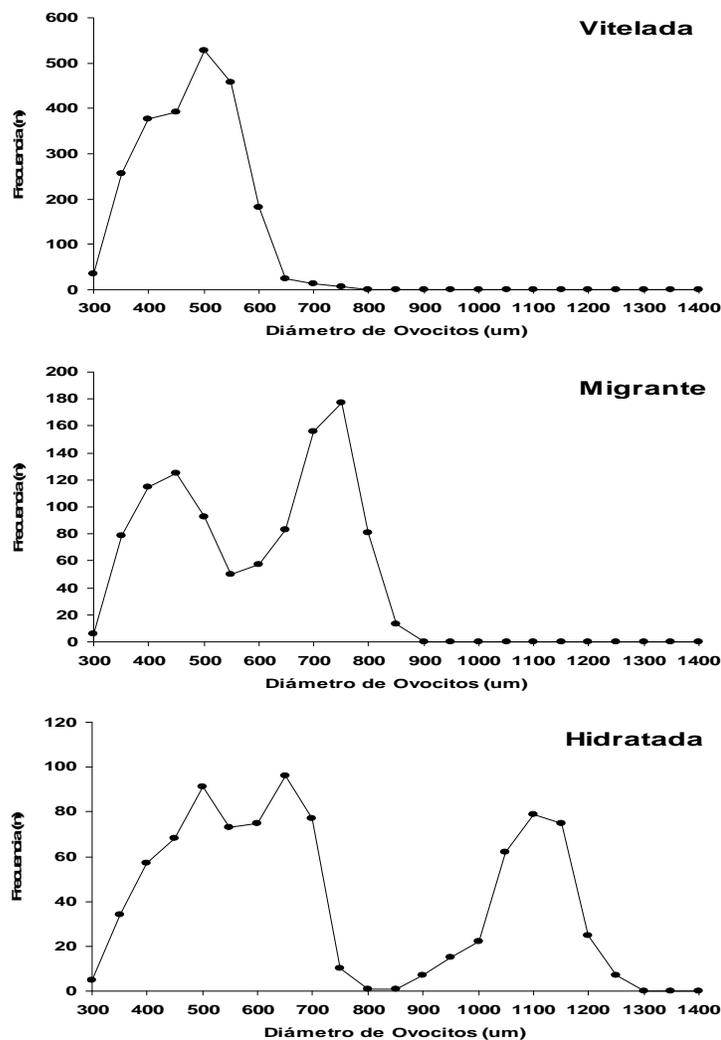


Figura 58. Distribución de frecuencia de tamaños de ovocitos en distintos estadios de madurez ovárica en merluza común, *Merluccius gayi*. Cada distribución corresponde a una hembra individual.

La fecundidad parcial varió entre 23087 y 145866 ovocitos por desove, con una media de 70099 ovocitos (D.E. = 34405 ovocitos). Los parámetros del ajuste de la fecundidad parcial en función de la longitud total y peso corporal para diferentes modelos, se entrega en la Tabla 26 y 27, respectivamente.

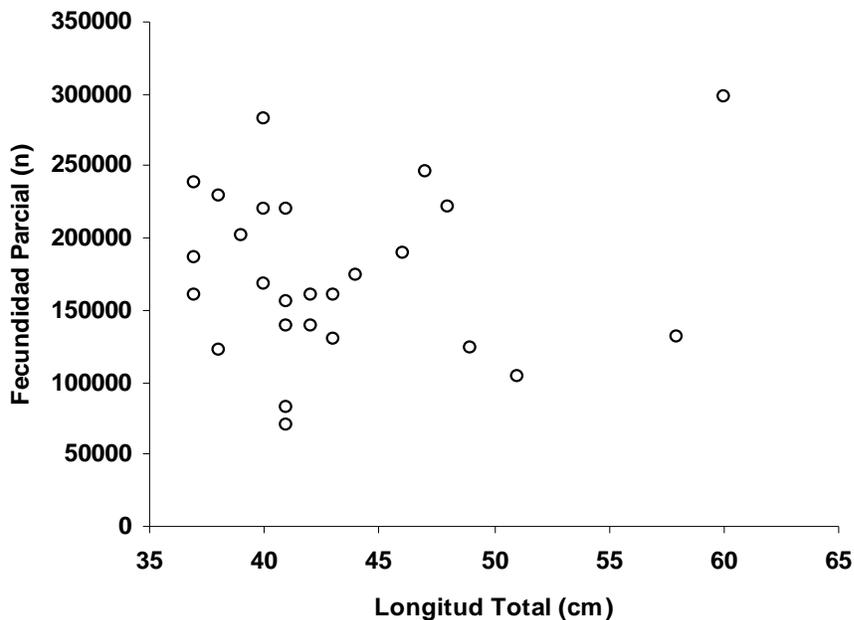


Figura 59. Relación entre la longitud total y la fecundidad parcial en hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, estimada sobre la base del estadio gonadal en maduración (núcleo migrante). Período septiembre a octubre de 2006.

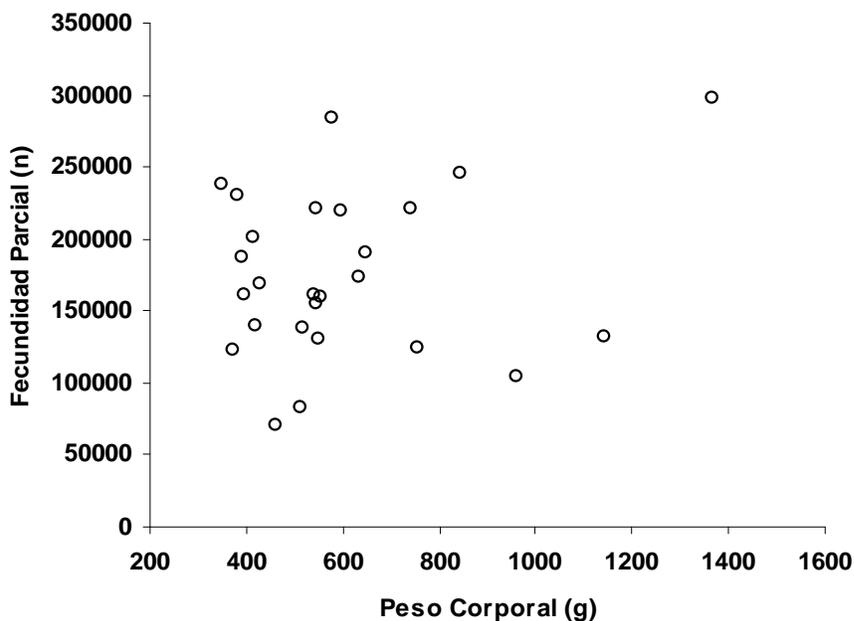


Figura 60. Relación entre el peso corporal y la fecundidad parcial, estimada sobre la base del estadio gonadal en maduración (núcleo migrante). Período septiembre a octubre de 2006.

Tabla 26. Resumen estadístico de la relación fecundidad parcial en función de la longitud total en hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, con gónadas hidratadas (a: Intercepto; Sa: Error estándar del intercepto; b: Pendiente; Sb: Error estándar de la pendiente;  $r^2$ : Coeficiente de determinación; SCE: Suma cuadrado del error).

Estadígrafo	Longitud total		
	Lineal	Potencial	Exponencial
a	-226702,00	0,0160	1034,640
Sa	71745,00	0,0533	955,455
$p(H_0: a = 0)$	$4,4 \times 10^{-3}$	$7,7 \times 10^{-1}$	$2,9 \times 10^{-1}$
b	7633,76	4,1730	0,1072
Sb	1840,22	0,8339	0,0221
$p(H_0: b = 0)$	$4,4 \times 10^{-4}$	$4,6 \times 10^{-5}$	$6,8 \times 10^{-5}$
$r^2$	0,428	0,457	0,458
SCE	16,25	15,44	15,41

Tabla 27. Resumen estadístico de la relación fecundidad parcial en función del peso corporal en hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, con gónadas hidratadas (a: Intercepto; Sa: Error estándar del intercepto; b: Pendiente; Sb: Error estándar de la pendiente;  $r^2$ : Coeficiente de determinación; SCE: Suma cuadrado del error).

Estadígrafo	Peso corporal		
	Lineal	Potencial	Exponencial
a	-19358,20	37,2360	24234,50
Sa	20799,80	61,3234	6640,08
$p(H_0: a = 0)$	$3,6 \times 10^{-1}$	$5,5 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^{-3}$
b	211,0100	1,2450	0,00240
Sb	47,5295	0,2559	0,00053
$p(H_0: b = 0)$	$1,9 \times 10^{-4}$	$6,5 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-4}$
$r^2$	0,460	0,460	0,434
SCE	15,30	15,34	16,07

El ajuste con la longitud total entregó una menor suma de cuadrados residual en los modelos potencial y exponencial en comparación al lineal, siendo la variabilidad de la fecundidad parcial explicada sobre el 45% ( $r^2$ ) (Figura 61). Por otro lado, la relación con el peso corporal se ajustó mejor a un modelo lineal simple (SCE = 15,3) en comparación a los otros modelos no lineales (Figura 62).

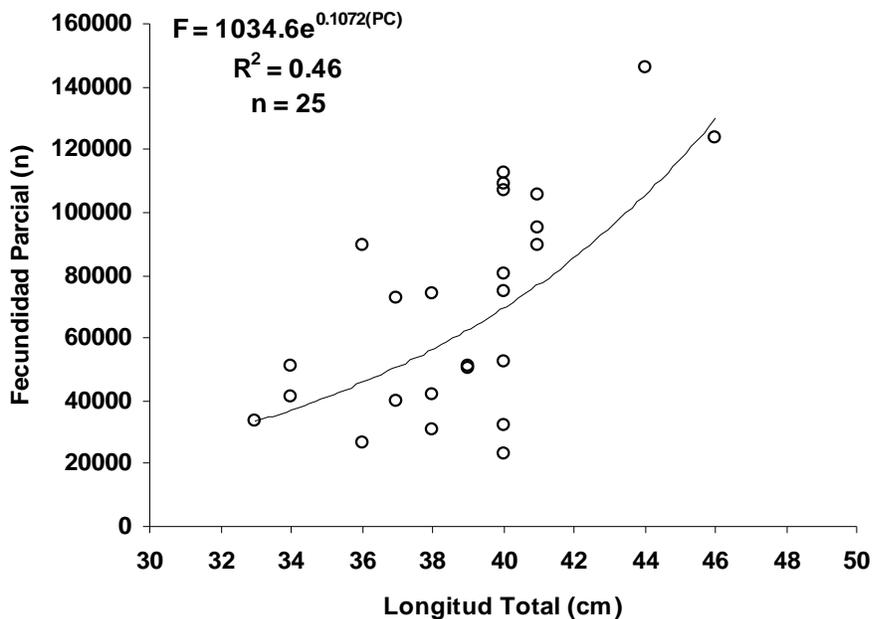


Figura 61. Relación exponencial de la fecundidad parcial en función de la longitud total de hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, con gónadas hidratadas Período septiembre a octubre de 2006.

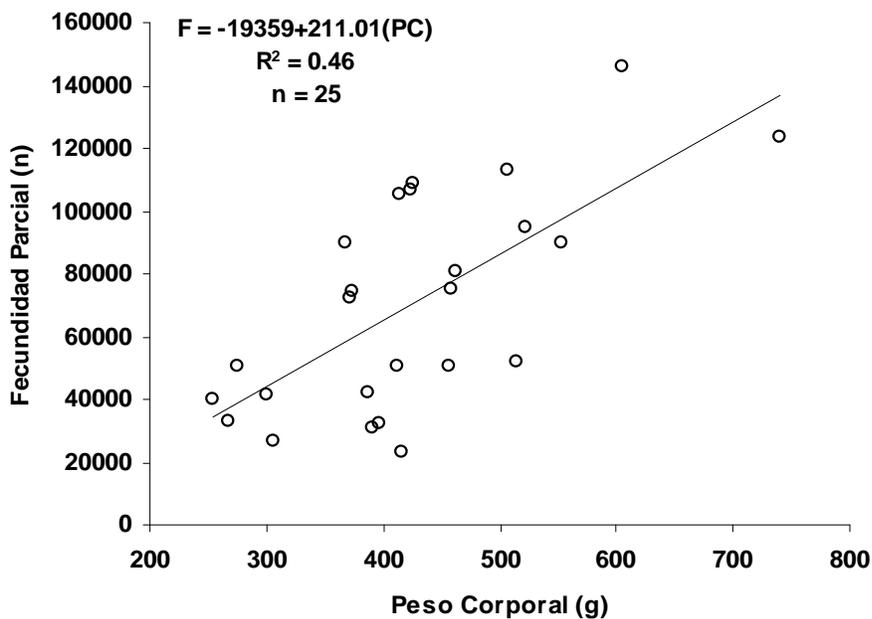
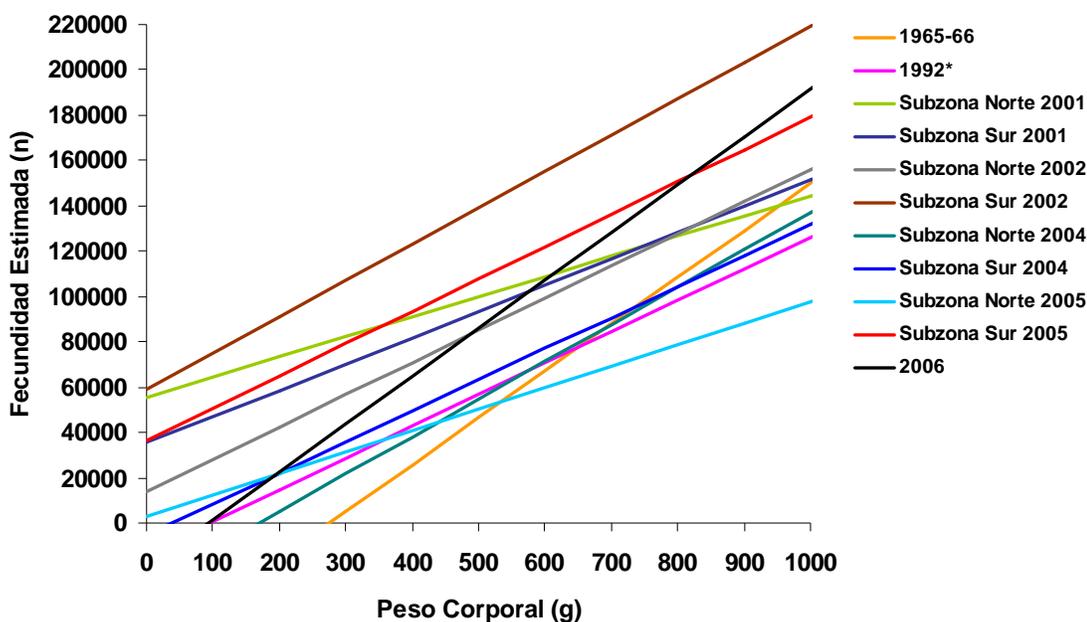


Figura 62. Relación lineal de la fecundidad parcial en función del peso corporal de hembras de merluza común, *Merluccius gayi*, con gónadas hidratadas. Período septiembre a octubre de 2006.

Al comparar el ajuste lineal de la fecundidad parcial en función del peso corporal estimado por distintos autores y períodos de estudio (Figura 63), se pudo constatar que los coeficientes de regresión (pendiente) variaron entre 88,75 y 211,01 ovocitos/g (Tabla 28), esto significa que a un peso corporal específico de 700 g, la fecundidad parcial estimada varió entre 69283 y 171085 ovocitos. Sin embargo, se dificulta extraer conclusiones válidas debido a que los análisis se efectuaron sobre distintos espectros de tamaños de hembras, época reproductiva y criterios en la separación de modas.



\*La relación del período 1992, los autores utilizan el peso total en vez del peso corporal como variable predictora de la fecundidad (Cerna & Oyarzún, 1998).

Figura 63. Ecuaciones lineales de fecundidad parcial en función del peso corporal estimadas por distintos autores en merluza común, *Merluccius gayi*. (Este estudio = 2006; Autores en Tabla 29).

Tabla 28. Parámetros de la relación entre peso corporal (PC) y fecundidad de merluza común, *Merluccius gayi*, para distintas investigaciones (a: Intercepto; b: Coeficiente de regresión; Sb: Error estándar de la pendiente; n: Número de hembras; r<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; ~: Valores aproximados según gráfico fecundidad en función del PC entregados por los autores).

Autores	Período	a	b	Sb	n	r <sup>2</sup>	PC Min~	PC Max~
Balbontín & Fischer (1981)	1965-66	-57016,11	206,87		24	0,77		
Cerna & Oyarzún (1998)*	1992	-12910,46	138,94		51	0,76	550	3550
Lillo <i>et al.</i> (2002)	Subzona norte 2001	55599	88,75		79	0,56	300	3500
Lillo <i>et al.</i> (2002)	Subzona sur 2001	35430	115,77		96	0,51	300	3000
Lillo <i>et al.</i> (2003)	Subzona norte 2002	13903	142,02		85	0,79	300	4000
Lillo <i>et al.</i> (2003)	Subzona sur 2002	58952	160,19		105	0,64	400	4000
Lillo <i>et al.</i> (2005)	Subzona norte 2004	-28132	165,41	31,0519	50	0,37	340	1400
Lillo <i>et al.</i> (2005)	Subzona sur 2004	-5277,8	137,10	21,2419	51	0,56	500	2900
Lillo <i>et al.</i> (2006)	Subzona norte 2005	2606,1	95,25	21,5172	70	0,22	300	1100
Lillo <i>et al.</i> (2006)	Subzona sur 2005	36313	142,81	14,3920	43	0,71	350	1650
<b>Este estudio</b>	2006	-19359	211,01	47,5295	25	0,46	250	740

\*En la relación del período 1992, los autores utilizan el peso total en vez del peso corporal (peso total – peso gónada) como variable predictora de la fecundidad (Cerna & Oyarzún, 1998).

La fecundidad relativa, una medida que excluye los efectos de los tamaños de las hembras, permite realizar comparaciones interanuales del número de ovocitos por gramo de peso corporal ( $PC = PT-PG$ ), observándose que ésta varía entre 91 (D.E. = 46,15) y 232 (D.E. = 39,66) ovocitos por gramo de PC (Tabla 29) entre distintos estudios. La fecundidad relativa del presente estudio varió de 55 a 255 ovocitos por gramo, con una media de 162 ovocitos/g (D.E. = 61 ovocitos/g).

Tabla 29. Fecundidad promedio de las muestras analizadas en distintas investigaciones en hembras de merluza común, *Merluccius gayi*. CV: Coeficiente de variación; n: número de hembras.

Autores	Período	Fecundidad parcial		Fecundidad relativa		n
		Media	CV (%)	Media	CV (%)	
Cerna & Oyarzún (1998)*	1992	142031	70,44	135	35,80	51
Lillo <i>et al.</i> (2002)	Subzona norte 2001	150712	49,25	153	44,79	79
Lillo <i>et al.</i> (2002)	Subzona sur 2001	139615	52,27	160	35,10	96
Lillo <i>et al.</i> (2003)	Subzona norte 2002	185591	77,17	156	42,95	85
Lillo <i>et al.</i> (2003)	Subzona sur 2002	217687	62,02	232	39,66	105
Lillo <i>et al.</i> (2005)	Subzona norte 2004	87881	67,35	122	46,72	50
Lillo <i>et al.</i> (2005)	Subzona sur 2004	143585	71,66	135	45,93	51
Lillo <i>et al.</i> (2006)	Subzona norte 2005	62621	50,76	99	43,43	70
Lillo <i>et al.</i> (2006)	Subzona sur 2005	85531	71,87	91	46,15	43
<b>Este estudio</b>	2006	70099	49,08	162	37,38	25

\*Esta vez, los autores utilizaron el peso corporal (i.e. peso total – peso gónada) como variable predictora de la fecundidad (Cerna & Oyarzún, 1998).

Finalmente la fecundidad media poblacional resultó de 60001 ovocitos, con una desviación estándar de 5934,12 y un coeficiente de variación de 9,9%. Cabe señalar que la distribución de pesos para las muestras de hembras hidratadas usadas en el ajuste de regresión, (Figura 62) resultó similar a la distribución de pesos para la muestra total de hembras ( $t_{\text{calc}}: 1,456$ ; gl: 858;  $P > 0,05$ ) correspondiente a julio a octubre de 2006 (Figura 64).

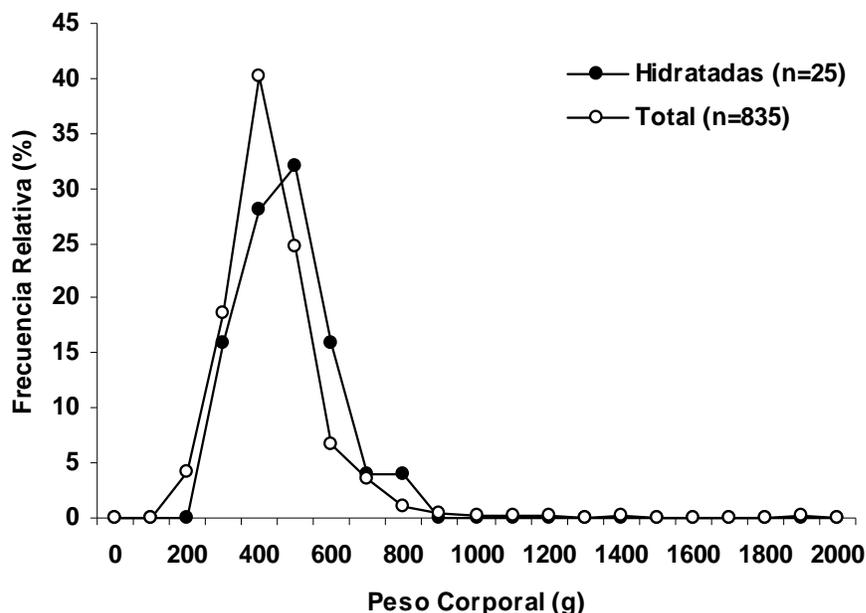


Figura 64. Distribución del peso corporal de las muestras de merluza común, *Merluccius gayi*, con gónadas hidratadas utilizadas para la regresión de fecundidad parcial y de las muestras totales de los lances de julio a octubre de 2006.

#### 4.3.6. Frecuencia del desove (folículos postovulatorios, FPO)

Con la información disponible para cada mes y con datos agrupados (julio-octubre) de 2006, se lograron dos conjuntos de datos independientes para la determinación de la frecuencia del desove: hembras con FPO de edad día 1 y 2. Entre julio y octubre, la fracción desovante con FPO de día 1 varió de 0,056 a 0,079 y con FPO de día 2 fluctuó de 0,026 a 0,122 (Tabla 30). El test pareado indicó que no existen diferencias entre ambas estimaciones para cada mes, con  $P > 0,05$  (Tabla 30). Así entonces los datos de hembras con folículos postovulatorios de día 1 y día 2 fueron combinados por su independencia entre sí, entregando una fracción desovante que fluctuó de 0,053 (D.E. = 0,0013) a 0,089 (D.E. = 0,0002) entre julio y octubre, que representa el período principal de desove. También se calculó la fracción diaria de hembra desovante con FPO 1+2 para el período completo (julio a octubre) que resultó ser de 0,071 con un coeficiente de variación de 0,24. Esto significa que durante el período de estudio el 7% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra desovó, en promedio, cada 14 a 15 días.

Tabla 30. Resumen de la estimación de la fracción diaria de hembras desovantes de merluza común, *Merluccius gayi*, durante julio a octubre de 2006 (FPO: Folículos postovulatorio de día 1 y 2; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; n FPO: Hembras con FPO; n: Hembras totales; P: Probabilidad de Ho).

Mes	FPO	Media	D.E.	CV	n FPO	n	lances	H <sub>0</sub> : FPO1-FPO2=0
Julio	1	0,079	0,0029	0,68	3	42	2	P = 0,5
	2	0,026	0,0003	0,68	1			
	1+2	0,053	0,0013	0,68				
Septiembre	1	0,073	0,0007	0,36	36	558	16	P = 0,1
	2	0,059	0,0005	0,40	29			
	1+2	0,066	0,0006	0,37				
Octubre	1	0,056	0,0006	0,42	11	235	10	P = 0,1
	2	0,122	0,0004	0,17	24			
	1+2	0,089	0,0002	0,17				
Noviembre	1	0,069	0,0003	0,27	50	835	28	P = 0,7
	2	0,074	0,0003	0,24	54			
	1+2	0,071	0,0003	0,24				

#### 4.4. Objetivo Específico 4

##### 4.4.1. Crucero ictioplanctónico

Durante el crucero de septiembre de 2006, se observó una escasa cobertura de huevos de merluza común, detectándose dos pequeños focos en el sector comprendido entre el sur de Punta Puancho y el sur de Punta Rocura ( $39^{\circ}00' - 39^{\circ}45'S$ ) (Figura 65). Del total de estaciones realizadas, las estaciones positivas de huevos de merluza representaron sólo un 5,3% de la muestra total. La densidad media para el área de estudio fue de 14,74 huevos en  $10\text{ m}^2$ , en tanto que la densidad media considerando sólo las estaciones positivas, fue de 277,88 huevos en  $10\text{ m}^2$  (Tabla 31).

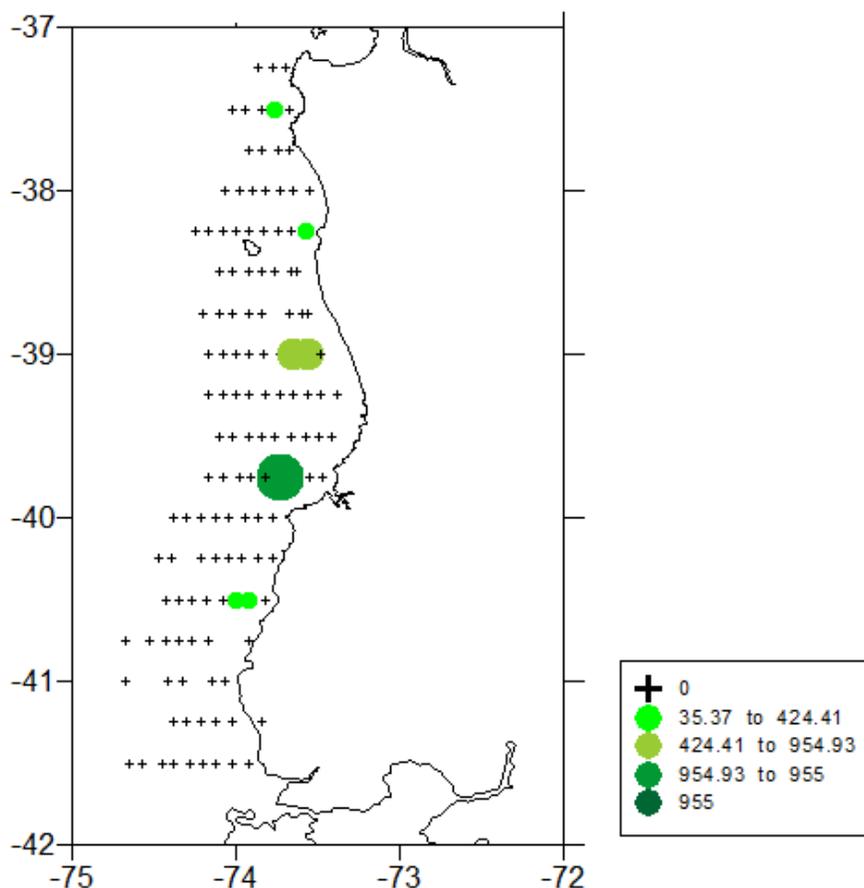


Figura 65. Densidad de huevos (huevos en  $10\text{ m}^2$ ) de merluza común, *Merluccius gayi*, en septiembre de 2006.

Tabla 31. Estadística de la distribución de huevos y larvas de merluza común, septiembre de 2006.

Variable	Huevos	Larvas
Estaciones totales	132	132
Estaciones positivas	7	15
% estaciones positivas	5,30	11,36
Densidad total	14,74	6,43
Var(densidad total)	9530,39	397,57
Densidad positivas	277,88	56,58
Var(Dens. Positivas)	122764,82	679,05
Densidad mínima	35,37	35,37
Densidad máxima	954,93	106,10

Con respecto a la cobertura de larvas de merluza común, al igual que los huevos, se observó una baja presencia en el área de estudio, con dos focos de abundancia más relevantes, uno en el sector de Punta Nena ( $38^{\circ}15'S$ ) y otro en el extremo sur del área de estudio en el sector de Punta Quillehue ( $41^{\circ}30'S$ )(Figura 66). Las estaciones positivas abarcaron sólo un 11,36 % del área muestreada, con una densidad de 56,58 larvas en  $10\text{ m}^2$  (Tabla 31).

Un total de 32 estaciones de muestreo (24,24 % del total de estaciones realizadas) registraron una profundidad de ecosonda menor a los 100 m de profundidad, las que estuvieron vinculadas principalmente al sector norte del área de estudio. Con respecto a la distribución mar afuera, el 100 % de las estaciones positivas de huevos de merluza común se concentró dentro de las primeras 15 millas náuticas desde la costa. Con respecto a las larvas, el rango es un poco más amplio, encontrándose larvas hasta las 28 millas náuticas desde la costa.

#### 4.4.2. Caracterización de la condición ambiental

##### 4.4.2.1. Área de estudio y diseño de muestreo

El crucero de investigación fue realizado a bordo del PAM Albatros II, entre el día 14 y 24 de septiembre de 2006, siendo el área de estudio aquella diseñada para el crucero ictioplanctónico. El diseño de muestreo involucró la ejecución de 8 transectos perpendiculares

a la costa distanciados latitudinalmente en 30 mn, con número estaciones que va desde 3 a 8 (Figura 67).

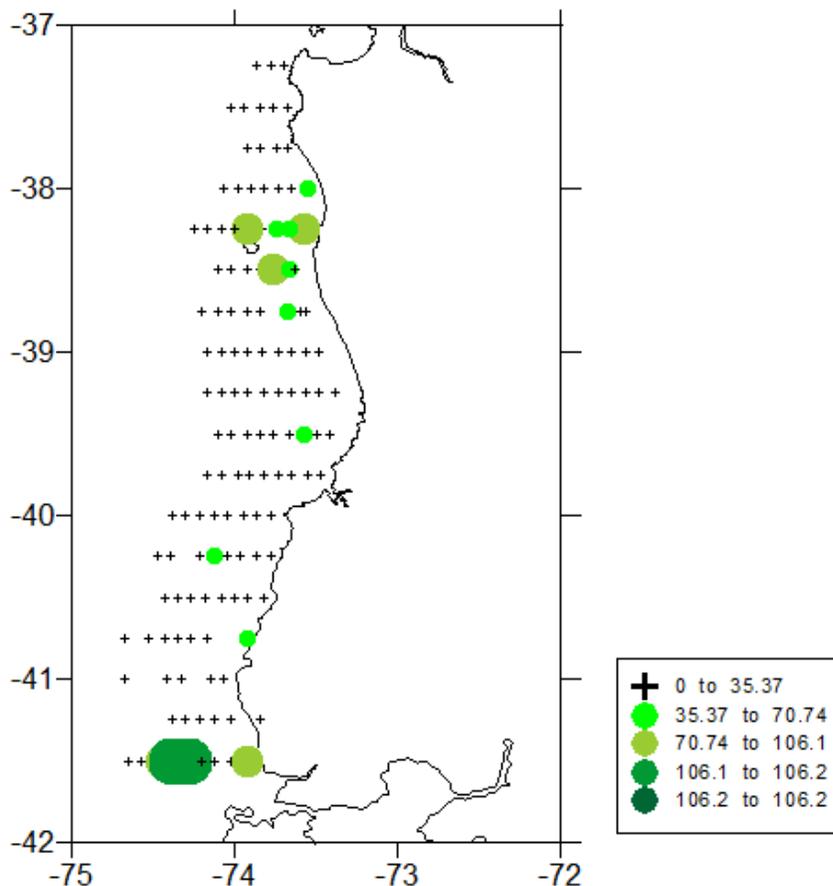


Figura 66. Densidad de larvas de merluza común (huevos en 10 m<sup>2</sup>), septiembre de 2006.

#### 4.4.2.2. Análisis de imágenes satelitales

##### 4.4.2.2.1. Temperatura superficial del mar (TSM)

Para el período de estudio (14 - 24 septiembre de 2006), se contó con 11 imágenes satelitales de TSM que reflejan de buena forma la evolución espacial en la escala diaria durante el período de estudio y una imagen promedio del mes de septiembre (Figura 68, 69 y 72).

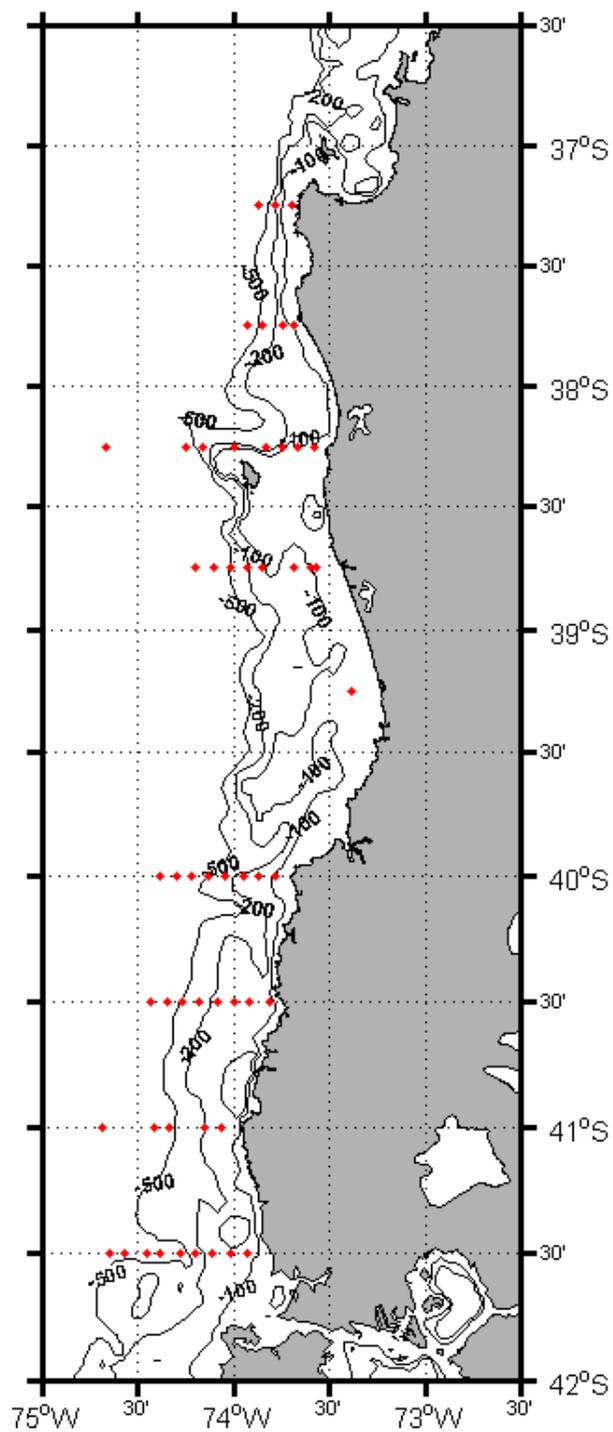


Figura 67. Disposición geográfica de las estaciones de muestreo (puntos rojos) de las condiciones oceanográficas del hábitat durante el crucero ictioplanctónico de merluza común en septiembre de 2006.

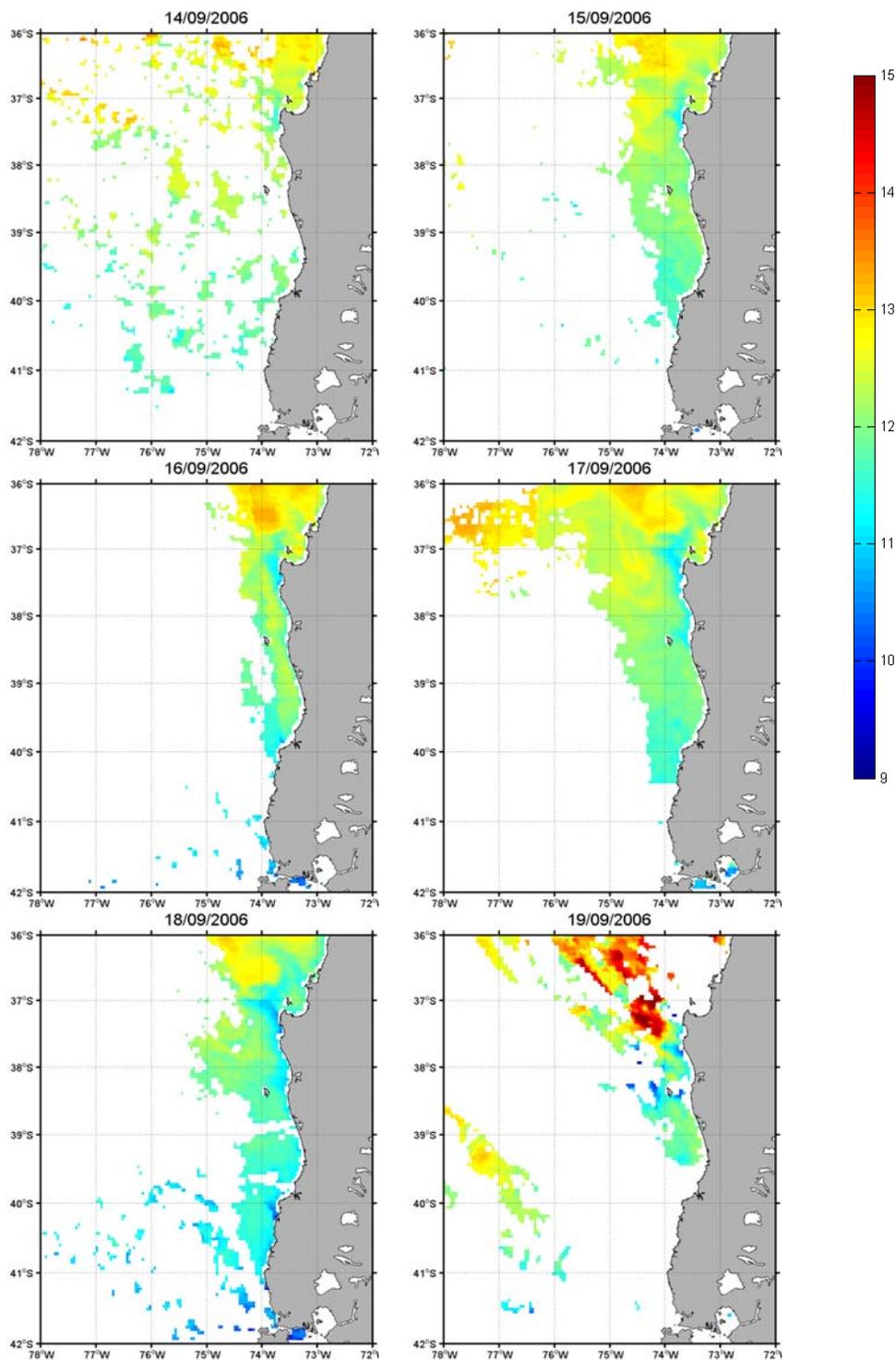


Figura 68. Evolución temporal de la temperatura superficial del mar (°C) para el área y período de estudio (14 al 19 de septiembre de 2006).

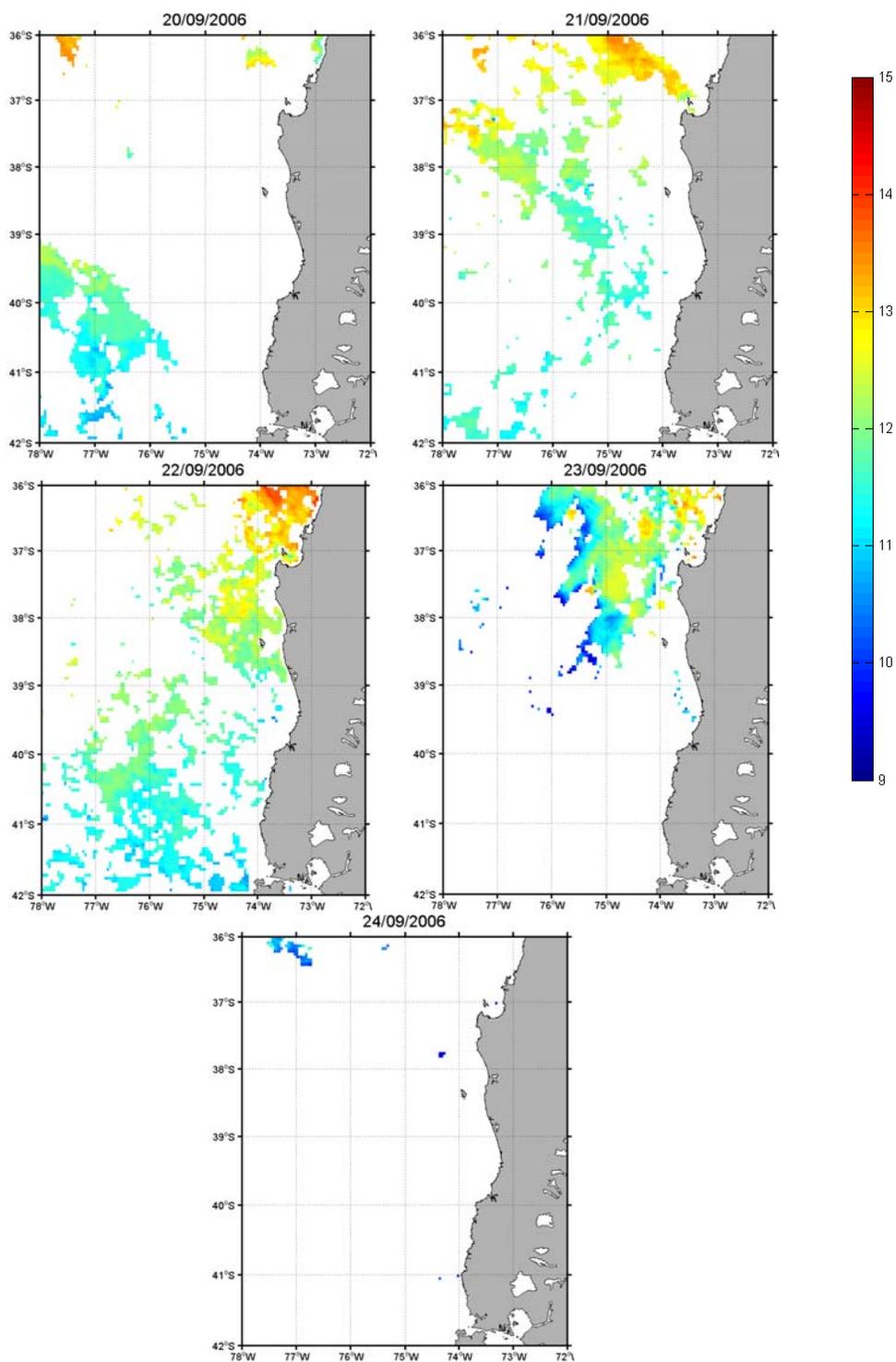


Figura 69. Evolución temporal de la temperatura superficial del mar (°C) para el área y período de estudio (20 al 24 de septiembre de 2006).

En términos generales, el análisis de las imágenes de TSM muestran la presencia de aguas comparativamente más frías en la banda costera al sur de los 37°00'S, con valores situados entre 11 y 12°C, destacándose núcleos de aguas más frías frente a Punta Lavapié (11°C) asociados a eventos de surgencia propios de la época. En síntesis, el área de estudio evidenció aguas frías asociadas con una importante intensificación de la surgencia costera.

#### **4.4.2.2.2. Clorofila-a**

Se contó con 11 imágenes satelitales de clorofila-a para el período de estudio (14 enero a 24 septiembre de 2006), las que permiten evaluar de buena forma la evolución espacial en la escala diaria de la clorofila y una imagen promedio del mes de septiembre (Figura 70, 71 y 72).

La distribución espacial de esta variable muestra valores altos ( $> 3 \text{ mg/m}^3$ ) en toda la banda costera, con pulsos de alrededor de cuatro días donde los valores superan concentraciones de  $7 \text{ mg/m}^3$  alcanzando valores de  $10 \text{ mg/m}^3$ , mostrando un incremento de la biomasa fitoplanctónica en el área de estudio asociada a los eventos de surgencia costera propios de la época.

#### **4.4.2.3. Distribución vertical de las variables oceanográficas**

La distribución vertical de las variables oceanográficas medidas en el área de estudio fue analizada también a la forma de perfiles verticales promedio e individuales (considerando cada una de las estaciones de muestreo), agrupando las estaciones insertas en las regiones norte (37°15'-38°45'S) y sur (40°00'-41°30'S) del área de estudio.

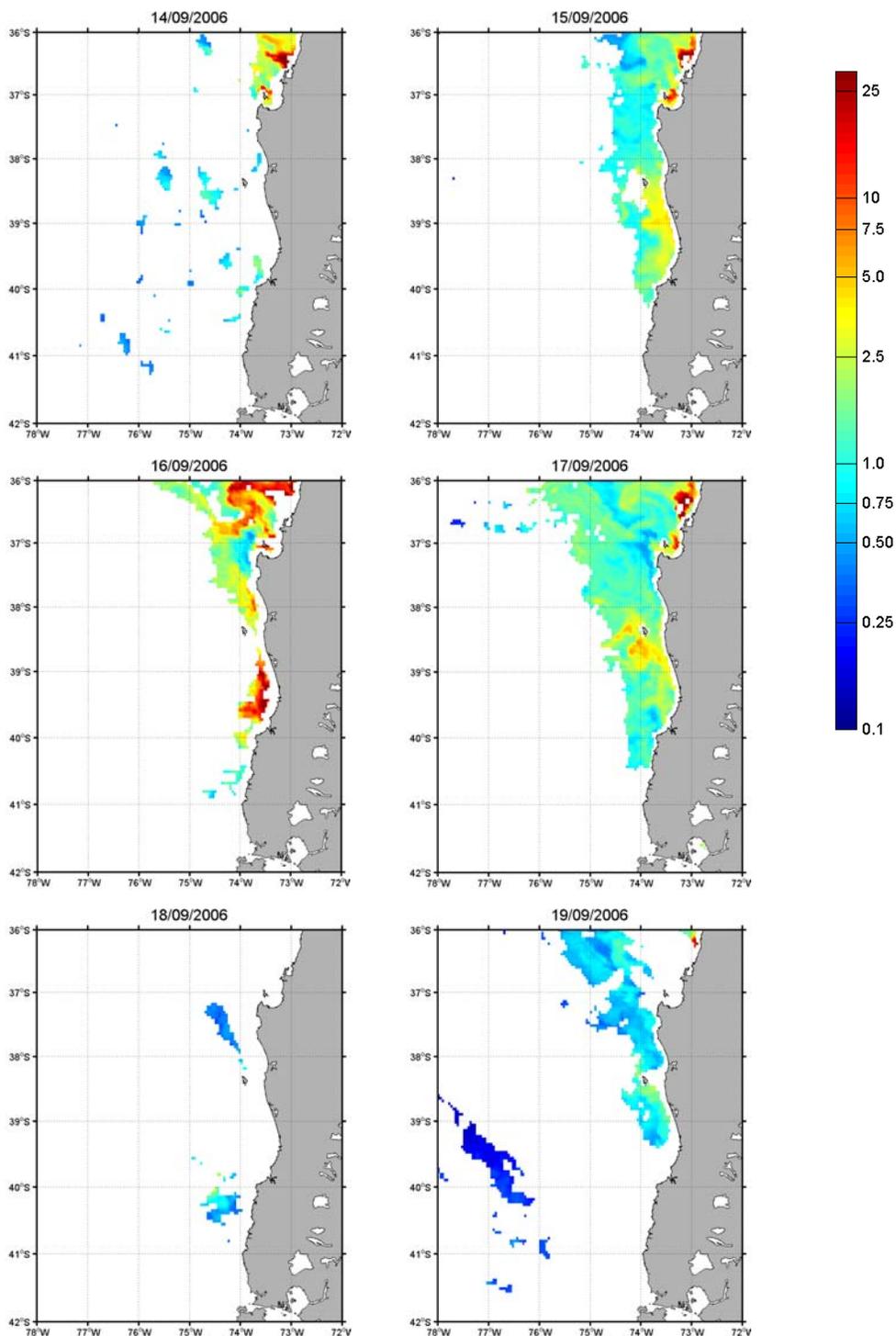


Figura 70. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a para el área y período de estudio (14 al 19 de septiembre de 2006).

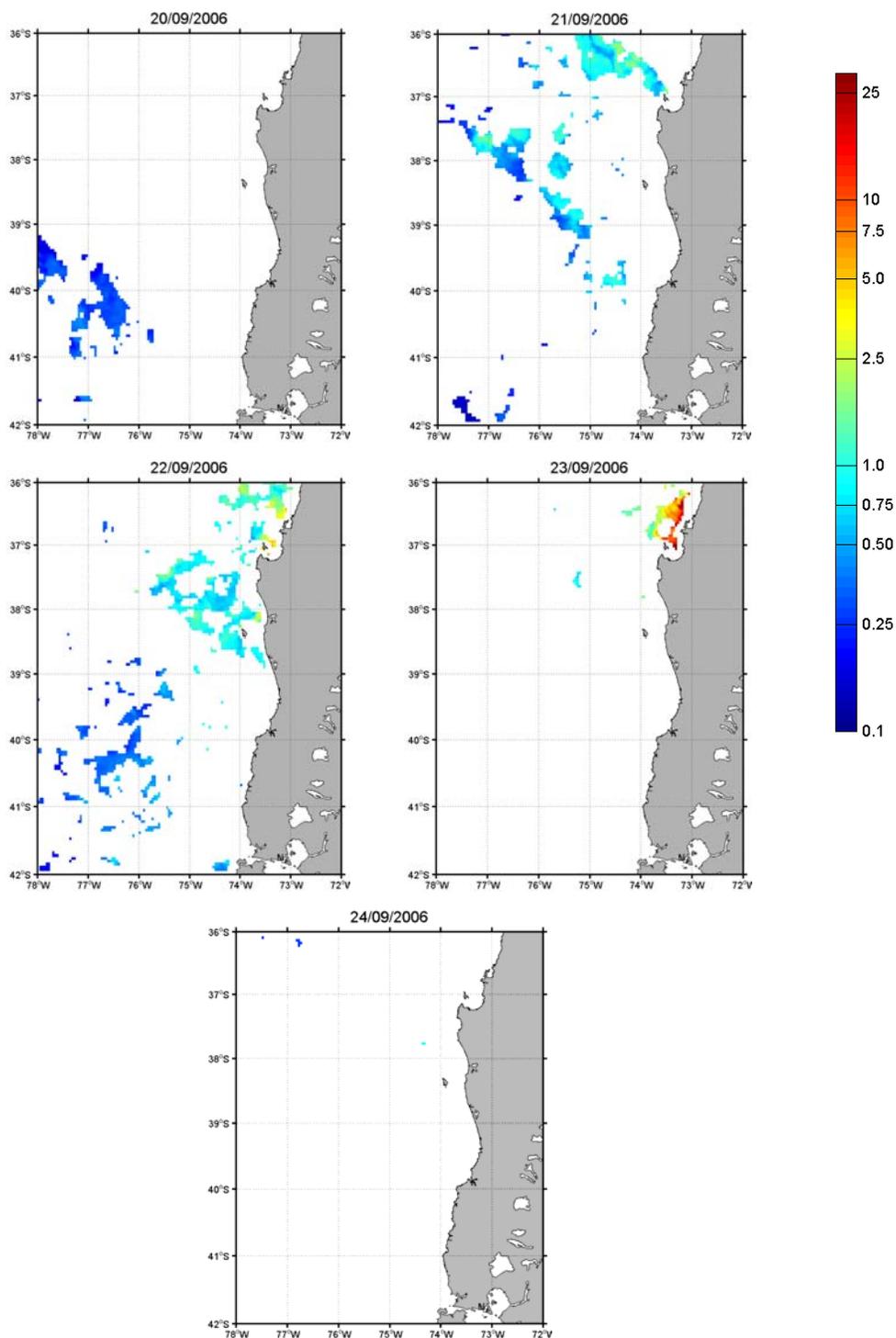


Figura 71. Evolución temporal de la concentración de clorofila-a para el área y período de estudio (20 al 24 de septiembre de 2006).

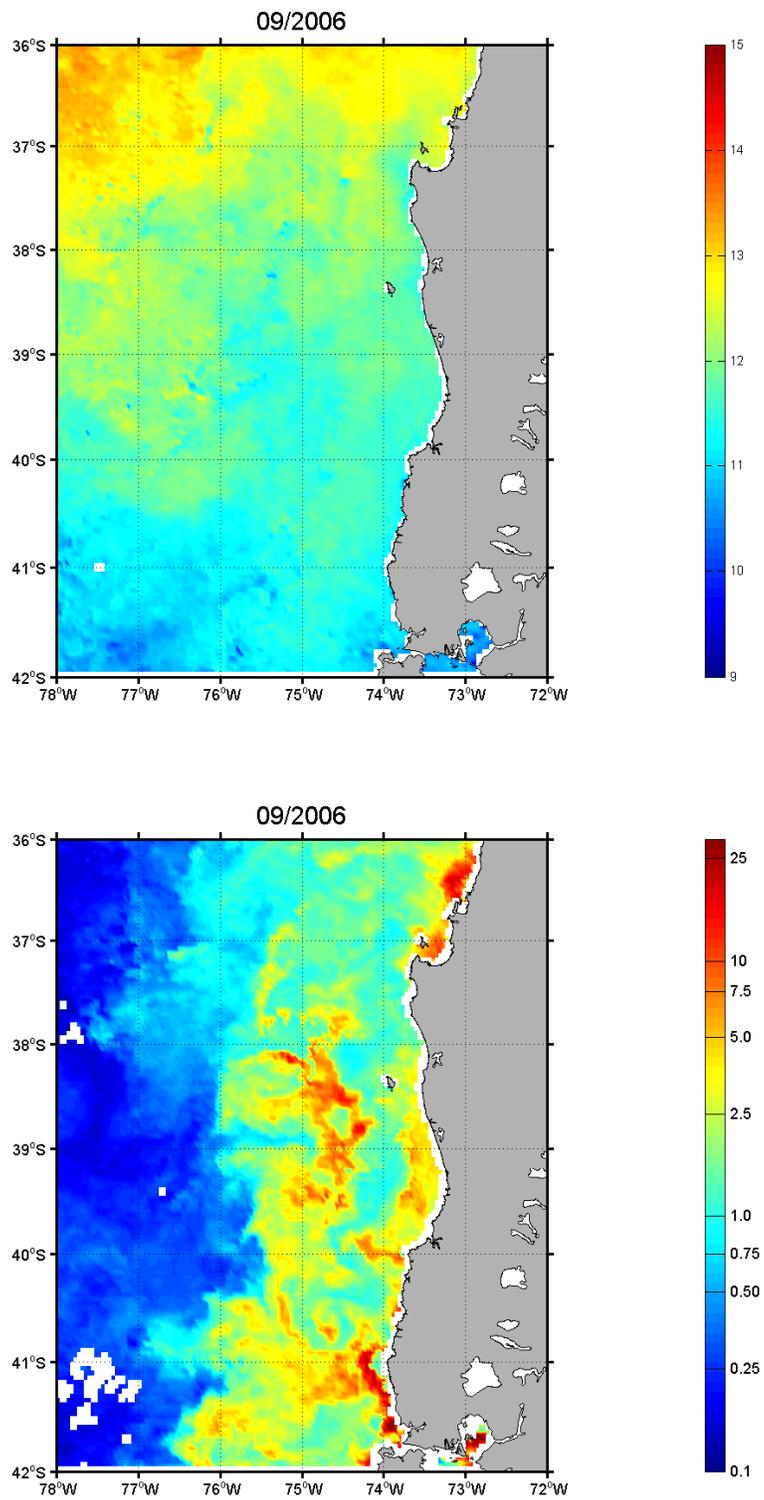


Figura 72. Imágenes satelitales mensuales de TSM (arriba) y clorofila-a (abajo) para el área y período de estudio (septiembre de 2006).

#### 4.4.2.3.1. Perfiles verticales individuales. Sector norte

En la Figura 73 se presentan los perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad, densidad, concentración de oxígeno disuelto y concentración de clorofila-a para las estaciones realizadas en el sector norte del área de estudio ( $37^{\circ}15'$ - $38^{\circ}45'S$ ).

Los perfiles verticales de temperatura evidenciaron un estrecho rango térmico superficial que varió entre los  $11,8$  y los  $12,2^{\circ}C$  y una débil capa isotermal. Se identificó termoclinas débiles situadas en los primeros  $20$  m de profundidad. Bajos gradientes verticales de temperatura debido a un estrecho rango térmico vertical ( $9,6$ - $12,2^{\circ}C$ ), denotando una baja estratificación térmica en la mayoría de las estaciones de este sector. Bajo los  $70$  m de profundidad, la temperatura disminuyó con la profundidad registrando valores cercanos a los  $9,6^{\circ}C$  hacia la máxima profundidad de muestreo.

La distribución vertical de la salinidad reveló valores superficiales entre  $32,8$  y  $34,5$  psu y gradientes verticales débiles, los que fluctuaron entre los  $0,013$  psu  $10\text{ m}^{-1}$  y los  $0,155$  psu  $10\text{ m}^{-1}$  vinculados en su mayoría a los primeros  $30$  m de profundidad. En el estrato entre los  $50$  y los  $200$  m de profundidad se identificó los máximos valores de salinidad, determinando la ubicación del núcleo de las AESS. La densidad del agua de mar mostró valores superficiales entre  $24,8$  y  $26,6$   $\sigma_t$ , una capa de mezcla prácticamente ausente, picnoclinas poco definidas en la mayoría de las estaciones y bajos gradientes verticales situados principalmente entre la superficie y los  $25$  m de profundidad.

Por su parte, la concentración de oxígeno disuelto evidenció un estrato superficial bien oxigenado en la mayoría de las estaciones (entre  $4$  y  $6,98$   $\text{ml l}^{-1}$ ) y una oxiclina débil ubicada entre los  $5$  y los  $75$  m de profundidad. En la mayoría de las estaciones de muestreo, y en el estrato comprendido entre los  $100$  y los  $200$  m de profundidad, se detectaron aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto ( $<1,5$   $\text{ml l}^{-1}$ , AESS).

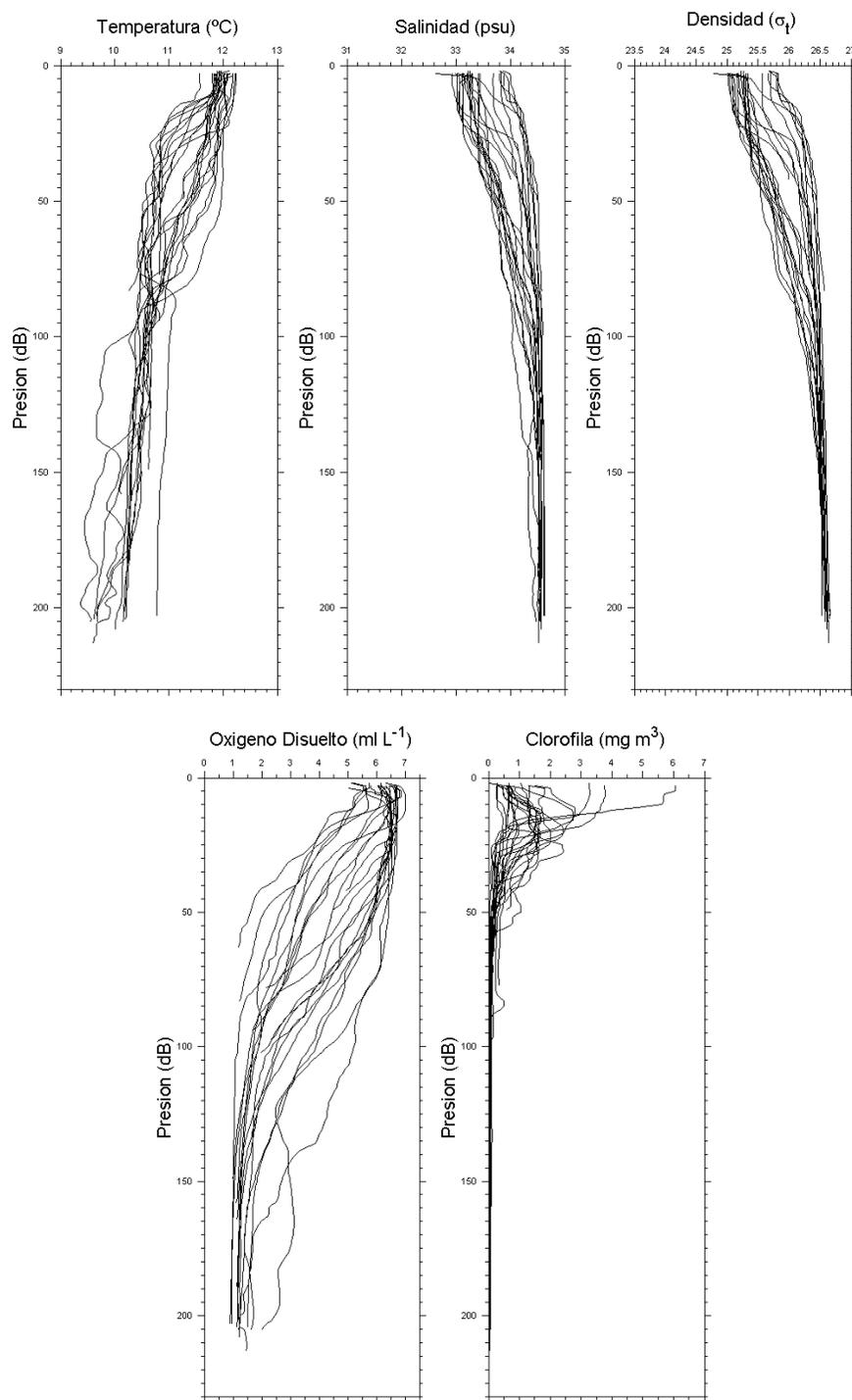


Figura 73. Perfiles verticales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ), concentración de oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y concentración de clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) para las estaciones oceanográficas situadas en la zona norte ( $37^{\circ}15' - 38^{\circ}45' \text{S}$ ) del área de estudio.

La distribución vertical de la clorofila-a reveló altas concentraciones para este sector, donde la mayor parte de las estaciones presentaron valores entre 0,5 y 3 mg m<sup>-3</sup>, y donde sólo tres estaciones presentaron concentraciones comparativamente mayores registrando valores sobre superiores a 3 mg m<sup>-3</sup>.

#### **4.3.2.3.2. Perfiles verticales individuales. Sector sur**

Los perfiles verticales individuales y promedios de temperatura, salinidad, densidad, concentración de oxígeno disuelto y concentración de clorofila-a graficados el sector sur del área de estudio (entre los 40°00'S y los 41°30'S) se presentan en la Figura 74.

Los perfiles verticales de temperatura en esta región evidenciaron un rango superficial entre 11,0 y 11,6 °C. Termoclinas poco desarrolladas fueron observadas en la mayoría de las estaciones de muestreo, en las estaciones que se detecto termoclinas insipientes se ubicaron entre la superficie y los 15 m de profundidad. Los máximos gradientes verticales de temperatura casi inexistentes que denota una alta homogeneidad vertical. A partir de los 100 m y hasta la máxima profundidad de muestreo, la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante con la profundidad registrando un valor cercano a los 9°C en la profundidad de 200 m.

La distribución vertical de salinidad mostró haloclinas identificables en los primeros 70 m de profundidad solo para algunas estaciones mientras en la mayoría de estas se muestra una alta homogeneidad vertical, con un estrecho rango de valores en superficie (31,6-33,6 psu) y un máximo salino ubicado bajo los 100 m, caracterizando la presencia de las AESS bajo esta profundidad.

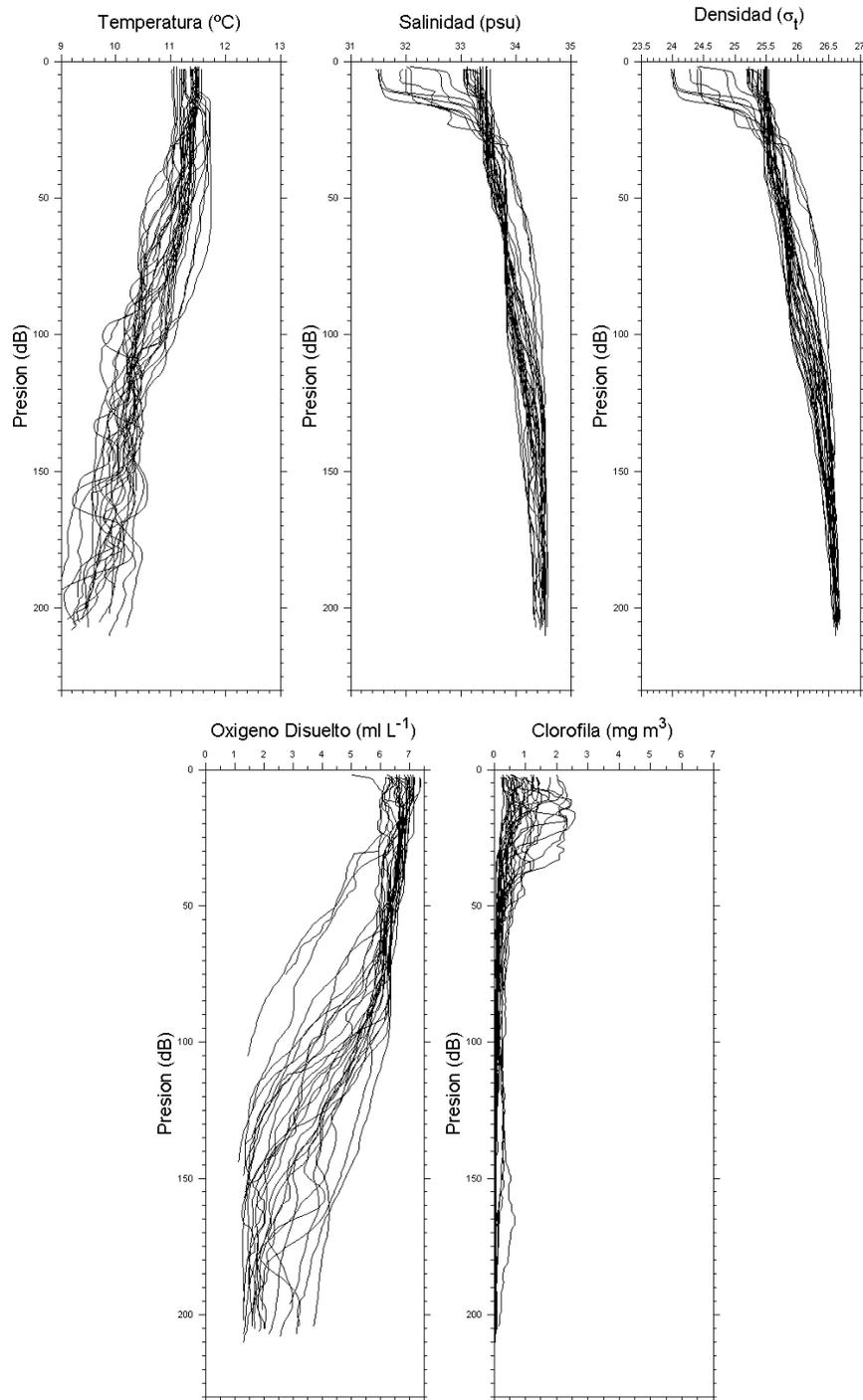


Figura 74. Perfiles verticales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ), concentración de oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y concentración de clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) para las estaciones oceanográficas situadas en la zona sur ( $40^{\circ}0' - 41^{\circ}30'S$ ) del área de estudio.

Dada la alta homogeneidad vertical, los gradientes verticales son casi inexistentes en la mayoría de las estaciones y cuando estos existen, los máximos están ubicados sobre los 30 m de profundidad. Por su parte, la densidad del agua de mar evidenció un comportamiento similar al de la salinidad y temperatura, esto es, alta homogeneidad vertical, picnoclina, cuando se evidencia, en los primeros 30 m de profundidad, con bajos gradientes verticales y un rango estrecho de valores superficiales que variaron entre 24,0 y 25  $\sigma_t$ . A partir de los 30 m, se observó un incremento paulatino con la profundidad de la densidad hasta alcanzar valores cercanos a los 26,5  $\sigma_t$  bajo los 150 m.

Los perfiles verticales de la concentración de oxígeno disuelto mostraron un estrato superficial bien oxigenado (5,0 - 7 ml l<sup>-1</sup>) en todas las estaciones de muestreo y oxiclina débiles situadas entre la superficie y 30 m de profundidad. Bajo los 100 m, se identificó aguas con baja concentración de oxígeno disuelto (< 1.5 ml l<sup>-1</sup>). En tanto, la concentración de clorofila-a reveló concentraciones en un rango similar a las detectadas en el sector norte del área de estudio, es decir, valores entre 0,3 y 2 mg m<sup>-3</sup>, distribuidos en los primeros 40 m de profundidad.

#### **4.4.2.4. Masas de agua**

La identificación de las masas de aguas presentes en el área de prospección se realizó a través del análisis e interpretación de las relaciones temperatura-salinidad (diagramas TS), considerando cada uno de los sectores del área de prospección. Durante el estudio, se detectó la presencia de dos masas de agua; a saber, Aguas Subantárticas (ASSA) y Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS).

En el sector norte del área de estudio (37°15'-38°45'S), el estrato superficial de la columna de agua se caracterizó por la mezcla entre las ASSA y AESS como consecuencia del desarrollo de procesos de surgencia. Las AESS se ubicaron bajo los 50 m de profundidad, y se encontraron definidas por un rango salino entre los 34,45 y 34,6 psu con una variación de temperatura que fluctuó entre los 9,5 y 11,5°C (Figura 75).

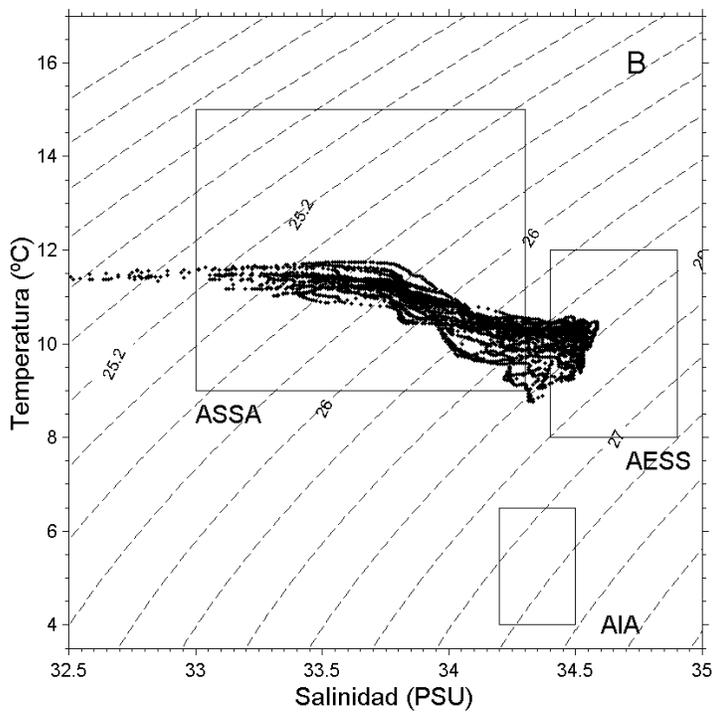
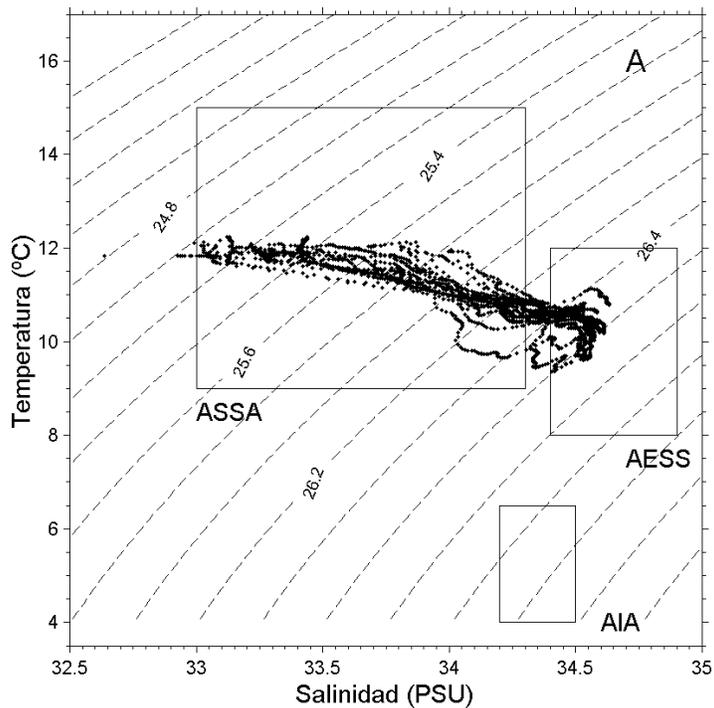


Figura 75. Diagramas TS para las zonas (a) norte (37°15' - 38°45' S) y (b) sur (40°0' - 41°30' S).

En el sector sur ( $40^{\circ}00-41^{\circ}30'S$ ), por otro lado, el estrato superficial de la columna de agua presentó mayor presencia de las ASSA, que evidenciaron una variación térmica entre 9 y  $11,5^{\circ}C$  y un rango de salinidad entre los 32,5 y 34 psu, destacando la influencia de las aguas de origen continentales. Por su parte, las AESS presentaron un rango salino entre los 34,45 y 34,6 psu, con una variación de temperatura entre  $9,0$  y  $10,5^{\circ}C$  (Figura 75).

#### **4.4.2.5. Secciones oceanográficas**

Se describe a continuación la distribución vertical de las variables temperatura ( $^{\circ}C$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ), concentración de oxígeno disuelto ( $ml\ l^{-1}$ ) y concentración de clorofila-a ( $mg\ m^{-3}$ ), medidas en cada una de las transectas realizadas durante el crucero. En virtud al registro oceanográfico, la transecta 5 no se informa gráficamente debido a que sólo posee una estación de muestreo.

##### **4.4.2.5.1. Sector sur**

**Transectas 1, 2, 3 y 4** (Figuras 76 a la 83). Estas transectas, ubicadas en el extremo sur del área de estudio ( $40^{\circ}00' - 34^{\circ}40'S$ ). La distribución vertical de la temperatura mostró gradientes zonales no importantes en toda la columna de agua con un rango térmico entre superficie y la profundidad máxima entre  $11,1$  y  $9,2^{\circ}C$ . El ascenso de isolíneas tanto de temperatura, salinidad y densidad en la zona cercana a la costa se evidencian al norte de los  $40^{\circ}00'S$ , aguas con valores máximos de salinidad se ubican relegadas al fondo y bajo los 150 m de profundidad.

Por su parte, la concentración de oxígeno disuelto reveló aguas superficiales bien oxigenadas ( $>6\ ml\ l^{-1}$ ), con un ascenso hacia la costa de las isolíneas de concentración al norte de los  $40^{\circ}00'S$ . Aguas con pobre contenido de oxígeno disuelto ( $<1,5\ ml\ l^{-1}$ ) se encontraron situadas al fondo y bajo los 150 m de profundidad y asociadas valores de máximos de salinidad.

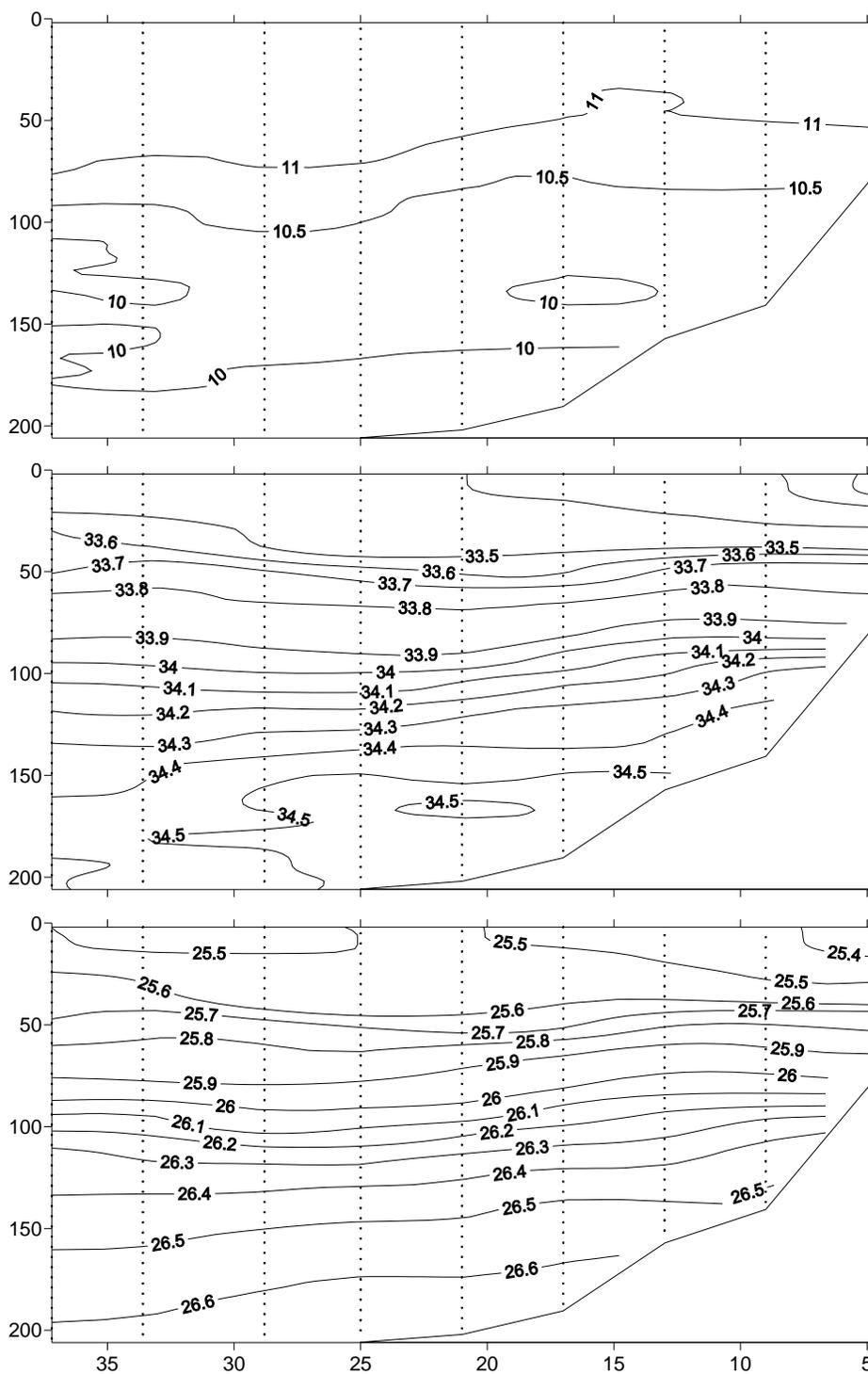


Figura 76. Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 1 ( $41^{\circ}30'S$ ).

La distribución vertical de la clorofila-a mostró un estrato superficial sin fuertes gradientes costa-oceano de importancia, evidenciando valores en general entre 0,3 y 1,8  $\text{mg m}^{-3}$  mostrando valores máximos a 15 mn de la costa.

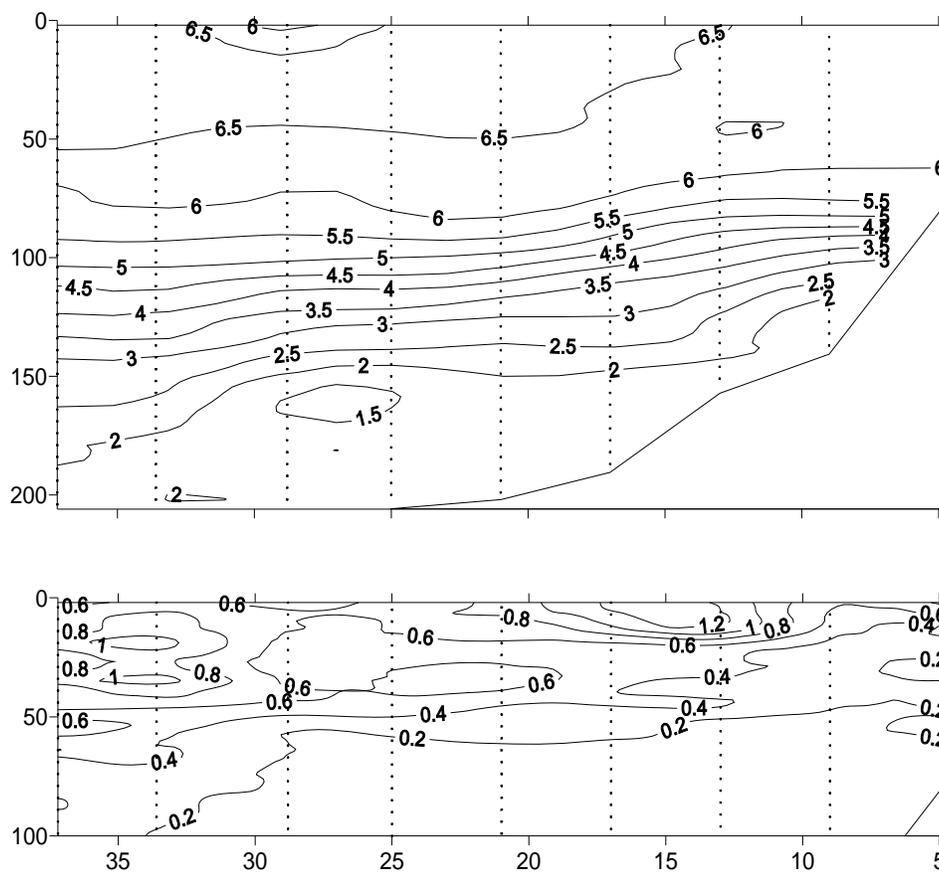


Figura 77. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 1 ( $41^{\circ}30'S$ )

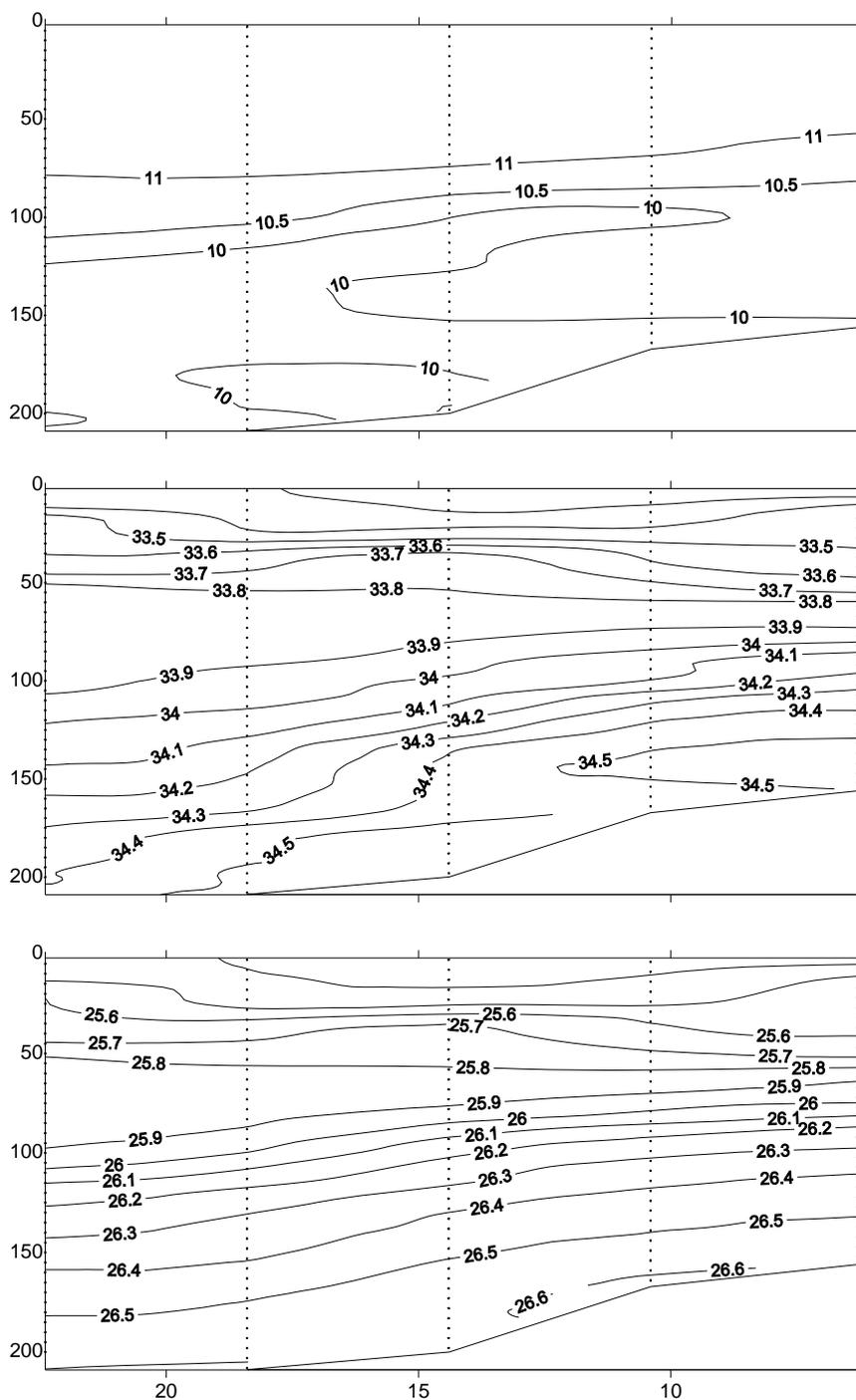


Figura 78. Distribución vertical de la temperatura (°C), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 2 (41°00'S)

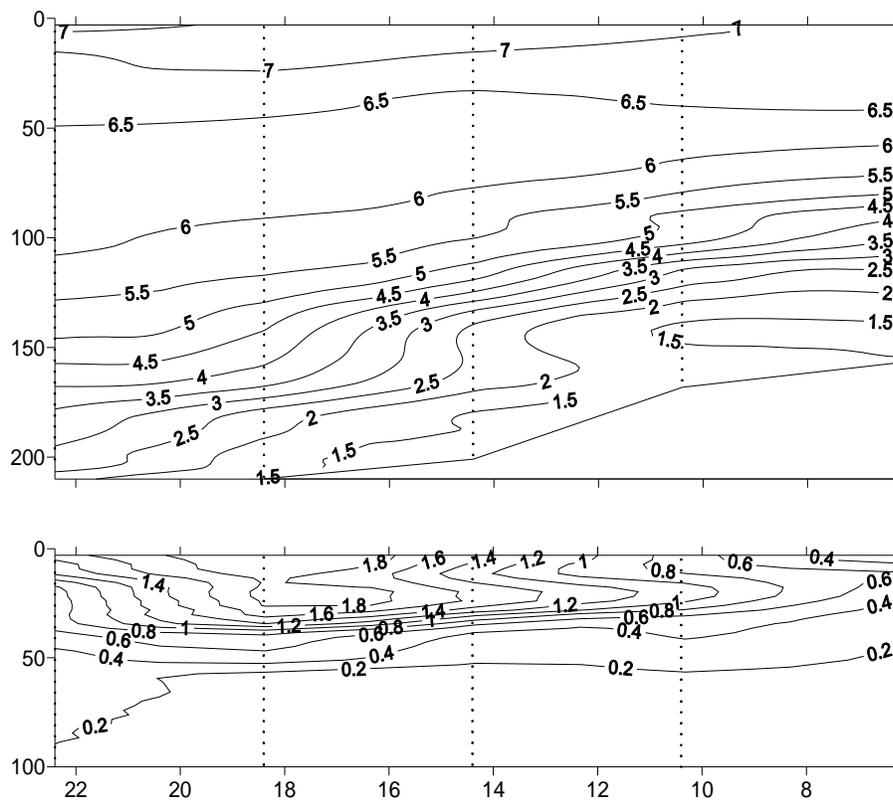


Figura 79. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 2 ( $41^{\circ}00'S$ )

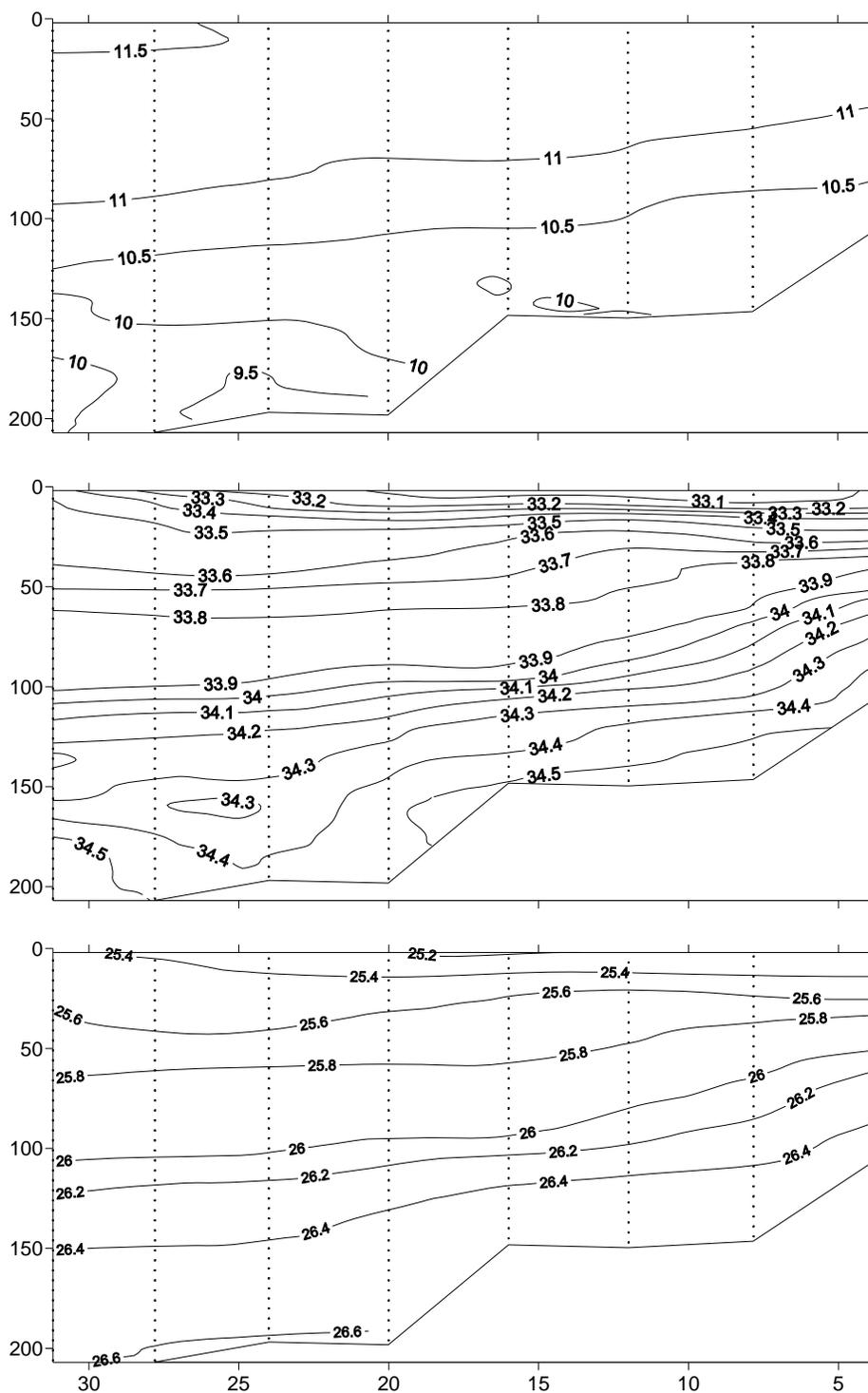


Figura 80. Distribución vertical de la temperatura (°C), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 3 (40°30'S)

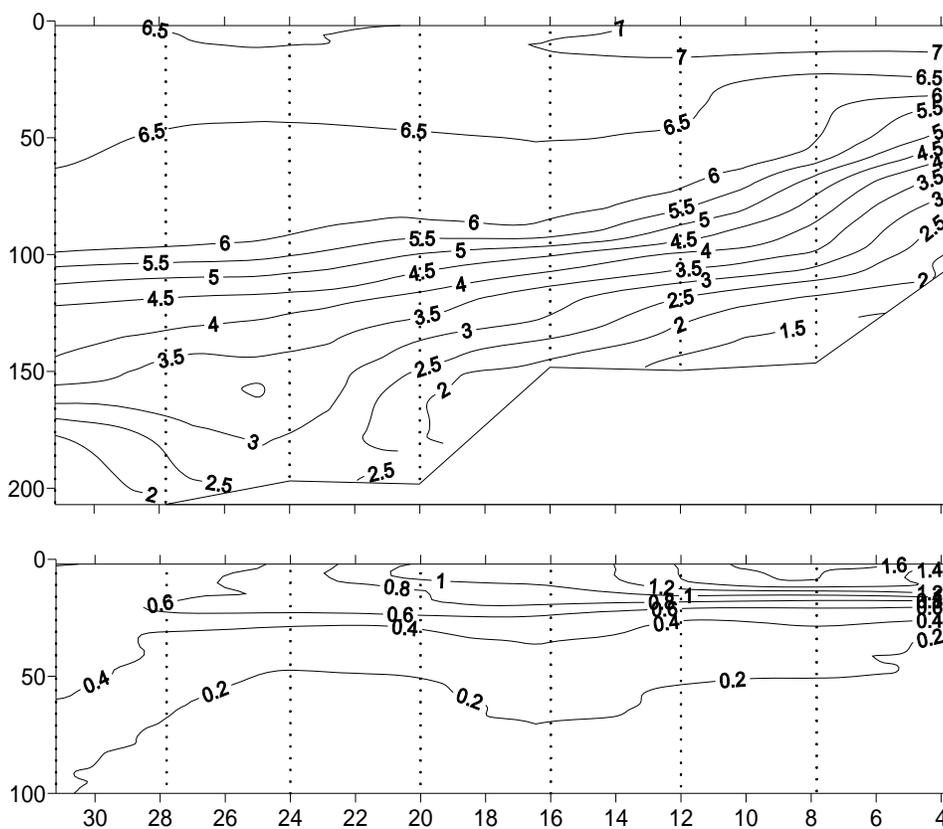


Figura 81. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma$ ). Transecta 3 ( $40^{\circ}30'S$ )

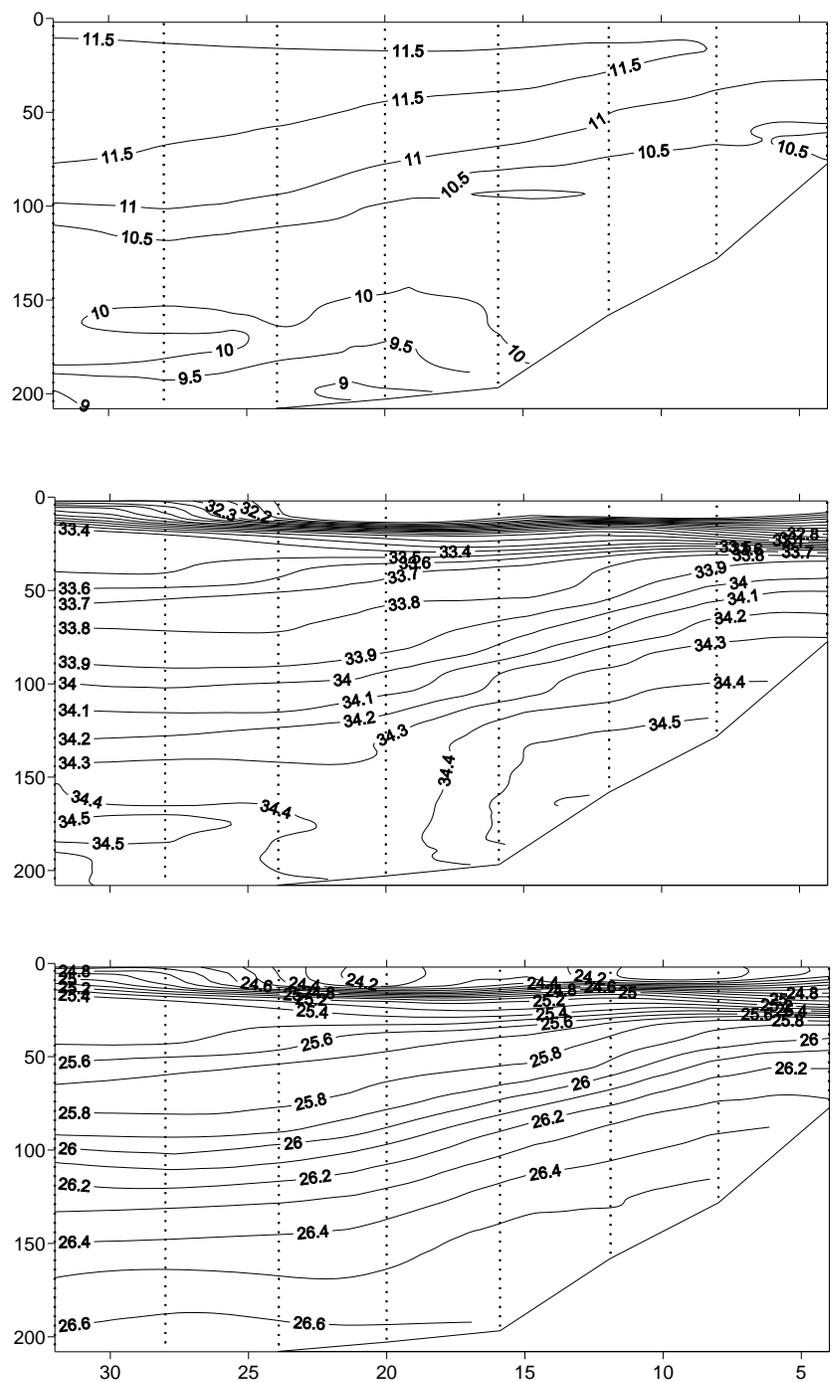


Figura 82. Distribución vertical de la temperatura (°C), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ).  
Transecta 4 (40°00'S)

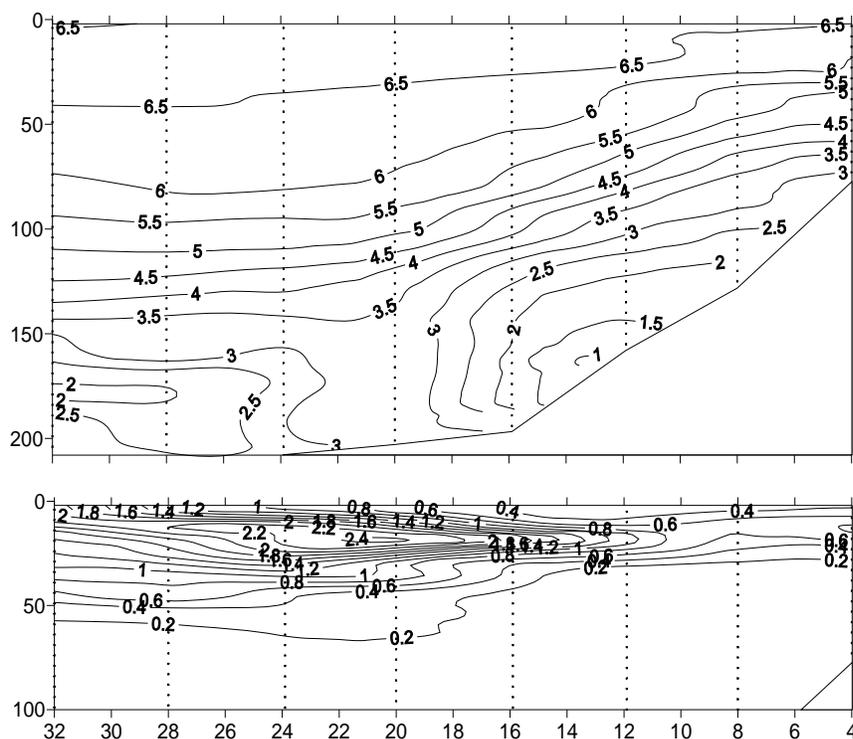


Figura 83. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 4 ( $40^{\circ}00'S$ )

#### 4.4.2.5.2. Sector norte ( $37^{\circ}15'-38^{\circ}45'S$ )

**Transectas 6, 7, 8 y 9** (Figuras 84 a la 91). Estas transectas a diferencia de las transectas anteriores, se muestran gradientes zonales (costa-océano), aunque no de gran importancia, caracterizados por el estrechamiento y ascenso de las isolíneas de temperatura, salinidad y densidad hacia la costa a excepción de la transecta más al norte ( $37^{\circ}15'S$ ), la cual muestra una estructura zonal sin grandes variaciones. El rango térmico entre superficie y la profundidad máxima fluctuó entre  $9,9$  y  $12,0^{\circ}\text{C}$ .

Los máximos salinos experimentan un ascenso, ubicándose bajo los 70 m de profundidad. Por su parte, las concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ( $< 1,5 \text{ ml l}^{-1}$ ) se encuentran asociadas al fondo y bajo los 100 m de profundidad. La distribución de la clorofila-a mostró altos valores en superficie, presentando dos núcleos de altas concentraciones, uno cercano a la

costa y otro ubicado entre 15 y 25 millas de la costa, con concentraciones promedio de 2 mg m<sup>-3</sup>.

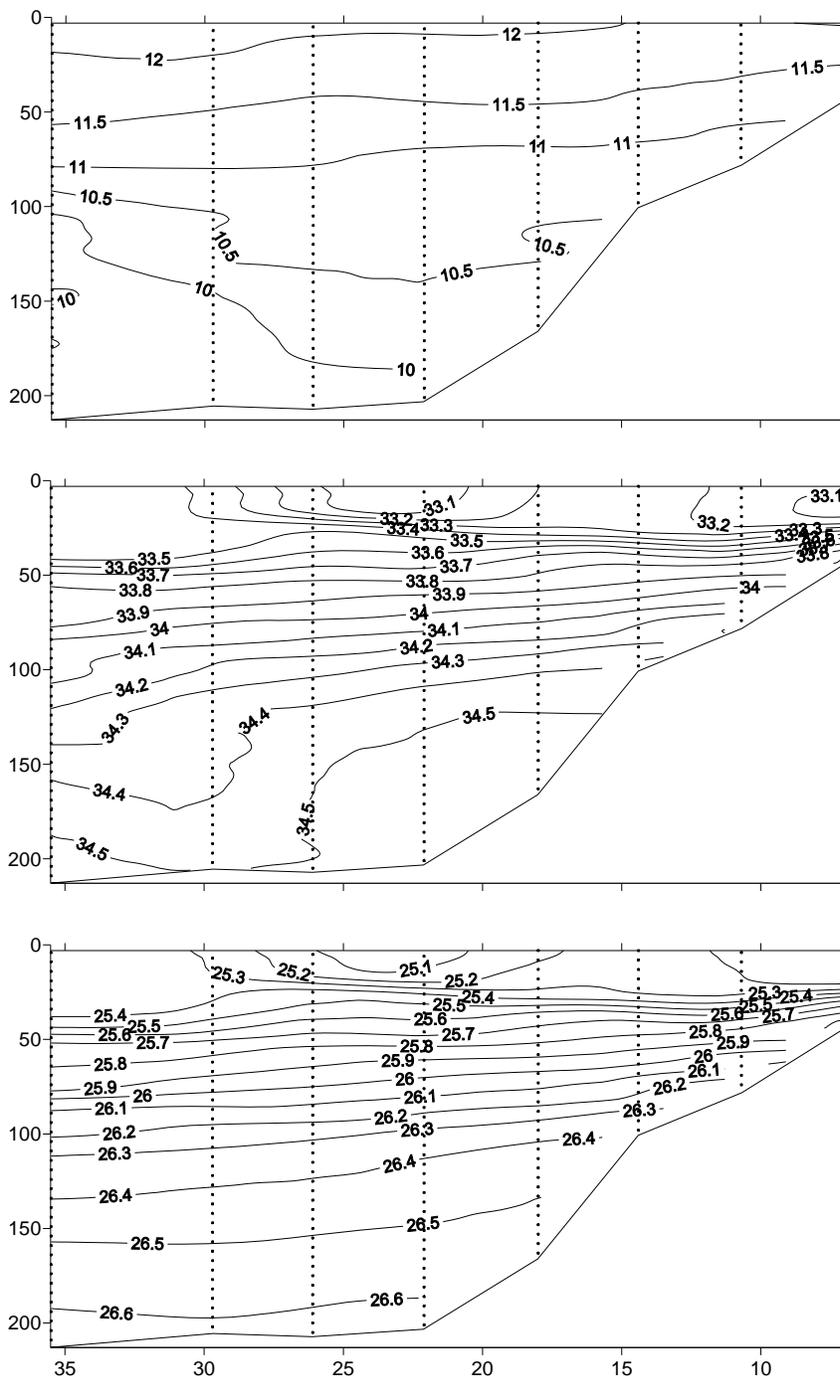


Figura 84. Distribución vertical de la temperatura (°C), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 6 (38°45'S)

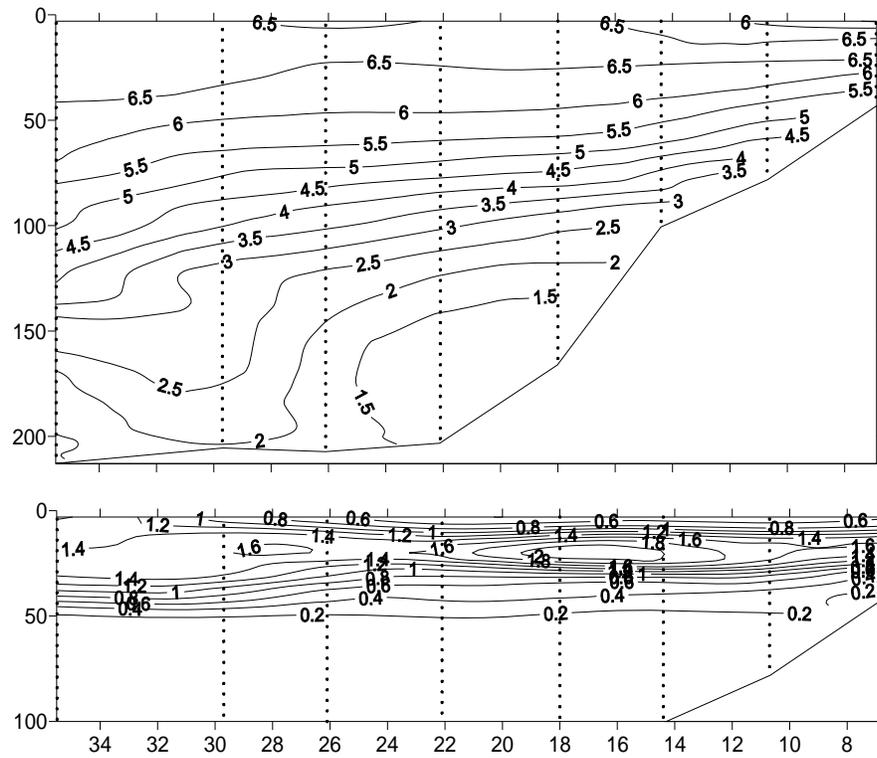


Figura 85. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 6 ( $38^{\circ}45'S$ )

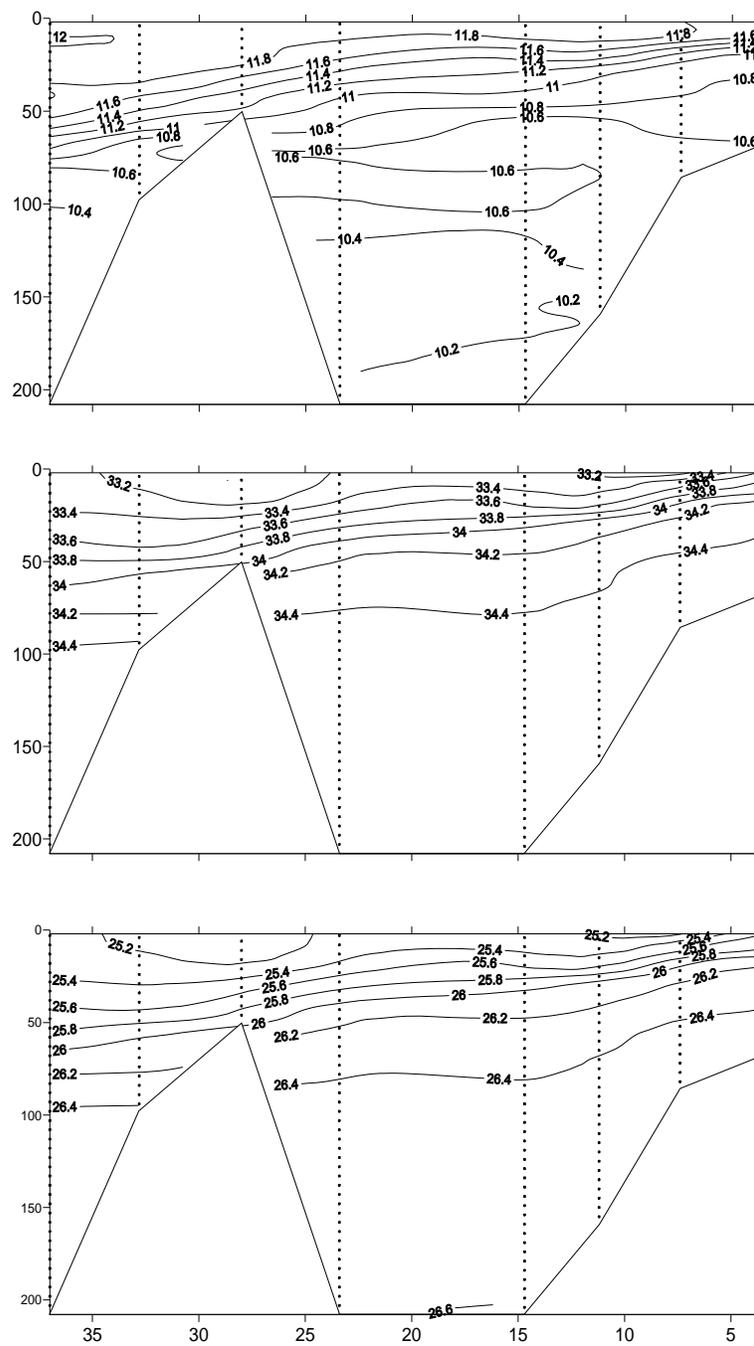


Figura 86. Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 7 ( $38^{\circ}15'S$ )

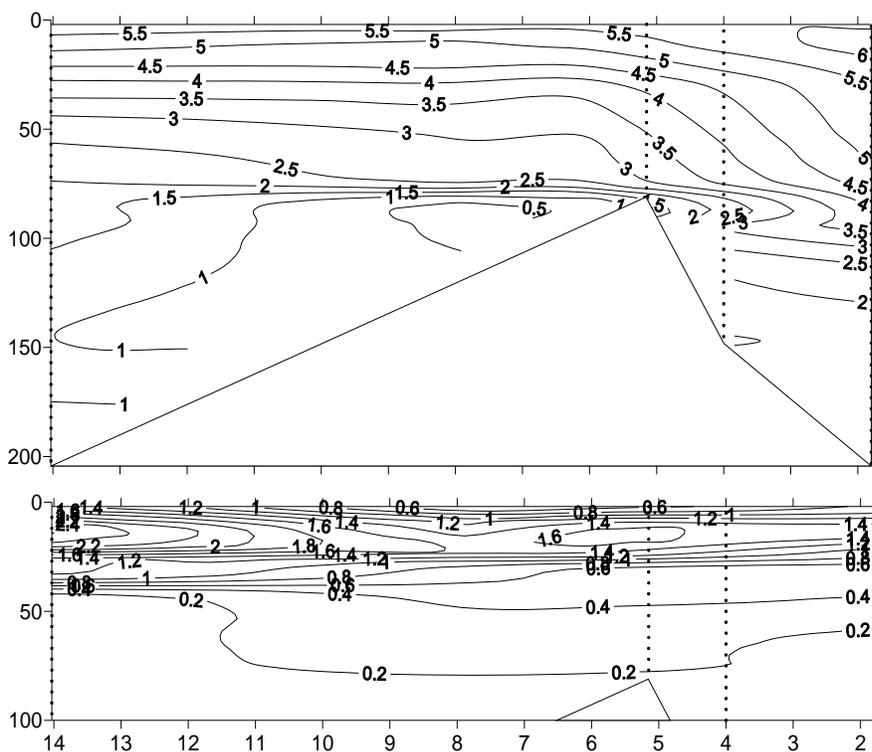


Figura 87. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 7 ( $38^{\circ}15'S$ )

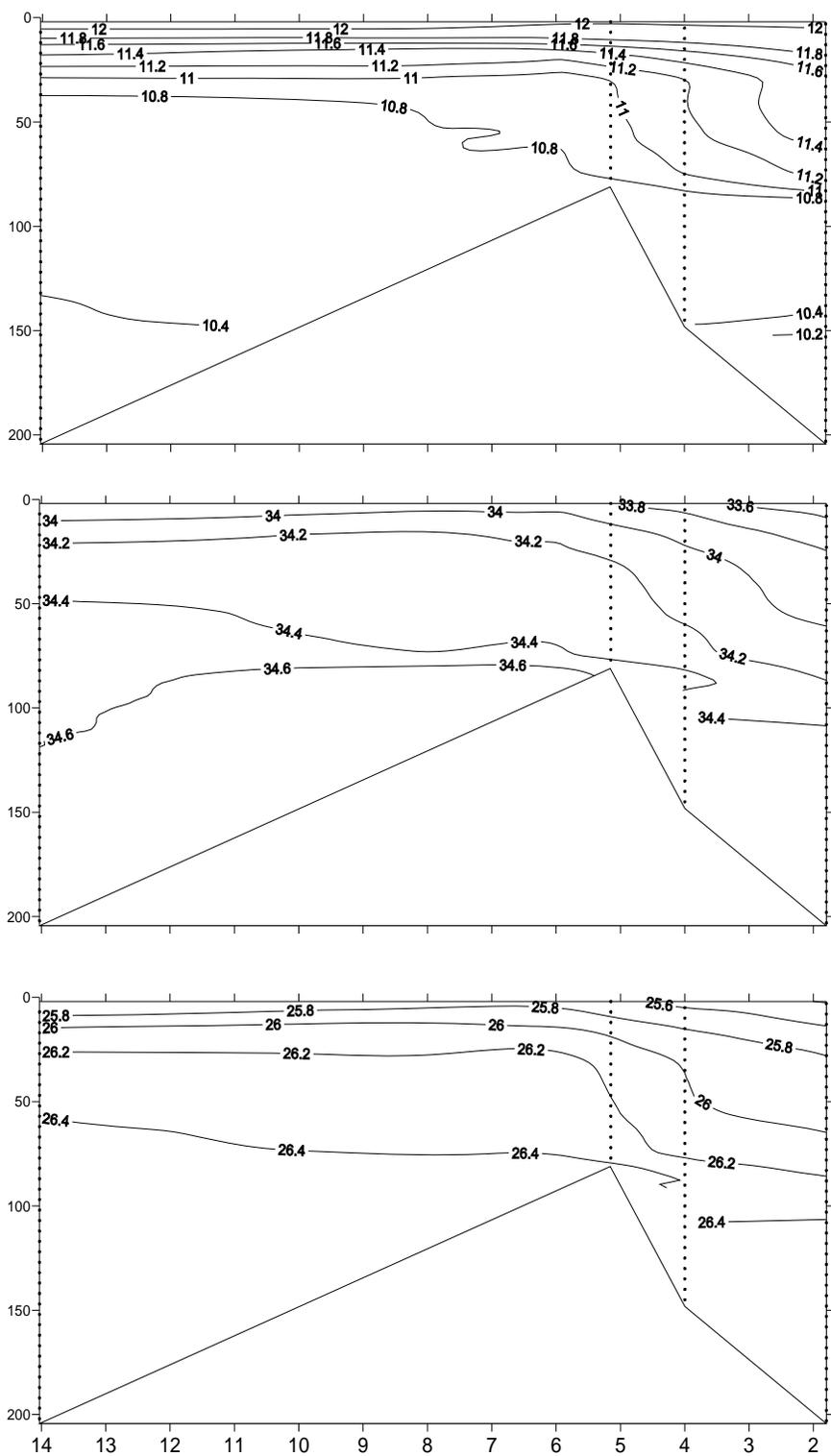


Figura 88. Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 8 ( $37^{\circ}45'\text{S}$ )

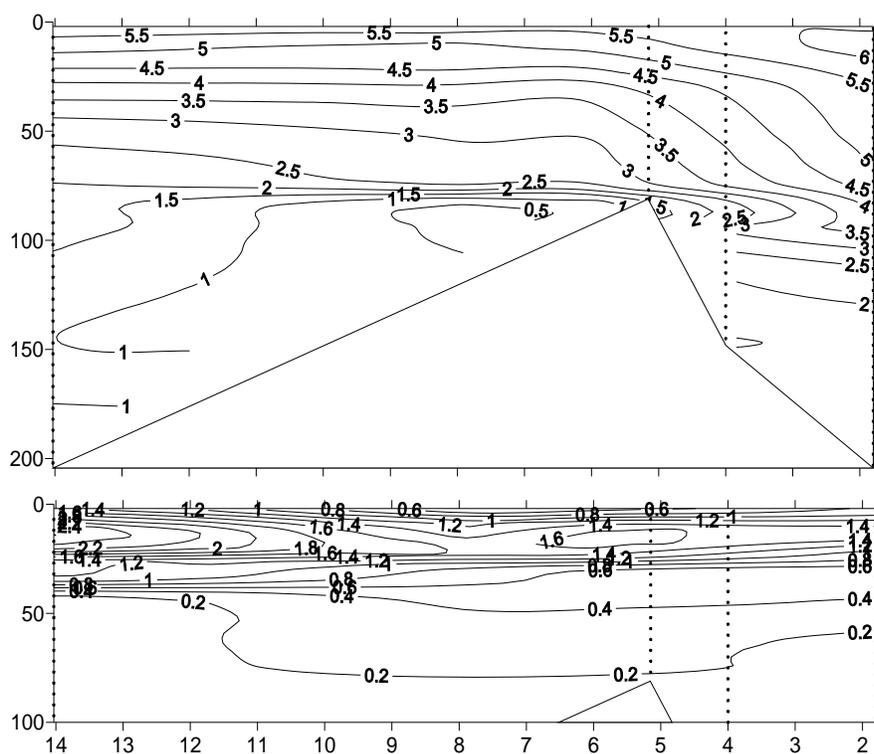


Figura 89. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 8 ( $37^{\circ}45'S$ )

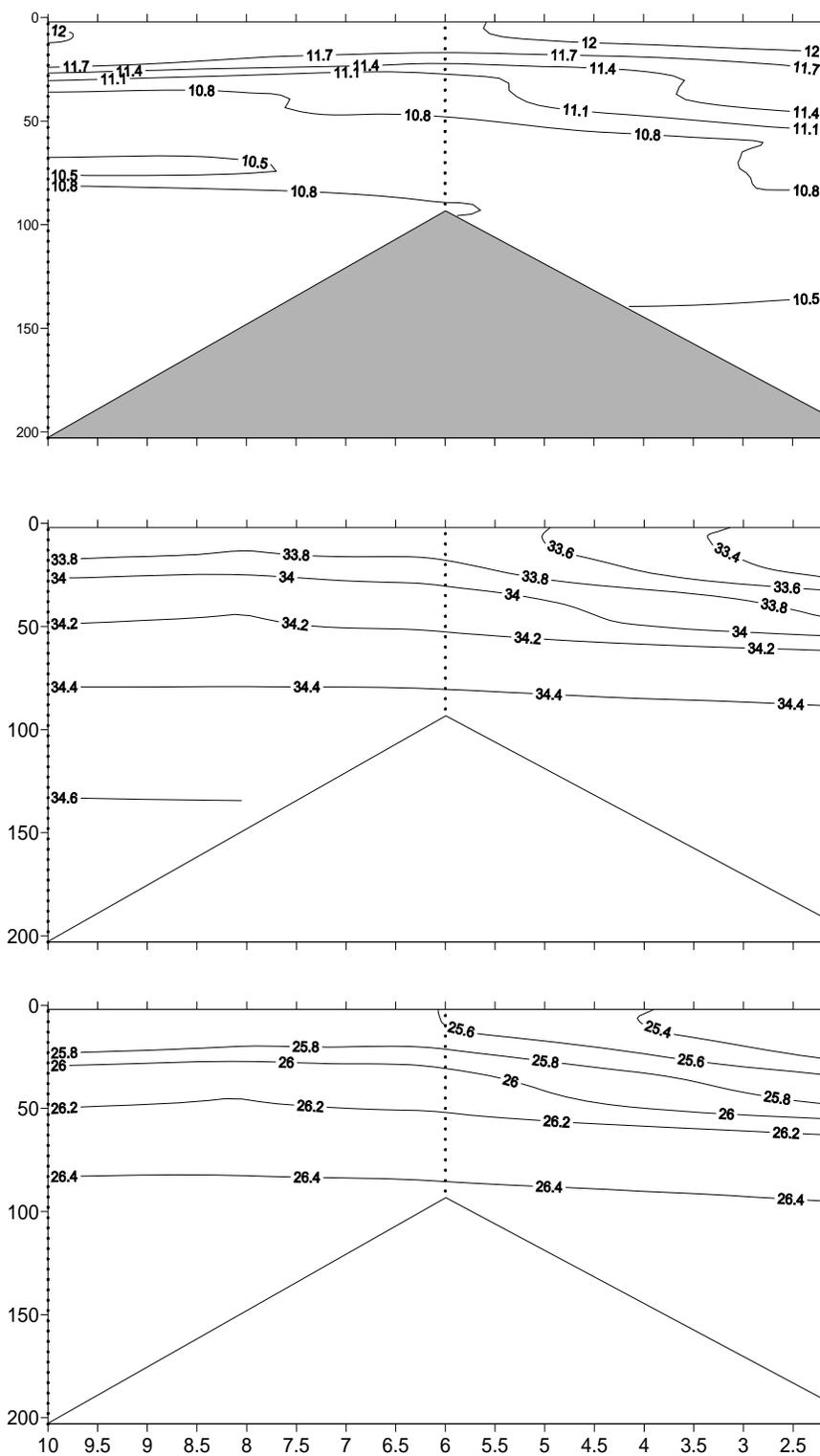


Figura 90. Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma_t$ ).  
Transecta 9 ( $37^{\circ}15'S$ )

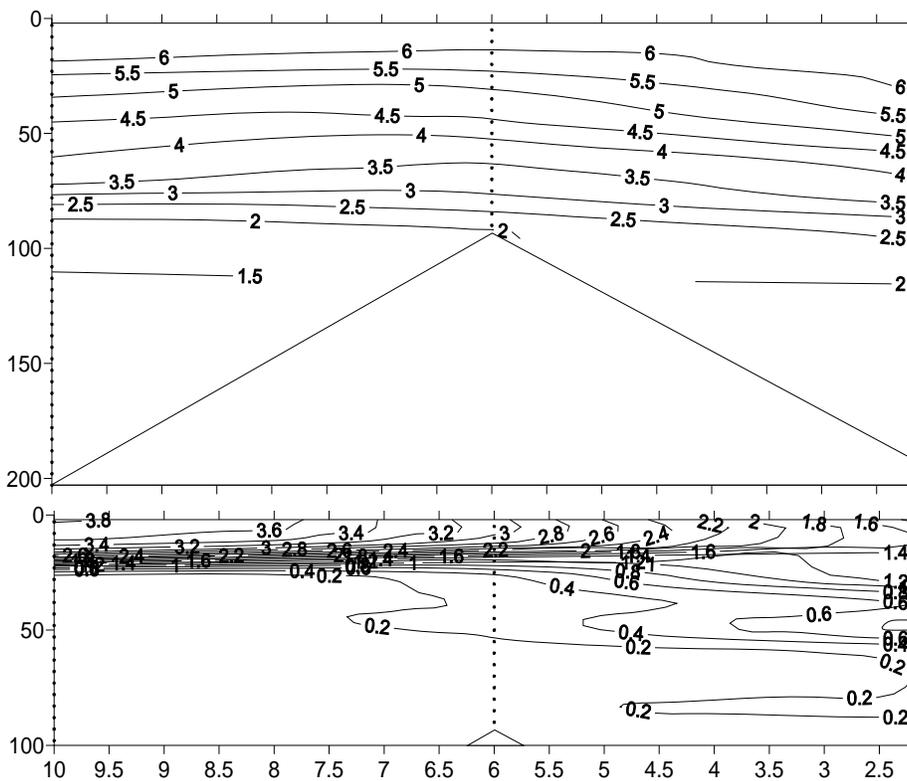


Figura 91. Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml L}^{-1}$ ) y clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ), densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 9 ( $37^{\circ}15'S$ )

#### 4.5. Objetivo Específico 5

Analizar y comparar los resultados obtenidos desde una perspectiva histórica y discutir las implicancias futuras de los resultados obtenidos en 2006.

##### 4.5.1. Índices reproductivos

En el presente estudio, la variación temporal del IGS mostró un máximo entre septiembre y octubre de 2006, en cambio durante marzo a mayo de 2007 los valores fueron bajos, indicando una menor actividad reproductiva. La variación temporal de los índice reproductivos como el IGS y factor de condición ( $K$ ) durante invierno-primavera de 2006, mostró un patrón similar a lo observado en *Merluccius merluccius* por Murua *et al.* (2006), quienes señalaron que el  $K$  disminuyó notablemente durante los meses del pico reproductivo, mientras que el IGS permaneció en niveles altos durante el mismo período, que en el caso de *M. gayi*, esto significa que los altos valores de  $K$  durante julio de 2006, reflejaría que las hembras poseen una mayor masa a una longitud dada (Tascheri *et al.*, 2006) y que por lo tanto, durante septiembre y octubre de 2006, hubo una mayor inversión de energía a la reproducción (Murua *et al.*, 2006).

Sin embargo, los valores máximos de IGS calculados para la época reproductiva principal de 2006, difieren en magnitud en comparación a las tendencias reportadas en evaluaciones anteriores para la misma zona de estudio (Bernal *et al.*, 1997; Balbontín & Fischer, 1981; Cerna & Oyarzún, 1998; Alarcón *et al.*, 2004; Lillo *et al.*, 2002, 2003, 2005, 2006; Tascheri *et al.*, 1999). Aunque se debe tomar con cautela la evolución temporal del IGS, debido a la falta de información para el período anual completo del 2006.

La descripción de la condición reproductiva de hembras merluza común a través de la distribución mensual de estadios sexuales diagnosticados por histología se correspondieron con los antecedentes señalados por autores como Tascheri *et al.* (2005); Balbontín & Fischer (1981); Alarcón *et al.* (2004); Lillo *et al.* (2005) entre otros, quienes a través de indicadores

macroscópicos (IGS) caracterizan el ciclo de desarrollo sexual de esta especie con un período principal de desarrollo ovárico entre julio y noviembre y otro secundario entre febrero y mayo.

Durante el período principal 2006, se observó un notable predominio de hembras en maduración (estadio 3) respecto a hembras en estadios sexual 4 y 5, lo que es coincidente con lo observado por Alarcón *et al.* (2004), donde la mayor presencia de estadios sexuales encontrado durante el año en el área de la pesquería son hembras estadios 2, 3 y 5, señalándose además dos picos reproductivos claramente diferenciados en otoño e invierno primavera. La discrepancia con el análisis macroscópico-microscópico se explica porque en los resultados del análisis histológico no se hicieron diferencias entre las zonas. En este sentido, la evidencia de actividad reproductiva secundaria en otoño de 2007 corresponde exclusivamente a la Zona 1.

#### **4.5.2. Epoca de desove**

Aunque los datos de EMS no incluyeron agosto, los datos disponibles permiten estimar que el 2006 la época principal de desove abarcó en las Zonas 1 y 2 al menos septiembre y octubre. En la Zona 3, en octubre no había signos de declinación de la actividad reproductiva, la que se podría extender hasta noviembre. La brusca declinación del IGS de la Zona 2 en noviembre reflejó el término del desove, no así en la Zona 3 en que el alto valor del IGS de octubre señalaría una continuación del desove en noviembre. El factor de condición ( $K$ ) de septiembre fue menor en la Zona 1 y mayor en la Zona 3, indicando que la inversión de energía en reproducción ocurre primero en el norte, después en la zona central y finalmente en el sur. Esto confirma resultados anteriores que señalaban que el desove se inicia en el norte y termina en el sur, con un desfase aproximado de un mes (Balbontín & Fischer, 1981).

Tanto en Chile como en Perú, se ha señalado que el período reproductivo principal de la merluza común corresponde a invierno-primavera, pero no hay consenso respecto de un desove secundario en verano (Balbontín & Fischer, 1981; Buitrón & Perea, 2003; Alarcón *et al.*, 2004). En la Zona 1, los EMS presentaron en abril y mayo valores de 10% de hembras desovantes en cada mes, indicando actividad de desove, pero equivalente a la mitad de lo

observado en la época de desove principal. En las Zonas 2 y 3, la distribución de EMS señaló que el desove fue mínimo o casi nulo entre marzo y abril. Se observaron valores dos o tres veces más altos del IGS de la Zona 1 comparado con los de Zonas 2 y 3, lo que reflejaría un comportamiento reproductivo diferente.

Los IGS correspondientes a los EMS de hembras inmaduras y desovadas fueron similares entre invierno y primavera del 2006 y fines de verano y otoño del 2007. Sin embargo, los EMS que corresponden a peces en actividad de desove alcanzaron valores del IGS en 2006 el doble más altos que en 2007. Se estima que la inversión de energía en desove en la Zona 1 en el período secundario fue la mitad de la que ocurrió en el período principal. Sobre la existencia de un pico de desove en verano en la merluza común, Balbontín & Fischer (1981) reportaron actividad reproductiva en Coquimbo y San Antonio, pero no en San Vicente, la que correspondió casi exclusivamente a hembras de 50 cm LT o mayores.

#### **4.5.3. Talla de madurez sexual**

La principal diferencia entre la estimación microscópica de la talla de madurez sexual con la estimación macroscópica se debe al criterio utilizado para determinar la madurez o inmadurez de las hembras. Es así que en el análisis microscópico fue posible observar el inicio del proceso de vitelogénesis, caracterizado por el aspecto opaco de los ovocitos y por su diámetro. Este proceso ocurre en el EMS 2 avanzado. Por lo tanto, la escala macroscópica sobrestima la talla 50% de madurez sexual.

Para fines comparativos, ambas estimaciones son útiles ya que en la literatura se pueden encontrar valores calculados por las dos metodologías. Se observó una ligera tendencia a aumentar la talla media de madurez desde el norte hacia el sur, lo que ya se había detectado anteriormente (Balbontín & Fischer, 1981); sin embargo, el 2001 se revirtió esa tendencia (Lillo *et al.*, 2002), estimándose para la zona norte una talla de 37,5 cm LT y para la zona sur 35,1 cm LT. El 2003 para las mismas zonas se obtuvo 37,0 cm y 36,9 cm, respectivamente (Lillo *et al.*, 2003). Otras estimaciones indican 37 cm para San Vicente (Alarcón & Arancibia, 1993); 38,9 cm para Talcahuano (Cerna & Oyarzún, 1998); 38,9 cm promedio para las zonas

norte y sur en el 2004 (Lillo *et al.*, 2005). La actual estimación de 31,35 cm LT es la menor de todas las estimaciones y es coincidente con el rango de valores calculado con la base de datos de INPESCA a partir del 2003. Esto podría corresponder a la plasticidad que presenta este parámetro en respuesta a cambios ambientales o en el nivel de explotación (Stearns & Crandall, 1984).

#### 4.5.4. Fecundidad

Balbontín & Fischer (1981) detectaron claramente que la moda más avanzada de ovocitos en ovarios de EMS 4 (maduras) tuvo un límite inferior igual a 720  $\mu\text{m}$ , con presencia de ovocitos iguales o mayores a 920  $\mu\text{m}$  de diámetros, óptimas para la estimación de la fecundidad. Cerna & Oyarzún (1998) utilizaron ovarios con moda más avanzada entre los 700 y 980  $\mu\text{m}$  aproximadamente para la misma estimación. Para este estudio se procesaron 51 ovarios considerando el estado de madurez y longitud de la hembra, de las cuales 25 gónadas correspondieron a estadios hidratadas con una moda ubicadas entre los 800 y 1300  $\mu\text{m}$ , consideradas aptas para la estimación de la fecundidad parcial.

Hunter *et al.* (1985) señalaron que si el número de ovarios hidratados es insuficiente para la estimación de la fecundidad parcial, se podría considerar ovarios con moda más avanzada de ovocitos, dado que este método da resultados similares a los basados con los hidratados, sugiriendo el uso de ovocitos en estadio en maduración (núcleo migrante), siempre que todos los ovocitos lleguen a estar completamente reclutado a esta moda (Macewicz & Hunter, 1993; Hunter & Macewicz, 2003).

En merluza común, las gónadas de estadio en maduración no presentaron su moda más avanzada separada claramente del resto de los ovocitos más pequeños (vitelogénicos), a pesar de tener un diámetro medio de 730  $\mu\text{m}$  aproximadamente (Figura 58), por lo que aún no se asegura que todos los ovocitos estén completamente reclutados al grupo a ser desovado. Esto explicaría el que la estimación de la fecundidad promedio muestral a partir de la moda más avanzada fue más del doble de la estimada a partir de las hembras hidratadas, es decir, que el método de la moda más avanzada sobreestimó la fecundidad parcial, debido a que en el

análisis de progresión modal existe la posibilidad de una combinación de ovocitos vitelogénicos tardíos y núcleo migrante. Además, no hubo una relación significativa de la fecundidad en función tanto de la longitud total como del peso corporal ( $P > 0,05$ ).

Por estos motivos es que el método de conteo de ovocitos hidratados es el más confiable, puesto que no existen dudas en la separación de la moda a ser evacuada en el próximo desove (Hunter *et al.*, 1985), es así que las líneas de regresión con el peso corporal y longitud total resultaron ser significativas para el conteo de ovocitos hidratados. Además, afortunadamente la distribución de los pesos para la muestra de las hembras hidratadas usadas en el ajuste de la regresión, es similar a la distribución de pesos para la muestra total de hembras ya que así se logra mayor exactitud (Picquelle & Stauffer, 1985). Durante otoño de 2007, no se pudo estimar la fecundidad parcial debido al bajo número de hembras hidratadas ( $n=8$ ), que obviamente su rango de tamaños corporal no representaba a las muestras del período.

La alta variabilidad encontrada entre distintas estimaciones de fecundidad en merluza común, son reflejo mayoritariamente de aspectos metodológicos que de fluctuaciones naturales, tales como: distintos épocas de muestreo en relación al pico reproductivo, rango de tamaño de los ejemplares utilizados, metodología de medición y conteo, criterio de separación de la moda más avanzada. Así tenemos que algunas estimaciones se realizaron dentro del período invierno-primavera, pero en distintos meses, por ejemplo, entre julio y agosto de 2005 (Lillo *et al.*, 2006), mayo y junio de 1992 (Cerna & Oyarzún, 1998) y septiembre a octubre de 2006 en el presente estudio.

Respecto de la separación de las modas, es necesario realizar estudios más precisos para determinar a qué tamaño se completa el reclutamiento a la moda más avanzada y validar el criterio de separación de tamaños de ovocitos para el cálculo de fecundidad y si es posible definirla antes de la hidratación. Este punto es relevante ya que la hidratación es un fenómeno muy rápido, por lo que se reduce considerablemente la probabilidad de contar con un número suficiente de hembras hidratadas que permita realizar estimaciones de fecundidad. Por otra parte, hay diferencias metodológicas importantes en la medición de los ovocitos entre los distintos estudios.

En el presente estudio se utilizó el análisis digital de imágenes con lo que se consigue un gran número de ovocitos medidos a una alta precisión. Otros métodos consideran ocular graduado (Murua *et al.*, 2003), el cual entrega buena precisión, pero no permite medir una gran cantidad de ovocitos. Investigaciones anteriores en merluza común utilizaron baterías de tamices en un rango de 250 a 2000  $\mu\text{m}$  de malla a intervalos de 50  $\mu\text{m}$  (Lillo *et al.*, 2006); otros autores han utilizado tamices a intervalos irregulares, uno superior de 700  $\mu\text{m}$  de abertura de malla, uno intermedio de 500  $\mu\text{m}$  y el inferior de 330  $\mu\text{m}$ , en la cual la totalidad de los ovocitos retenidos por el tamiz de 700  $\mu\text{m}$  son considerados la moda más avanzada (Cerna & Oyarzún, 1998).

#### **4.5.5. Fracción de hembras desovantes diaria**

La estimación de la fracción diaria de hembras desovantes estuvo por debajo de lo reportado para el género (Tabla 32), aún cuando existen distintos criterios para la estimación de la proporción de hembras que desova al día. Alarcón & Arancibia (1993), sobre la base de la proporción de hembras con ovarios hidratados en las capturas, señalaron que *Merluccius gayi* de Chile central desova cada dos semanas en promedio durante agosto y noviembre, siendo similar a lo estimado por el presente estudio.

Cabe destacar que debido a la diferencia en la cobertura tanto espacial (zonas) como temporal de los muestreos del presente estudio, no fue posible realizar una comparación por zonas, lo que sería interesante de realizar, ya que se ha sugerido que podría existir un efecto diferencial entre zonas en la participación de grupos de tamaño tanto en la duración como la intensidad de la actividad reproductiva en esta especie (Balbontín & Fischer, 1981; Alarcón *et al.*, 2004), lo que podría indicar un potencial reproductivo diferencial entre zonas.

Tabla 32. Fracción diaria de hembras desovantes, número y frecuencia de desove para especies del género *Merluccius* (FPO 1: Fracción de hembras con folículos postovulatorios de día 1; FPO 1+2: Fracción de hembras con folículos postovulatorios de día 1 y 2).

País	Especie	Zona	Mes	Método	Media	Desove	Frecuencia	Autores
Argentina	<i>Merluccius hubbsi</i>	Sur de Patagonia (41°S - 46°S)	Dic.-00	FPO-1	0,10	3,0	10	Macchi <i>et al.</i> (2004)
			Ene.-01	FPO-1	0,15	4,5	7	
			Feb.-01	FPO-1	0,14	4,2	7	
			Mar.-01	FPO-1	0,11	3,3	9	
España	<i>Merluccius merluccius</i>	Bahía de Viscaya (43°N - 48°N)	Dic.-96	FPO-1	0,16	4,8	6	Murua & Motos (2006)
			Ene.-97	FPO-1	0,15	4,5	7	
			Feb.-97	FPO-1	0,22	6,6	5	
			Mar.-97	FPO-1	0,18	5,4	6	
			Abr.-97	FPO-1	0,13	3,9	8	
			May.-97	FPO-1	0,19	5,7	5	
			Jun.-97	FPO-1	0,10	3,0	10	
			Jul.-97	FPO-1	0,17	5,1	6	
			Sep.-97	FPO-1	0,09	2,7	11	
Oct.-97	FPO-1	0,08	2,4	13				
Chile	<i>Merluccius gayi</i>	Coquimbo - San Vicente (30°S - 36°S)	Jul.-Nov.65	**	0,14	4,2	7	Balbontín & Fischer (1981)
			Ago.-Nov.65	**	0,12	3,7	8	
			Ago.-Nov.65	**	0,14	4,3	7	
Chile	<i>Merluccius gayi</i>	Valparaíso – Pto. Montt (33°S - 42S)	Jul.-06	FPO-1+2	0,05	1,6	19	Presente estudio FIP 2006-16
			Sep.-06	FPO-1+2	0,07	2,0	15	
			Oct.-06	FPO-1+2	0,09	2,7	11	
			Jul.-Oct.06	FPO-1+2	0,07	2,1	14	

\*\* Balbontín & Fischer (1981) estimaron el número de desoves por el cociente entre el número total de ovocitos en vitelogénesis (de 220  $\mu$ m de diámetro y mayores) y el número de ovocitos en la moda de tamaño más avanzada (720  $\mu$ m y mayores).

Las estimaciones de fracción diaria de hembras desovantes, se han basado sobre el supuesto que la degeneración de los folículos postovulatorios (FPO) ocurre a la misma tasa que la descrita para *Engraulis mordax* por Hunter & Goldberg (1980), para *E. ringens* por Sánchez & Herrera (2006) y para *Trachurus symmetricus* por Macewicz & Hunter (1993). Por las implicancias que esto tiene resulta de interés validar la asignación de edades a los folículos postovulatorios en *M. gayi*.

Debido a la incapacidad de mantener la merluza en cautiverio para estudios reproductivos, la duración de los estados desovantes de los ovarios de merluza son desconocidos y consecuentemente, la fracción de hembras desovantes no puede ser estimada precisamente (Murua, 2006). Otra alternativa de poder validar la tasa de degeneración de FPO es contar con muestras obtenidas de las capturas en una serie cronológica de 24 horas y reconstruir la tasa de degeneración de FPO por análisis de serie de tiempo.

Este método alternativo requiere de un ritmo diario de desove tal que el lapso de tiempo desde el desove y la captura puedan ser usados para asignar edades a los FPO (Alheit *et al.*, 1984; Macewicz & Hunter, 1993). A partir de esta última metodología, se podría aplicar el nuevo criterio propuesto por el grupo de trabajo de ICES (2005) y Alday *et al.* (2006), basado en siete estadios de degeneración de los FPO de acuerdo a sus características estructurales, lo que permite visualizar su incidencia en ciclos de 24 horas y validar la datación de los FPO.

Como la tasa de degeneración de los FPO está influida por la temperatura (Hunter & Macewicz, 1985; Fitzhugh & Hettler, 1995), variaciones interanuales como espaciales de esta última podría afectar en la asignación de edades de los FPO, sin embargo, Gantias *et al.* (2007) en *Sardina pilchardus*, señalaron que las diferencias de temperatura entre subáreas de estudio no introducen serios sesgos en la clasificación y estimación de edades de FPO, ya que un incremento de 1°C en la temperatura del ambiente sólo aceleró un 3% la tasa de reabsorción del FPO, es decir, que la máxima diferencia en la duración en el FPO nunca excedería 0,5 días.

Además, en *Merluccius merluccius*, la variación de temperatura entre los 150 y 200 metros de profundidad es considerada insignificante, ya que las masas de aguas están muy debajo de la termoclina, por lo que no se afectaría la tasa de degeneración del FPO entre zonas de muestreos (Murua & Motos, 2006). Las variaciones de la temperatura a la profundidad promedio de *Merluccius gayi* en Chile, tanto interanualmente como entre zonas de muestreos, no excede los 1,5°C (Lillo *et al.*, 2002, 2003, 2005, 2006), por lo que no sería un factor relevante a ser considerado en la asignación de edades de los FPO y subsecuentemente la estimación de la fracción diaria de hembras desovantes.

#### **4.5.6. Método de Producción Diaria de Huevos en merluza común**

El Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH) constituye uno de los procedimientos de evaluación más robustos para evaluar la biomasa desovante en poblaciones de peces. El método ha sido desarrollado para reproductores parciales con fecundidad indeterminada, y ha sido aplicado exitosamente en peces pelágicos pequeños como la anchoveta y sardina común y recientemente en el caso de la merluza europea (*Merluccius merluccius*) por Murua *et al.* (2005).

El MPDH define la biomasa desovante como la relación entre la producción diaria de huevos (huevos por día para la población total) y la fecundidad específica diaria de la población adulta (huevos por día por tonelada métrica). La producción diaria de huevos se calcula a partir de la producción total de huevos evaluada en un crucero de ictioplancton. La fecundidad específica diaria de la población adulta se determina mediante el procesamiento de muestras de peces obtenidas durante un crucero de pesca, las cuales proporcionan información respecto de la fecundidad parcial, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción de sexos.

El método de la producción diaria de huevos (MPDH) considera un muestreo intensivo de la producción total de huevos en el área de desove, y de los atributos biológicos de los adultos que están desovando en términos de la fecundidad media poblacional, fracción de hembras desovantes diarias, peso promedio de las hembras maduras, y proporción de hembras durante el período de mayor actividad reproductiva (Alheit, 1993, Hunter & Lo 1993).

Las ventajas del MPDH son varias, entre ellas la estimación de tasas instantáneas para estimar la biomasa desovante, lo que permite evaluar la biomasa desovante en un instante particular del periodo reproductivo sin necesidad de integrar toda la producción de huevos de una estación de desove. A su vez, los requerimientos de muestreo de adultos son bajos en términos de precisión, ya que los parámetros de la fracción adulta tienden a variar dentro de una misma estación reproductiva. Lo crítico es el número de estaciones o lances de pesca debido a la condición reproductiva y características de agregación de los cardúmenes.

Según Stauffer & Picquelle (1980), la estimación de la biomasa desovante puede ser formulada mediante la siguiente expresión:

$$B = \frac{P_0 A}{S \cdot F \cdot R} \cdot k$$

donde  $B$  es la biomasa desovante;  $P_0$  es la producción diaria de huevos por unidad de superficie;  $W$  es el peso promedio de hembras maduras;  $R$  es la razón de sexos, fracción en peso de la población que son hembras maduras;  $F$  es la fecundidad parcial, número de hembra madura por vez;  $S$  es la fracción de hembras maduras desovantes por día;  $A$  es el área de desove; y  $k$  es un factor de conversión de unidades.

La producción diaria de huevos por unidad de superficie ( $P_0$ ) deriva de la ecuación del cálculo de la producción diaria de huevos ( $P_t$ ) que corresponde al número de huevos promedio de desovados por día, según la expresión:

$$P_t = P_0 \exp(-Z)$$

donde  $Z$  es la tasa instantánea de mortalidad diaria de huevos. El modelo asume que todos los huevos son desovados y fertilizados a una determinada hora, y que todos los huevos experimentan una tasa instantánea de mortalidad constante.

En el caso de la merluza común, la aplicación del Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH) para la estimación de la biomasa desovante del recurso se considera totalmente posible dado que los parámetros  $S$  (fracción de hembras maduras desovantes por día),  $F$  (fecundidad parcial),  $R$  (razón de sexos),  $W$  (peso promedio de hembras maduras), y  $A$  (área de desove), son perfectamente obtenibles a partir de un crucero ictioplanctónico.

La mayor dificultad encontrada, resultó ser la estimación de  $P_0$ , debido a que se consiguió una muy baja proporción de estaciones positivas para huevos y larvas en el crucero ictioplanctónico realizado en septiembre de 2006 (5,3% y 11,6%, respectivamente). Al respecto, la Dr. Paula Alvarez<sup>1</sup> (AZTI, España), en una visita al Instituto de Investigación Pesquera en diciembre de 2006, manifestó que tan baja proporción de estaciones positivas se debería a deficiencias del muestreo, ante lo cual sugirió:

1. Aumentar el tiempo de arrastre de la red
2. Hacer lances a mayor profundidad (entre 150 y 200) de forma oblicua u ondulada (subiendo y bajando la red)
3. Realizar el crucero ictioplanctónico en una fecha más cerca de al desove.

Respecto de esta última recomendación, cabe hacer notar que no obstante existió un monitoreo previo de la condición reproductiva del recurso, que indicaba que en septiembre se estaba en niveles altos de maduración, el máximo reproductivo ocurrió en octubre-noviembre.

En consecuencia, para la aplicación del MPDH a la merluza común, se debe establecer con mayor precisión: (1) el diseño de muestreo del crucero ictioplanctónico, incluida la fecha de realización y la forma de realizar los lances (arrastres oblicuos u ondulados), y (2) utilizar un arte de muestreo adecuado.

---

<sup>1</sup> La Dr. Paula Alvarez es coautora de la publicación Murua *et al.* (2005)

## **4.6. Taller de difusión**

### **4.6.1. Programa del Taller**

De acuerdo a lo solicitado en los TBR, se realizó un Taller Difusión y Discusión de los resultados alcanzados en el Proyecto, el que tuvo lugar en el Auditorio del Instituto de Investigación Pesquera el día 13 de diciembre de 2007.

En este Taller se contó con la participación de científicos y técnicos relacionados con el tema, representantes de organizaciones de la industria y funcionarios de las instituciones asociadas a la administración de los recursos (Sernapesca). Desafortunadamente, no se contó con representantes de la Subsecretaría de Pesca, quienes no pudieron asistir, ni del Fondo de Investigación Pesquera.

El Programa del Taller y los tópicos presentados fueron los siguientes:

**09:15 - 09:30 : Café bienvenida**

09:30 - 09:45 : Palabras de bienvenida.

Aquiles Sepúlveda, Director Instituto de Investigación Pesquera

09:45 - 10:00 : Presentación del Proyecto FIP 2006-16

Ruben Alarcón M., Jefe Proyecto

10:00 - 10:15 : Matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común.

Ruben Alarcón M., INPESCA

10:15 - 10:30 : Estructura de edades y relación talla-edad en la estimación de la edad de primera madurez (50%) de merluza común.

Mario Aguayo, INPESCA

10:30 - 10:55 : Principales parámetros de la biología reproductiva de la merluza común.

Hernán Rebolledo, INPESCA

**10:55 - 11:10 : Pausa café**

11:10 - 11:30 : Época de desove y talla media de madurez sexual en la merluza común 2006-2007. Balbontín, F., E. López & P. Troncoso. Universidad de Valparaíso

Fernando Balbontín

11:30 - 11:50 : Estadios de madurez microscópicos, fecundidad y frecuencia del desove en la merluza común 2006-2007. Herrera, G., G. Claramunt, A. Flores, J. Sánchez & R. Orellana.

Fernando Balbontín

- 11:50 - 12:10 : Distribución vertical y mar afuera de los huevos y primeras larvas de la merluza común.  
Patricia Ruiz, INPESCA
- 12:10 - 12:30 : Análisis integrado de resultados desde una perspectiva histórica e implicancias futuras  
Ruben Alarcón M., INPESCA
- 12:30 : Cóctel clausura**

#### 4.6.2. Asistentes al Taller de Difusión

En el Taller de Difusión participaron profesionales de la Universidad de Concepción (UDEC), del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y del Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA). También participaron representantes de la industria pesquera regional, y del Consejo Regional de Pesca, y Servicio Nacional de Pesca (SERNAPesca). El listado de asistentes es el siguiente:

Nombre	Institución
1.- Aquiles Sepúlveda O. (Fig. 92)	Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA)
2.- Paulina Torres (Fig. 93)	INPESCA
3.- Evelin Sanhueza (Fig. 93)	INPESCA
4.- Alexandre Gretchina (Fig. 93)	INPESCA
5.- Claudio Gatica (Fig. 93)	INPESCA
6.- Marco Arteaga (Fig. 93)	INPESCA
7.- Mario Aguayo (Fig. 93)	INPESCA
8.- Claudio Castillo (Fig. 93)	UDEC
9.- Ruben Alarcón (Fig. 93)	INPESCA
10.- Sergio Mora (Fig. 93)	Instituto de Fomento Pesquero
11.- Hermann Muñoz (Fig. 93)	Servicio Nacional de Pesca
12.- Lilian Troncoso (Fig. 93)	Consejo Regional de Pesca
13.- Patricio Galvez (Fig. 93)	Instituto de Fomento Pesquero
14.- Fernando Balbontín (Fig. 93)	Consultor Independiente
15.- Patricia Ruiz	INPESCA
16.- José Giacaman	INPESCA
17.- Luis Cubillos	UDEC
18.- Sergio Núñez	INPESCA
19.- Lidia Vilugrón	INPESCA



Figura 92. Aquiles Sepúlveda O., Director del Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) dando las palabras de bienvenida al Taller de Difusión.



Figura 93. Asistentes al Taller. Desde la izquierda atrás: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1, 9. Al frente desde la izquierda: 10, 11, 12, 13. Presentador: Fernando Balbontín.



Figura 94. Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 7, 10, 14 y 13.



Figura 95. Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 1, 2, 5 y 15.



Figura 96. Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 8, 6, 16, 17, 18 y 4.



Figura 97. Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 17, 18, 4, 7 y 10.



Figura 98. Asistentes al Taller. Desde la izquierda: 12, 19, 2 y 3.

#### 4.6.3. Resumen presentaciones

##### Presentación del Proyecto FIP 2006-16. Ruben Alarcón M.

 <p><b>PROYECTO FIP 2006-16</b></p> <p><b>BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE MERLUZA COMÚN</b></p> <p>INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva del stock de merluza común</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Efectuar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la biología reproductiva de merluza común.</li><li>2. Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común (talla y edad de madurez sexual al 50%, época de desove, estadios de madurez sexual e índice gonadosomático) para una serie anual, con los registros recolectados en el marco del seguimiento y monitoreo de la pesquería.</li></ol>
--	--

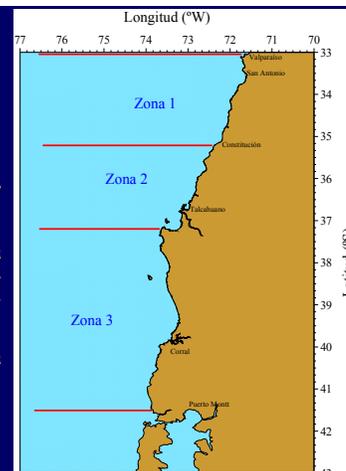
3. Determinar la fecundidad modal, la frecuencia del desove, la talla y la edad de primera madurez sexual al 50%, la época de desove y el potencial reproductivo de merluza común en 2006.
4. Determinar la distribución vertical y mar afuera de los huevos y primeras larvas de la merluza común.
5. Analizar y comparar los resultados obtenidos desde una perspectiva histórica y discutir las implicancias futuras de los resultados obtenidos en 2006.

### Zona de estudio

Valparaíso (33°S) - 41°30' S

#### División en tres subzonas

1. Norte. Entre Valparaíso y Constitución
2. Centro. Constitución a la boca sur del Golfo de Arauco (Punta Lavapié, 37°05' S)
3. Desde Punta Lavapié hasta 41°30' S



### Desarrollo del estudio

Respecto del análisis de la información biológica, el estudio comprendió tres etapas

1. Análisis de información histórica proveniente del sistema de monitoreo sobre el recurso.
2. Muestreo y análisis de información biológica para el período 2006-2007
3. Crucero ictioplanctónico en la época reproductiva principal del año 2006.

## Matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común. Ruben Alarcón M., INPESCA



### Objetivo Específico N° 1

- Revisión bibliográfica sobre aspectos reproductivos de merluza común.
- 32 trabajos
  - 18 publicaciones en revistas ISI, Scielo.
  - 9 reportes técnicos (Proyectos FIP)
  - 5 trabajos de tesis (pre y postgrado)
- Para cada trabajo revisado se clasificó su contenido en siete tópicos reproductivos:
  - Indicadores reproductivos
  - Época de desove
  - Talla (edad) de primera madurez sexual
  - Fecundidad
  - Frecuencia de desove
  - Distribución espacial de huevos y larvas
  - Histología de gónadas

Autor	Tópico						
	1	2	3	4	5	6	7
Publicaciones Revistas Científicas							
Delfin (1903)	X						
Poulsen (1952)							
De Buen (1958)	X	X	X	X			
Miranda (1966)	X	X					
Balbotin & Fischer (1981)	X	X	X	X			X
Rojas & Blanco (1981)	X	X					
Goldberg (1985)							
Herrera <i>et al.</i> (1988)							X
Amin <i>et al.</i> (1989)							X
Alarcón & Arancibia (1993)	X	X	X	X	X		
Balbotin & Bravo (1993)	X	X	X	X			
Montecinos & Balbotin (1993)							X
Bernal <i>et al.</i> (1997)							X
Cerna & Oyarzún (1998)	X		X	X	X		X
Vargas & Castro (2001)							X
Alarcón <i>et al.</i> (2004)	X	X	X				
Landacta & Castro (2006)							X
Landacta & Castro (submitted)							X
Reportes técnicos, Informes FIP							
Pavá <i>et al.</i> (1994)	X	X	X				
Lillo <i>et al.</i> (1998)	X	X					X
Tascheri <i>et al.</i> (1999)	X	X					X
Lillo <i>et al.</i> (1999)	X	X	X				X
Lillo <i>et al.</i> (2000)	X	X					X
Lillo <i>et al.</i> (2001)	X	X					X
Lillo <i>et al.</i> (2002)	X	X	X	X			X
Lillo <i>et al.</i> (2003)	X	X	X	X			X
Lillo <i>et al.</i> (2005)	X	X	X				X
Tesis Pre-Post-Grado							
Sánchez (1959)	X	X	X				X
Fuort (1982)	X	X					
Alarcón (1993)	X	X	X	X	X		
Alarcón (2001)	X	X	X	X			
Landacta (2006)					X	X	

**Matriz del estado de conocimiento**

Item	Bien conocido	Conocido	Medianamente conocido	Existe alguna información	Completamente desconocido
Descripción de gónadas	Si				
Tipo de desovante	Si				
Epoca de desove	Si				
Talla de madurez sexual	Si				
Edad de madurez sexual	Si				
Fecundidad relativa			Si		
Fecundidad total				Si	
Frecuencia de desove			Si		
Folículos post-ovulatorios		Si			
Zonas de desove		Si			
Distribución vertical huevos		Si			

**Estructura de edades y relación talla-edad en la estimación de la edad de primera madurez (50%) de merluza común. Mario Aguayo, INPESCA**



**PROYECTO FIP 2006-16**

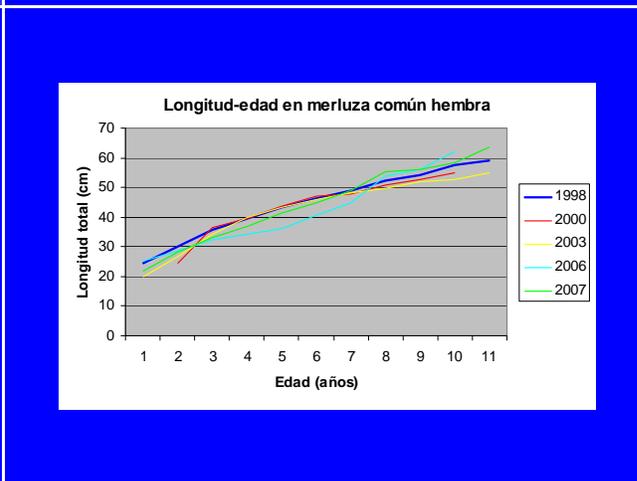
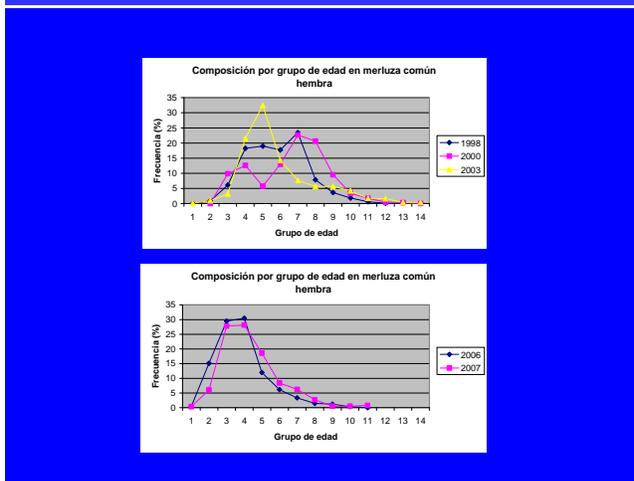
**BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE MERLUZA COMUN**

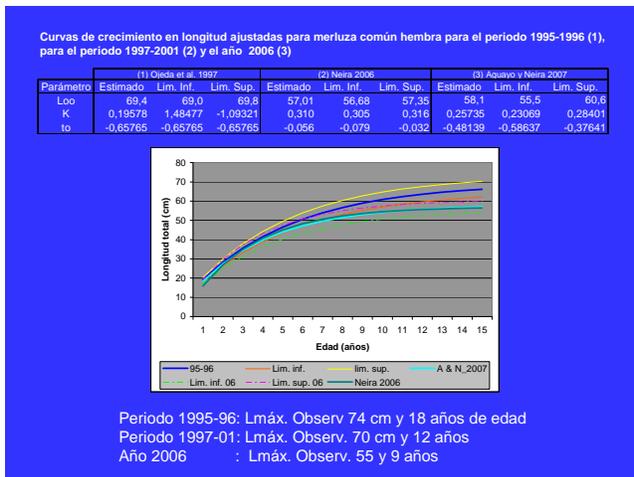
Instituto de Investigación Pesquera  
Departamento de Pesquerías  
www.inpesca.cl

**OBJETIVO ESPECIFICO 2**

“Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común (talla y edad de madurez sexual al 50%, época de desove, estadios de madurez sexual e índice gonadosomático) para una serie anual, con los registros recolectados en el marco del seguimiento y monitoreo de la pesquería”

**Tema:** “ Estructura de edades y relación talla-edad en la estimación de la edad de primera madurez (50%) de merluza común”





## Principales parámetros de la biología reproductiva de la merluza común. Hernán Rebolledo, INPESCA

**PROYECTO FIP 2006-16**  
**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE MERLUZA COMÚN**  
**Principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común**  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

### Parámetros biológicos

1. Composición de tamaños
2. Relación talla-peso
3. Proporción sexual
4. Estadios de madurez sexual

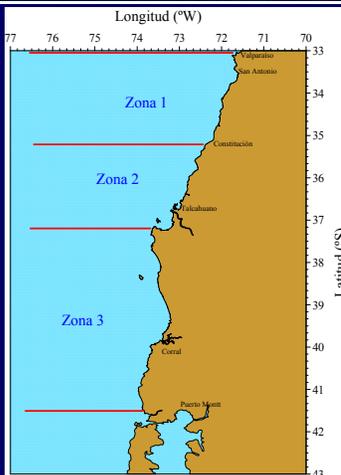
### Indicadores reproductivos

1. Proporción de estados de madurez sexual
2. Índice gonosomático (IGS)
3. Índice gonádico (Ig)
4. Factor de condición (K)
5. Epoca de desove
6. Talla media de primera madurez sexual (TPMS)
7. Edad media de primera madurez sexual (EMMS)

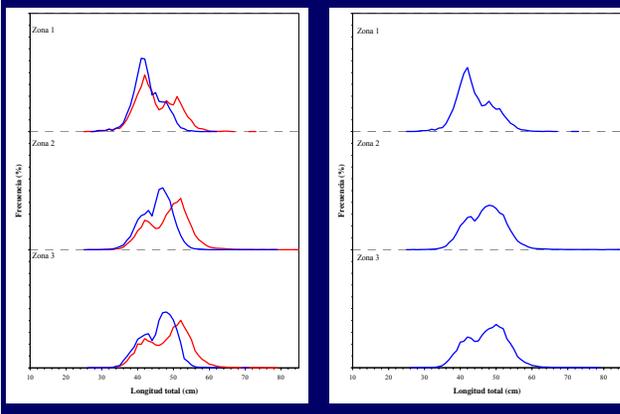
### Composición de tamaños

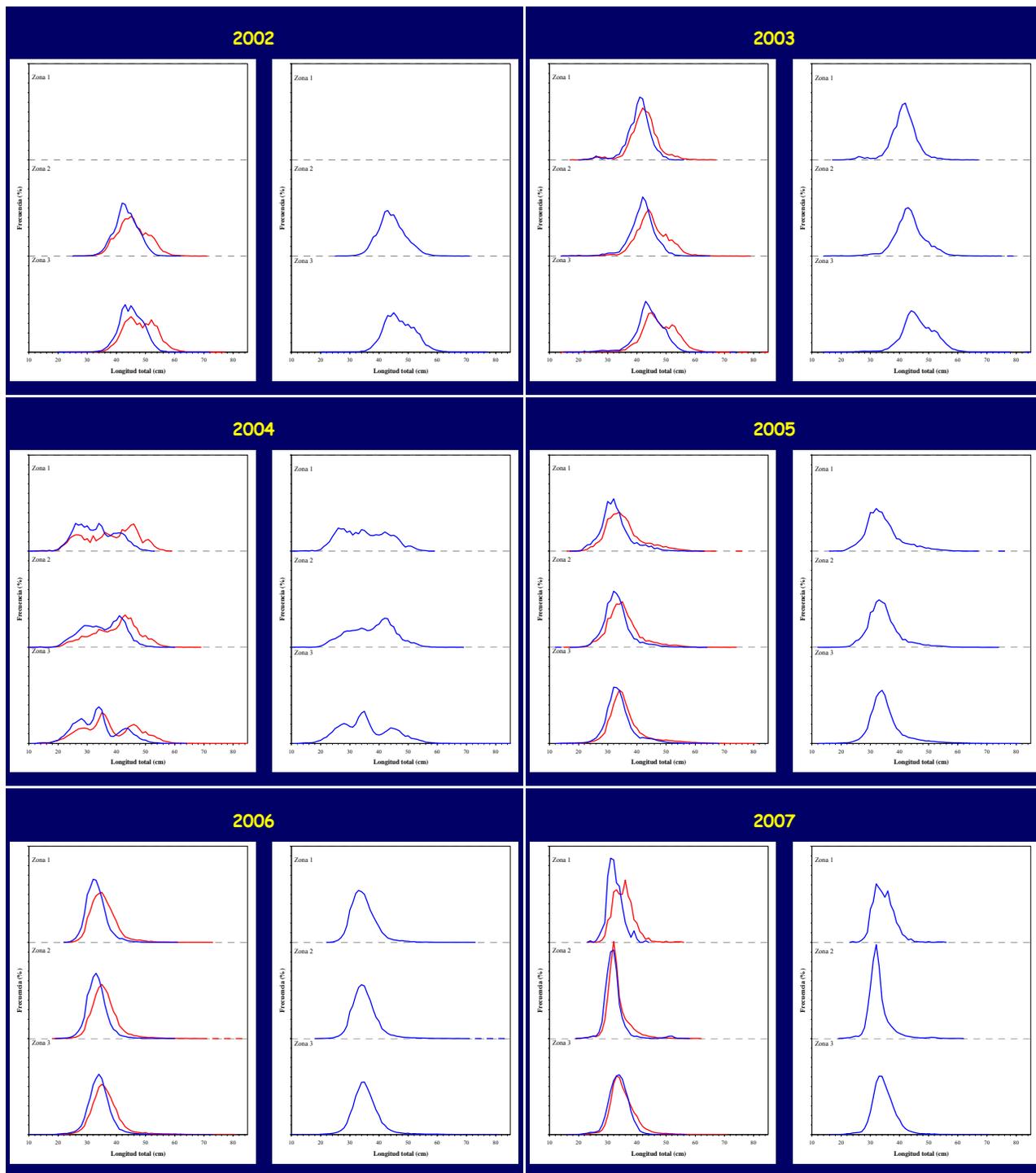
Se analizó composición de tamaños mensual por sexo desde enero de 2001 a noviembre de 2007 para cada subzona.

Se calcularon estadísticos de la composición de tamaños mensuales desde 2001 hasta noviembre de 2007.

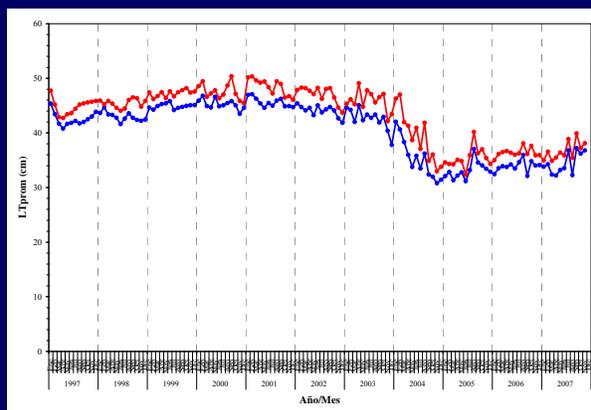


### 2001

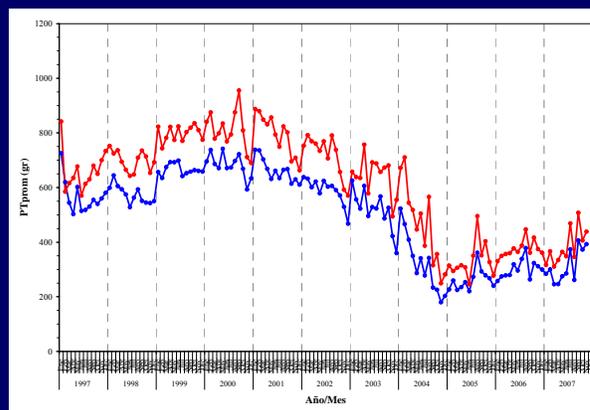




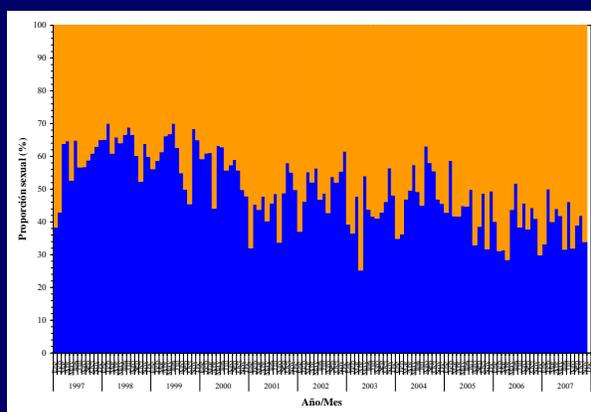
Longitud promedio mensual por sexo



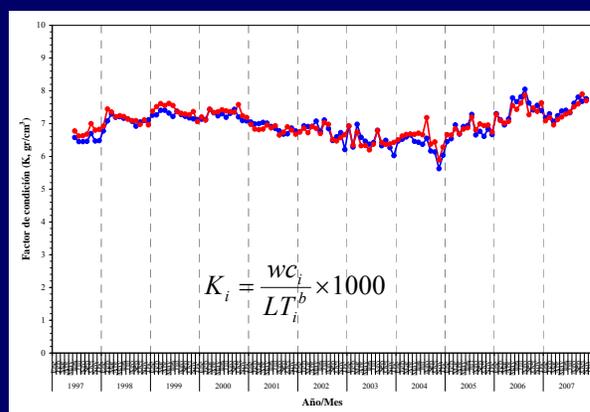
Peso promedio mensual por sexo



Proporción sexual por mes



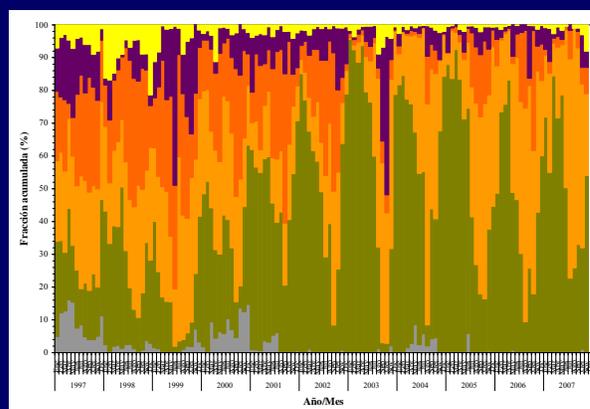
Factor de condición (K, gr/cm³)



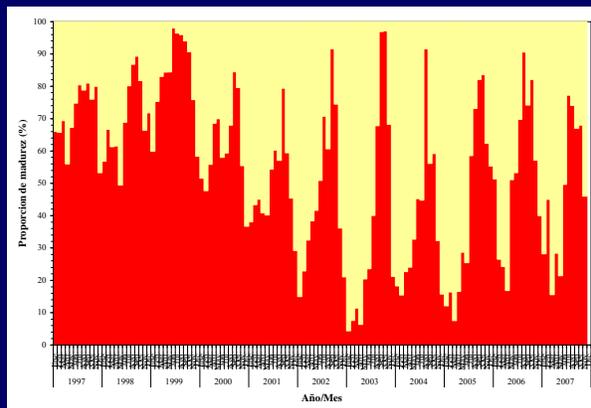
Escala de madurez sexual para merluza común (*Merluccius gayi*) según Balbontín & Fischer (1981). Cod. = es el código asignado al EMS en la base de datos del Instituto de Investigación Pesquera.

Cod.	Estado	Características
1	I	Virginal : Sexo Indeterminado, gónadas pequeñas, filiformes, generalmente juveniles <24 cm.
2	II	Inmaduro : Comienzo de maduración de juveniles y reincidentes, ovario bien definido de color rosado claro, sin óvulos visibles al ojo desnudo. En ejemplares grandes es normal que el ovario en esta fase presente lumen claramente apreciable, pero su pared es más gruesa que en la fase V (indica reposo gonádico)
3	III	Maduración : Gónadas de gran volumen con óvulos visibles de color amarillo pálido, pero no translúcido, con escasa vascularización. Por lo general, el lumen desaparece cuando los óvulos alcanzan un diámetro (<500 micrones). Ovario turgente.
4	IV	Desovante o hidratado : Ovario turgente con óvulos visibles y transparentes de color anaranjado. Al apretarlo escurren óvulos transparentes.
5	IIIa	Maduración con desove reciente : Ovario muy vascularizado y con óvulos visibles a simple vista, los que en pequeña proporción presentan una gota oleosa (de color verde amarillento), que corresponde a restos de un desove anterior reciente. En este caso la gónada es más flácida que en la fase III.
6	V	Desovado y en regresión : Ovario vacío, distendido, lumen amplio, muy flácido, de color rojizo de aspecto hemorrágico sin óvulos visibles. Este ovario pasa al estado II, inmaduro.

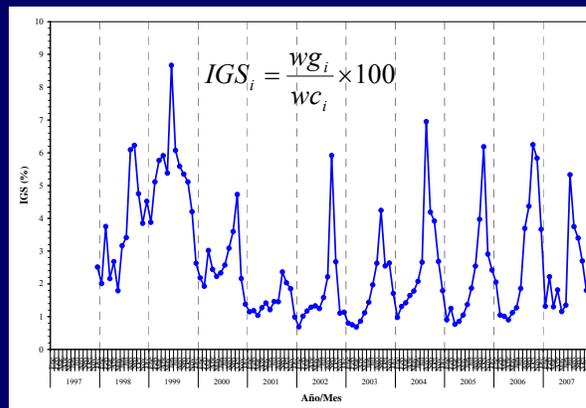
Proporción mensual de EMS (%)



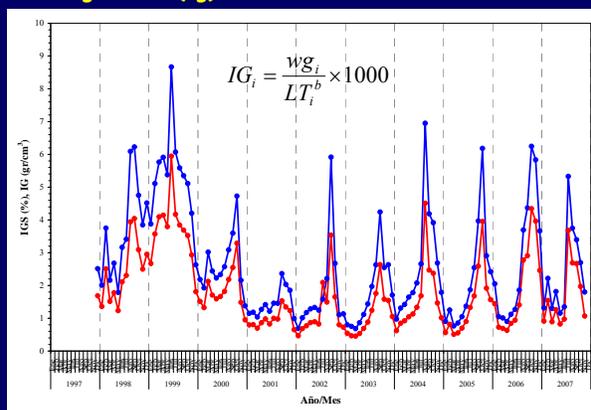
Proporción mensual de ejemplares maduros (%)



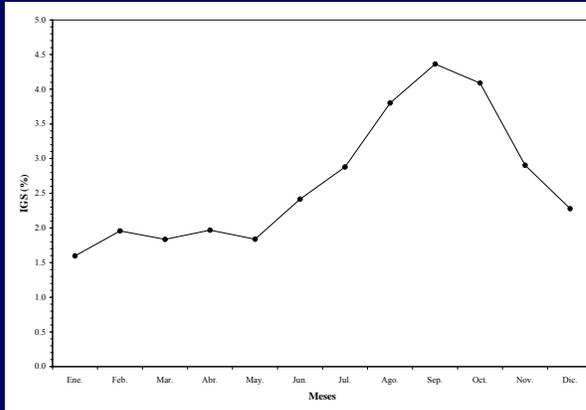
Indice gonadosomático (IGS) mensual



Indice gonadosomático (IGS) mensual & Índice gonádico (I<sub>g</sub>)



Época de desove

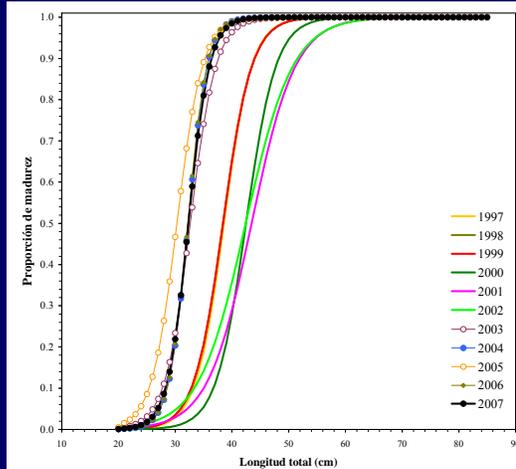


Talla media de primera madurez sexual (TPMS)

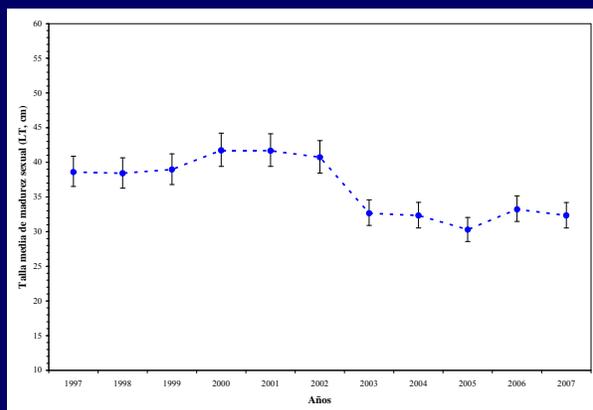
- Se entiende como aquella talla donde el 50% de los ejemplares se encuentran maduros.
- Se agruparon los datos de ejemplares maduros para cada época reproductiva principal.
- Se consideraron maduros aquellos ejemplares encontrados en los estados de madurez sexual III, IV, IIIa y V.
- Cálculo de la TPMS se realizó mediante una función logística

$$P(l) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 * l)}}$$

$$l_p = \frac{1}{\beta_2} \ln\left(\frac{1}{P} - 1\right) - \frac{\beta_1}{\beta_2}$$



**Talla media de primera madurez sexual (TPMS)**

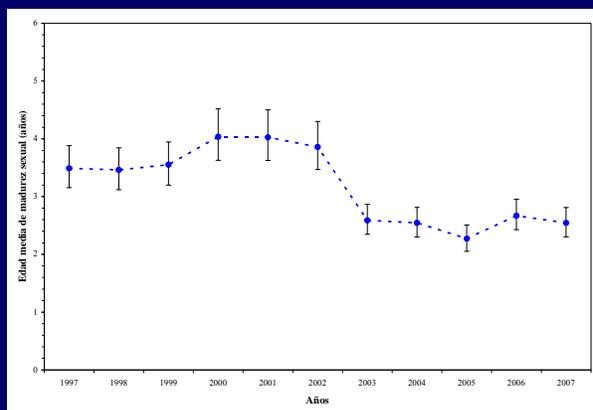


**Edad media de primera madurez sexual (EMMS)**

- La EMMS se estimó a partir del valor de TPMS aplicando el inverso de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.
- Los parámetros de crecimiento fueron toados de Ojeda *et al* (1997)

$$t_{PMS} = \frac{1}{K} \cdot \ln \frac{LT_{\infty}}{LT_{\infty} - LT_{PMS}} + t_0$$

**Edad media de primera madurez sexual (EMMS)**



Año	TPMS	LI <sub>TPMS</sub>	LS <sub>TPMS</sub>	Edad	LI <sub>EPMS</sub>	LS <sub>EPMS</sub>
1997	38.6	36.5	40.9	3.5	3.2	3.9
1998	38.4	36.3	40.6	3.5	3.1	3.8
1999	39.0	36.8	41.2	3.6	3.2	3.9
2000	41.7	39.4	44.2	4.0	3.6	4.5
2001	41.7	39.4	44.1	4.0	3.6	4.5
2002	40.7	38.5	43.1	3.9	3.5	4.3
2003	32.7	30.9	34.6	2.6	2.3	2.9
2004	32.3	30.5	34.2	2.5	2.3	2.8
2005	30.3	28.6	32.1	2.3	2.1	2.5
2006	33.2	31.5	35.2	2.7	2.4	3.0
2007	32.3	30.5	34.2	2.5	2.3	2.8

1997-2002 = 40,0 cm LT (37,8 - 42,3) -- 3,74 años (3,37 - 4,16)

2003-2007 = 32,2 cm LT (30,4 - 34,0) -- 2,52 años (2,23 - 2,79)

1997 - 2007 = 36,4 cm LT (34,4 - 38,6) -- 3,2 años (2,9 - 3,5)

**Época de desove y talla media de madurez sexual en la merluza común 2006-2007. Balbontín, F., E. López & P. Troncoso. Universidad de Valparaíso**

Taller de presentación de resultados  
Proyecto FIP 2006-16

**Época de desove y talla media de madurez sexual en la merluza común 2006-2007**

Fernando Balbontín, Erika López y Paola Troncoso  
Universidad de Valparaíso  
Diciembre 2007

Proyecto FIP 2006-16:

Biología reproductiva de merluza común

**Institución responsable: Instituto de Investigación Pesquera VIII Región.**

**Objetivos:**

- Determinar la época de desove.
- Estimar la talla media de madurez sexual (50%).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Tres zonas de muestreo:

Zona 1: Valparaíso a Constitución.

Zona 2: Constitución a Punta Lavapie.

Zona 3: Punta Lavapie hasta los 41°30'.

### Muestras provenientes de dos épocas:

Invierno-primavera de 2006: julio a noviembre.

Otoño de 2007: marzo a mayo.

## Estadios de madurez sexual de la merluza común:

- (1) Virginal
- (2) Inmaduro
- (3) En maduración
- (4) Maduro
- (5) En maduración, desove parcial reciente
- (6) En regresión

En cada una de las hembras se determinó el EMS midiendo el diámetro de los ovocitos, junto con las características macroscópicas del ovario.

-Cálculo del índice gonadosomático (IGS)

-Índice gonádico por longitud (IGL)

- Factor de condición (K1)

-Talla media de madurez sexual (talla 50%):

Método de máxima verosimilitud. Se consideraron hembras maduras aquéllas que presentaban ovocitos en vitelogenénesis.

Se estimó para la época principal de desove, sin incluir julio.

## RESULTADOS

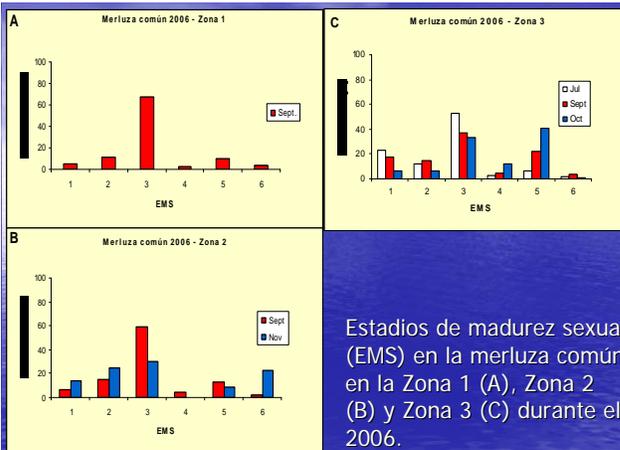
### Año 2006

Las muestras para el análisis microscópico del 2006 correspondieron a septiembre en la Zona 1; septiembre y noviembre en la Zona 2; julio, septiembre y octubre en la Zona 3. Un muestreo realizado el 01 de noviembre en la Zona 3 se asimiló a octubre.

**Zona 1:** en septiembre predominio de hembras en maduración (EMS 3), las que correspondieron a un 67% del total. EMS indicativos de desove (EMS 4 y 5) y los desovados (EMS 6) representaron el 16% de las hembras.

**Zona 2:** en septiembre situación semejante, con EMS indicativos de desove igual a 19%. En noviembre, cambiaron las proporciones de los EMS, con una disminución del EMS 3 y un aumento de los desovados (22%). Indicaría que una parte importante de la población ya desovó en esta zona.

**Zona 3:** EMS 1, 2 y 3 con tendencia al descenso desde julio a octubre. En cambio, EMS 4 y 5 mostraron incremento en ese período de tiempo. El EMS 6 (desovados) con los valores más bajos de todos los EMS. El incremento en los EMS representativos de desove (EMS 4 y 5) apunta a que en octubre el desove no declinaba en la Zona 3.



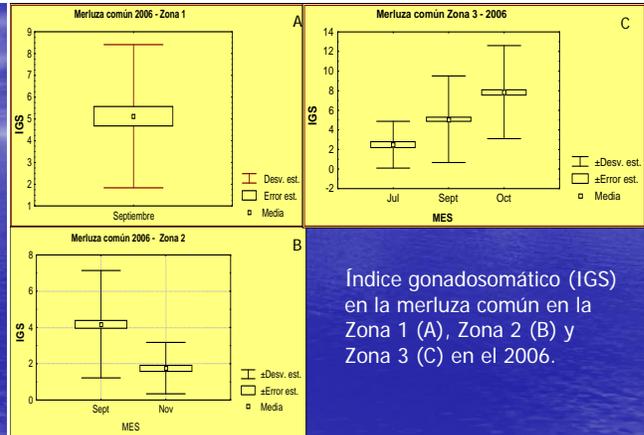
Estadios de madurez sexual (EMS) en la merluza común en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) durante el 2006.

## Análisis del IGS 2006

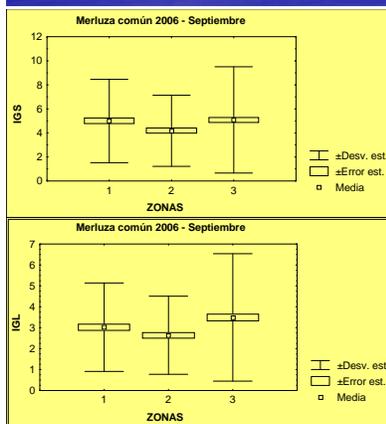
**Zona 1:** IGS de septiembre igual a  $5,0 \pm 3,5$ . Este valor refleja un importante desarrollo gonadal (ver más adelante).

**Zona 2:** IGS en septiembre  $4,2 \pm 2,0$  y en noviembre  $1,8 \pm 1,4$ . ANOVA indicó diferencias de las medias significativas ( $F=44,94$ ; nivel de  $p=1,19$ ;  $gl=1$ ; 268), lo que se confirmó con un test Tucker HSD, siendo las varianzas homogéneas. El descenso en noviembre reflejaría el término del desove.

**Zona 3:** IGS en julio  $2,5 \pm 2,4$ ; septiembre  $5,1 \pm 4,4$  y octubre  $7,9 \pm 4,8$ . ANOVA señaló que existían diferencias significativas entre los meses ( $F=55,32$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=2$ ; 760). Test Tukey indicó que todos los meses eran diferentes entre sí. Se observó aumento sostenido del IGS en ese periodo, reflejando los valores de septiembre y octubre una importante actividad reproductiva.



Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2006.



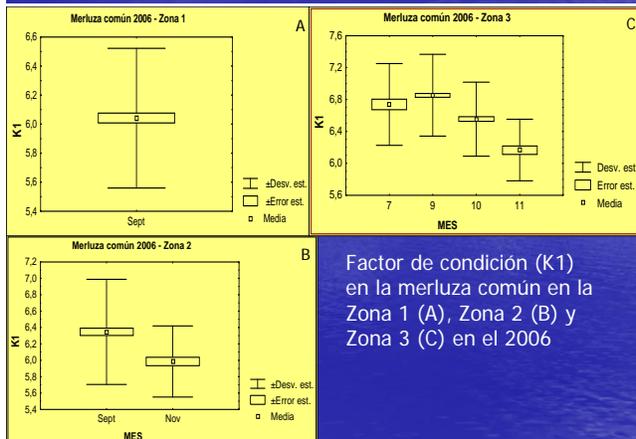
El ANOVA del IGS de septiembre de las tres Zonas, indicó diferencias significativas ( $F=3,84$ ; nivel de  $p=0,02$ ;  $gl=2$ ; 804). Test post hoc Tukey para determinar el efecto de cada una de las zonas, mostró diferencias significativas entre Zonas 2 y 3. Valor menor correspondió a la Zona 2 y mayor a la Zona 3.

## Factor de condición (K1)

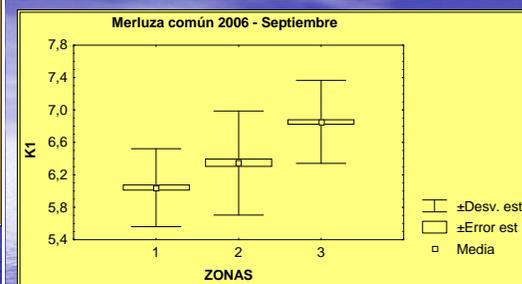
**Zona 1:** El valor promedio y su desviación estándar de K1 en septiembre fue  $6,04 \pm 0,48$ .

**Zona 2:** K1 de septiembre fue  $6,35 \pm 0,64$  y de noviembre  $5,99 \pm 0,43$ . Con ANOVA se encontraron diferencias entre meses ( $F=19,69$ ; nivel de  $p=1,32$ ;  $gl=1$ ; 271).

**Zona 3:** se consideró aparte noviembre y no incorporado a octubre en consideración al número mayor de datos y a la menor varianza observada en ellos. El K1 promedio más alto se observó en septiembre ( $6,85 \pm 0,51$ ), seguido de julio, octubre y noviembre, con valores de  $6,73 \pm 0,51$ ;  $6,55 \pm 0,46$ ; y  $6,17 \pm 0,38$ , respectivamente. El ANOVA indicó que había diferencias significativas entre meses ( $F=40,58$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=3$ ; 766). El test post hoc de Tuckey mostró que no había diferencias significativas entre julio y septiembre.



Factor de condición (K1) en la merluza común en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2006



Para determinar el efecto de las zonas en K1, se comparó septiembre. El ANOVA indicó que las diferencias eran significativas ( $F=172,9$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=2$ ; 815), lo que se confirmó con el test de Tuckey, siendo todas las zonas diferentes entre sí

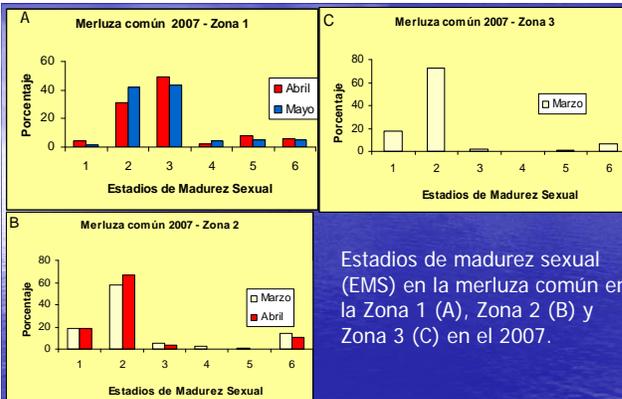
### Verano y otoño de 2007

Grandes diferencias entre zonas en la proporción de los EMS.

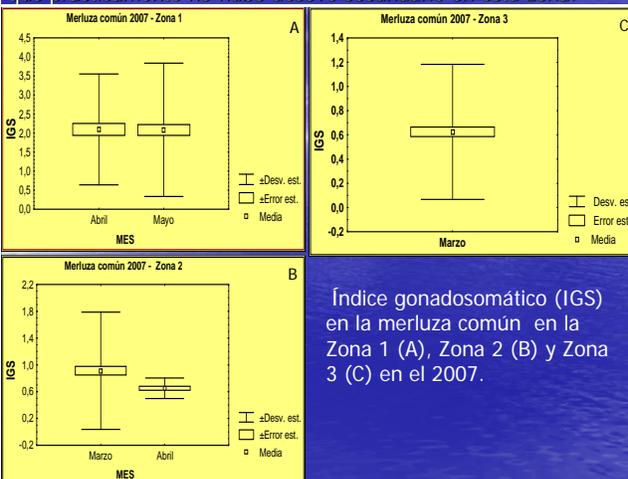
**Zona 1:** abril y mayo con tendencia similar en frecuencia de EMS, destacando hembras en maduración (EMS 3) con valores cercanos al 50% y también porcentajes elevados de inmaduros. Sumados EMS 4 y 5, da valores cercanos al 10% de hembras desovantes en cada mes, indicando actividad de desove, pero equivalente a la mitad de lo observado en la época de desove principal.

**Zona 2:** porcentaje de peces virginales e inmaduros alcanzó a 76% en marzo y a 85% en abril, seguidos en frecuencia por las hembras desovadas, existiendo una mínima actividad de desove.

**Zona 3:** en marzo 90% de hembras virginales e inmaduras, más otro porcentaje mucho menor de desovadas. Esto está indicando que prácticamente no hubo desove secundario en esta zona.



Estadíos de madurez sexual (EMS) en la merluza común en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2007.



Índice gonadosomático (IGS) en la merluza común en la Zona 1 (A), Zona 2 (B) y Zona 3 (C) en el 2007.

### IGS del 2007 por zona

**Zona 1:** valores promedio y de desviación estándar en abril de  $2,1 \pm 1,5$  y en mayo  $2,1 \pm 1,7$ . Con ANOVA no se encontraron diferencias entre meses ( $F=0,002$ ; nivel de  $p=0,96$ ;  $gl=1, 238$ )

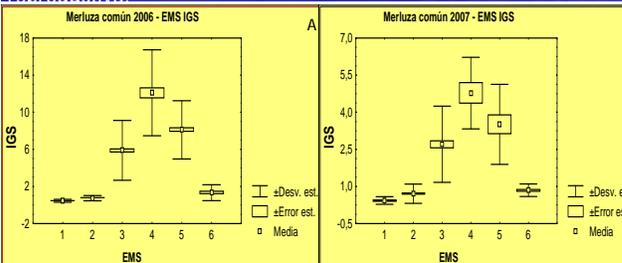
**Zona 2:** Valores en marzo de  $0,9 \pm 0,9$  y en abril  $0,7 \pm 0,2$ . No se encontraron diferencias entre meses ( $F=2,39$ ; nivel de  $p=0,12$ ;  $gl=1, 201$ ).

**Zona 3:** Para marzo los valores fueron  $0,6 \pm 0,6$ .

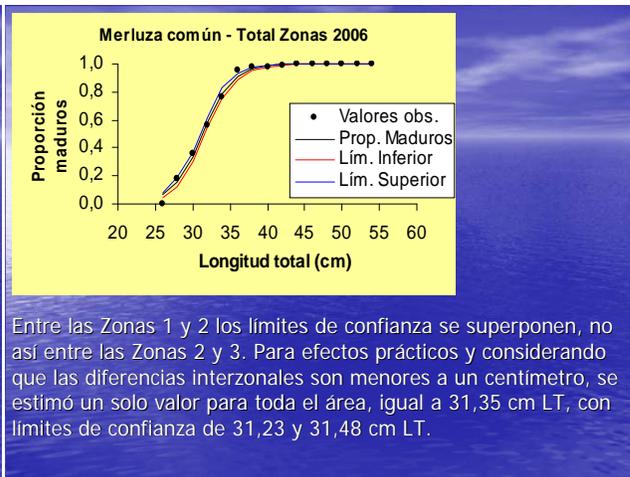
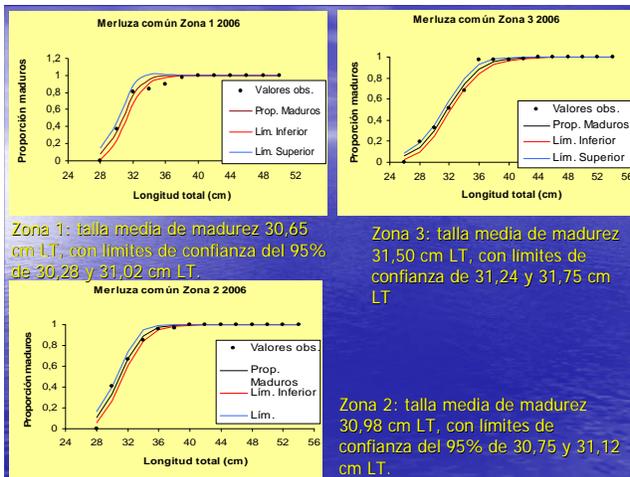
Se observan valores dos o tres veces más altos del IGS de la Zona 1 comparado con los de Zonas 2 y 3, lo que estaría reflejando un comportamiento reproductivo diferente. Estas diferencias son concordantes con la frecuencia de los EMS, los que presentaron en Zona 1 una elevada frecuencia de hembras en maduración, a diferencia de las otras dos zonas en que los EMS correspondieron a una época del año sin actividad reproductiva.

### Relación entre el EMS y el IGS

Se analizaron los valores del IGS de los seis EMS determinados. El ANOVA aplicado a datos del 2006 dio diferencias significativas entre los EMS ( $F=317,8$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=5, 1229$ ). El test Tuckey no mostró diferencias entre el EMS 1 con el 2 y el 6. Aunque diferentes entre sí, los EMS 3, 4 y 5 se distinguen claramente del resto por los altos valores de los IGS. En el 2007, el ANOVA también señaló diferencias entre los EMS, con  $F=197,7$ ; nivel de  $p=0,0000$ ;  $gl=5, 608$ . El test Tuckey entregó resultados coincidentes con el 2006, al no detectarse diferencias entre los EMS 1, 2 y 6, y que además, los EMS 3, 4 y 5 destacaban por los altos valores del IGS. Los IGS promedios de los EMS de hembras inmaduras (EMS 1 y 2) y las desovadas (EMS 6) son similares entre invierno y primavera del 2006 y fines de verano y otoño del 2007. Sin embargo, el resto de los EMS que corresponden a peces en actividad reproductiva alcanzaron valores del IGS en el 2006 el doble más altos que en el 2007.



Relación entre el estadio de madurez sexual (EMS) y el valor del índice gonadosomático (IGS) en la merluza común. A, año 2006; B, año 2007.



## Discusión y Conclusiones

### Época de desove del 2006:

Los datos de EMS no incluyeron agosto. Los datos disponibles permiten estimar que el 2006 la época principal de desove abarcó en las Zonas 1 y 2 al menos septiembre y octubre. En la Zona 3, en octubre no había signos de declinación de la actividad reproductiva, la que se podría extender hasta noviembre.

La brusca declinación del IGS de la Zona 2 en noviembre indicaría el término del desove, no así en la Zona 3 en que el alto valor del IGS de octubre señalaría continuación del desove en noviembre.

El K1 de septiembre fue menor en la Zona 1 y mayor en la Zona 3, lo que indicaría que la inversión de energía en reproducción ocurre primero en el norte, después en la zona central y finalmente en el sur. Esto estaría confirmando resultados anteriores que señalaban que el desove se inicia en el norte y termina en el sur, con un desfase aproximado de un mes.

### Época de desove 2007

En la Zona 1, los EMS presentaron en abril y mayo valores de 10% de hembras desovantes en cada mes, indicando actividad de desove, pero equivalente a la mitad de lo observado en la época de desove principal. En las Zonas 2 y 3, la distribución de EMS señaló que el desove fue mínimo o casi nulo entre marzo y abril.

Se observaron valores dos o tres veces más altos del IGS de la Zona 1 comparado con los de Zonas 2 y 3, lo que reflejaría un comportamiento reproductivo diferente.

Los IGS de los EMS de hembras inmaduras y desovadas fueron similares entre invierno y primavera del 2006 y fines de verano y otoño del 2007. Sin embargo, los EMS que corresponden a peces en actividad de desove alcanzaron valores del IGS en 2006 el doble más altos que en 2007. Se estima que la inversión de energía en desove en la Zona 1 en el período secundario fue la mitad de la que ocurrió en el período principal.

### Talla media de madurez sexual

Se observó una ligera tendencia a aumentar la talla media de madurez desde el norte hacia el sur, lo que ya se había detectado anteriormente (Balbontín y Fischer 1981); sin embargo, el 2001 se revirtió esa tendencia (Lillo *et al.* 2002), estimándose para la zona norte una talla de 37,5 cm LT y para la zona sur 35,1 cm LT. El 2003 para las mismas zonas se obtuvo 37,0 cm y 36,9 cm, respectivamente (Lillo *et al.* 2003). Otras estimaciones indican 37 cm para San Vicente (Alarcón y Arancibia 1993); 38,9 cm para Talcahuano (Cerna y Oyarzún 1998); 38,9 cm promedio para las zonas norte y sur en el 2004 (Lillo *et al.* 2005). La actual estimación de 31,35 cm LT es la menor de todas las estimaciones y es coincidente con el rango de valores calculado con la base de datos de INPESCA a partir del 2003. Esto podría corresponder a la plasticidad que presenta este parámetro en respuesta a cambios ambientales o en el nivel de explotación (Stearns y Crandall 1984).

## Estadios de madurez microscópicas, fecundidad y frecuencia del desove en la merluza común 2006-2007. Herrera, G., G. Claramunt, A. Flores, J. Sánchez & R. Orellana.

<p>Taller de presentación de resultados Proyecto FIP 2006-16</p> <p><b>Estadios de madurez microscópicas, fecundidad y frecuencia del desove en la merluza común 2006-2007</b></p> <p>Gustavo Herrera, Gabriel Claramunt, Andrés Flores, José Sánchez, Roberto Orellana</p> <p>Universidad Arturo Prat</p> <p>Diciembre 2007</p>	<p>Proyecto FIP 2006-16: Biología reproductiva de merluza común</p> <p>Institución responsable: Instituto de Investigación Pesquera VIII Región.</p>
--	--

### MATERIALES Y METODOS

**Muestras para histología:** 880 hembras del período de máxima actividad reproductiva (julio – noviembre), provenientes de 29 lances positivos, y 154 del período secundario (marzo – mayo), obtenidas en 16 lances.

**Análisis de la actividad ovárica:** se consideraron hembras reproductivamente activas a aquellas con EMS 3, 4 y 5; inactivas en EMS 2 y 6, determinándose la actividad de desove en las hembras en EMS 4 y 5.

**Frecuencia de desove:** criterios desarrollados para la anchoveta *Engraulis mordax*, para *E. ringens* y *Trachurus symmetricus*, los que se ajustaron para *M. gayi gayi*, bajo el supuesto que los cambios degenerativos que experimentan los FPO de la merluza son cronológicamente similares a los de anchoveta: tamaño, forma aparente, aspectos de las células de la granulosa y lumen. Estos criterios permitieron diferenciar tres categorías de edad de los FPO: i) nuevo, ii) edad día 1 y iii) edad día 2.

La fracción de hembras desovantes diaria se estimó sobre la base de 29 lances realizados durante el período reproductivo principal, no pudiendo estimarse este parámetro en el período secundario por no alcanzarse en el muestreo el número de hembras necesarias para esta estimación.

Los lances positivos se distribuyen en un ciclo completo de 24 horas y la edad de los FPO se puede determinar sólo hasta 56 horas después del desove debido a que los folículos de mayor edad pueden ser confundidos con otras estructuras tales como folículos en estado atrésico. En consecuencia se separaron dos grupos independientes de FPO de 24 horas: los del día 1 con edad entre 9 y 32 horas, y los del día 2 con edad entre 33 y 56 horas. Debido a su independencia, estos dos grupos se unen, logrando así duplicar el número de muestras (Alheit *et al.* 1984).

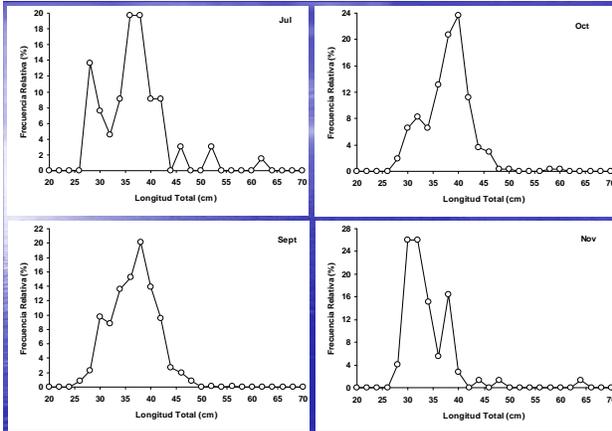
### Fecundidad

La fecundidad se estimó de acuerdo al método gravimétrico descrito por Hunter y Goldberg (1980), Hunter *et al.* (1985), Santander *et al.* (1984), Oliva *et al.* (1989) y Rojas y Oliva (1993). Se basa en que los ovocitos hidratados en el interior del ovario son liberados en corto tiempo y su número reflejará la fecundidad parcial, asumiendo que todos son desovados. Se descartaron aquellos ovarios que tenían indicios de desove (presencia de FPO), seleccionando sólo aquellos que con seguridad estaban hidratados e intactos.

Además del **método de conteo de ovocitos hidratados**, se aplicó el **método de la moda más avanzada**, el que consiste en la construcción de distribuciones de frecuencia de tamaños de ovocitos en el ovario e identificación del grupo modal más avanzado, que se asume será evacuado en el siguiente desove. Solamente ovarios en el EMS maduro (núcleo migrante) fueron utilizados para el cálculo de fecundidad.

## RESULTADOS

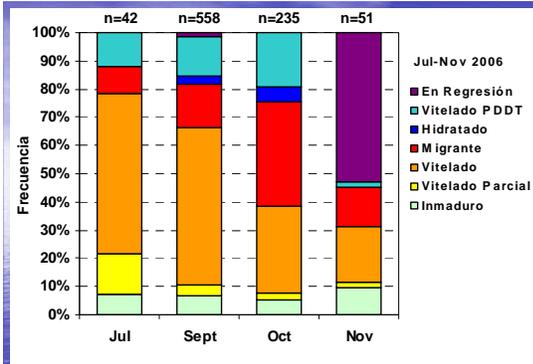
Debido a que no todas las zonas de estudio abarcaron el mismo período de observación, impidiendo un análisis comparativo entre zona de pesca, sólo se realizó una caracterización mensual.



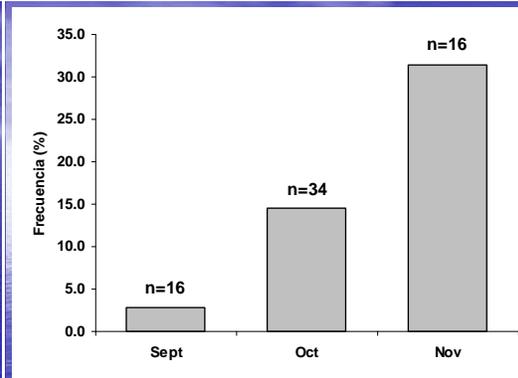
Distribución mensual de la longitud total de las hembras de merluza común, año 2006.

### Estadios madurez microscópicos

El análisis microscópico mostró una baja incidencia de hembras inmaduras (EMS 2) que no sobrepasaron el 10% relativo al total de cada mes (julio a noviembre). Para julio y septiembre, los ovarios vitelados (EMS 4) predominaron del resto de los estadios con un 57%; a partir de octubre disminuyó para dar paso a la incidencia al estadio de madurez con núcleo migrante (EMS 5) e hidratado (EMS 6). Entre julio y octubre se encontró un gran % de hembras en pleno proceso de desove (EMS 8) con un 12% a 19%. Al progresar la actividad reproductiva, en noviembre hubo un mayor predominio de ovarios en regresión (EMS 9) con un 53% (n = 27), que junto con la baja incidencia de hembras en vitelogénesis (<20% de EMS 4 y 5), más la evolución mensual de atresias ováricas (ver figura) indicaría una disminución de la intensidad reproductiva.

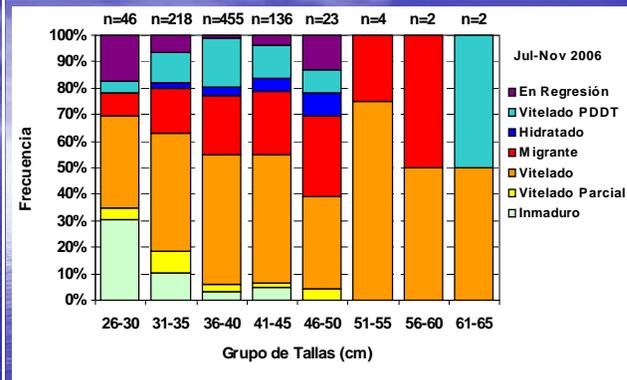


Frecuencia relativa de los estadios madurez microscópicos (n = N° hembras) en hembras de merluza común para el área total, período julio a noviembre de 2006.

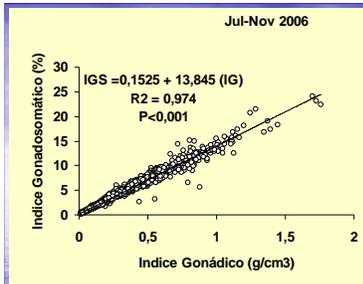


Distribución mensual de la incidencia (%) de atresia ovárica de merluza común para el área total, período julio a noviembre de 2006.

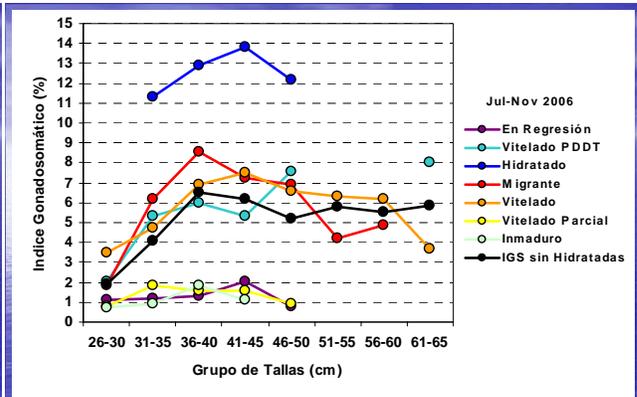
Los estadios en regresión (EMS 9) se presentaron entre los estratos 26 y 50 cm LT. Por lo tanto, las hembras estuvieron activas en todos los estratos, sin embargo, la fracción más comprometida con la actividad reproductiva correspondió al estrato entre 30 y 50 cm LT, debido principalmente a la frecuencia de los estadios de madurez avanzada y secundariamente a que presentaron los valores de IGS más altos.



Distribución de la incidencia de los estadios microscópicos por estrato de tallas de merluza común para el área total, período julio a noviembre de 2006.



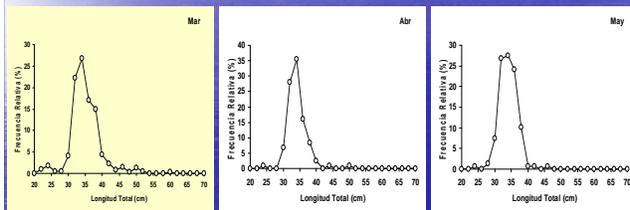
El índice gonadosomático (IGS) y el índice gonádico (IG) mostraron cambios mensuales similares, debido a que existe una relación lineal entre ambos indicadores reproductivos (Figura 3), por lo que solamente se utilizó el IGS.



Distribución del índice gonadosomático por estadio de madurez microscópico y estrato de talla en hembras de merluza común para el área total, periodo julio a noviembre de 2006.

**PERÍODO OTOÑO (MARZO – MAYO, 2007).**

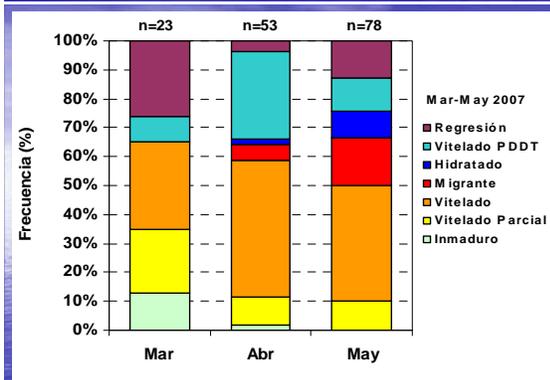
Durante marzo a mayo de 2007, se muestrearon 662 hembras, de las cuales 154 se consideraron para análisis de estadios de madurez microscópicos.



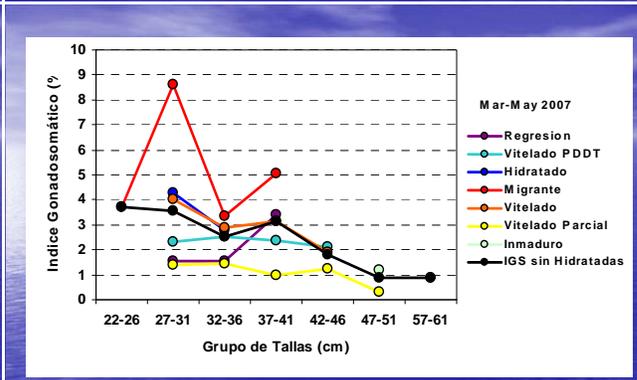
Distribución mensual de la longitud total de las hembras de merluza común, periodo marzo a mayo de 2007.

**Estadios madurez microscópicos 2007**

El análisis mostró que tanto las gónadas inmaduras (EMS 2) como las parcialmente vitelados (EMS 3) disminuyeron su incidencia desde marzo a mayo, dando lugar a un incremento de los vitelados (EMS 4) desde un 30 a 47% de marzo a abril, para luego decaer ligeramente en mayo con un 40%. A partir de abril los estadios en maduración (EMS 5) se presentaron con un 6% que se incrementó hasta un 17% en mayo. Las hidratadas (EMS 6) también presentaron un incremento desde abril a mayo con un 2 a 9%, respectivamente. Tanto los vitelados postdesovantes de tanda (EMS 8) como en regresión (EMS 9) se presentaron en todo el periodo de otoño con una mayor incidencia en abril (30%) y marzo (26%) respectivamente. A pesar de mostrar señales de actividad reproductiva entre abril y mayo, también incidieron hembras con atresias ováricas, con una tendencia de incremento a partir desde marzo, es decir, señales de una declinación de la reproducción.

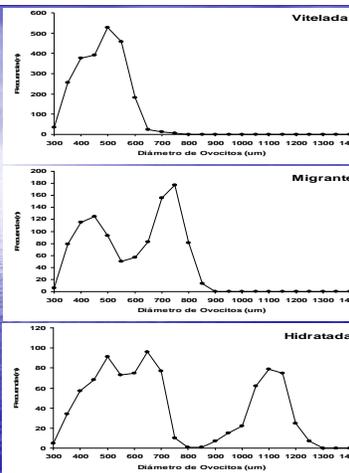


Frecuencia relativa de los estadios madurez microscópicos (n= hembras) en hembras de merluza común para el área total, periodo marzo a mayo de 2007.



Distribución del índice gonadosomático por estadios microscópicos agrupados por tamaños de hembras de merluza común para el área total, periodo marzo a mayo de 2007.

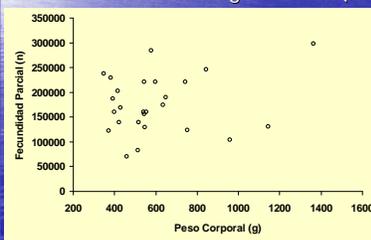
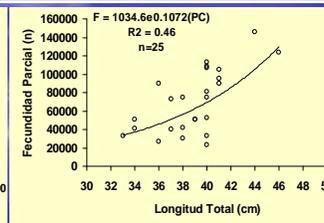
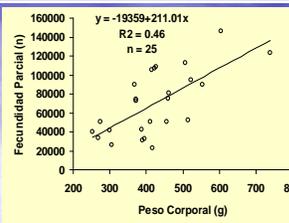
## RESULTADOS SOBRE FECUNDIDAD Y FRECUENCIA DEL DESOVE



Distribución de frecuencia de tamaños en distintos estadios de madurez ovárica en merluza común. Cada distribución corresponde a una hembra individual.

En la estimación de la fecundidad modal, se utilizaron dos métodos:

Método de la moda más avanzada: se utilizaron 26 hembras en estado de madurez en maduración (núcleo migrante). La fecundidad parcial varió entre 69911 y 298336 con una media muestral de 175272 ovocitos, sin embargo, la relación entre la fecundidad parcial de hembras en estado en maduración y las variables predictoras de longitud total y peso corporal resultaron no ser significativas ( $P > 0,05$ ).

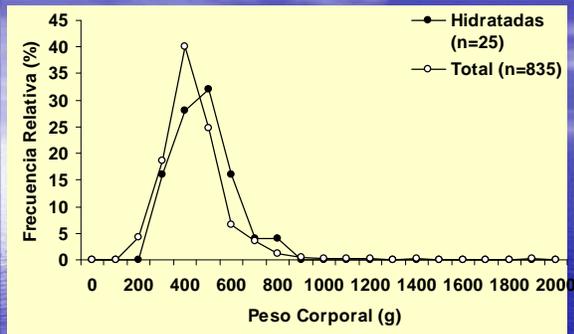


Relación entre el peso corporal y la fecundidad parcial, estimada en base al estadio en maduración (núcleo migrante). Período septiembre a octubre de 2006.

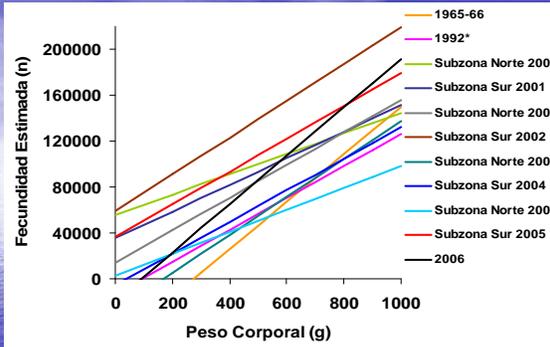
Relación lineal de la fecundidad parcial en función del peso corporal de hembras hidratadas de merluza común. Período septiembre a octubre de 2006.

Relación exponencial de la fecundidad parcial en función de la longitud total de hembras hidratadas de merluza común. Período septiembre a octubre de 2006.

### Método de hembras con ovarios hidratados



Distribución del peso corporal de las muestras hidratadas de la regresión para fecundidad y de las muestras totales de los lances de julio a octubre de 2006 de merluza común.



\*La relación del período 1992, los autores utilizan el peso total en vez del peso corporal como variable predictor de la fecundidad (Cerna y Oyarzún, 1998)

Figura 15: Ecuaciones lineales de fecundidad parcial en función del peso corporal estimadas por distintos autores en merluza común (Este estudio = 2006; Autores en Tabla 3).

PARÁMETROS DE LA RELACIÓN PESO CORPORAL Y FECUNDIDAD PARCIAL

Autores	Periodo	a	b	n	r <sup>2</sup>	PC Min~	PC Máx~
Balbotin & Fisher (1981)	1965-66	-57016,11	206,87	24	0,77		
Cerna & Oyarzún (1998)	1992	-12910,46	138,94	51	0,76	550	3550
Lillo et al. (2002)	Zona Norte 2001	55599	88,75	79	0,56	300	3500
Lillo et al. (2002)	Zona Sur 2001	35430	115,77	96	0,51	300	3000
Lillo et al. (2003)	Zona Norte 2002	13903	142,02	85	0,79	300	4000
Lillo et al. (2003)	Zona Sur 2002	58952	160,19	105	0,64	400	4000
Lillo et al. (2005)	Zona Norte 2004	-28132	165,41	50	0,37	340	1400
Lillo et al. (2005)	Zona Sur 2004	-5277,8	137,10	51	0,46	500	2900
Lillo et al. (2006)	Zona Norte 2005	2606,1	95,25	70	0,22	300	1100
Lillo et al. (2006)	Zona Sur 2005	36313	142,81	43	0,71	350	1650
Presente Estudio	2006	-19359	211,01	25	0,46	250	740

\*La relación del periodo 1992, los autores utilizan el peso total en vez del peso corporal como variable predictor de la fecundidad (Cerna y Oyarzún, 1998)

Tabla 4: Fecundidad promedio de las muestras analizadas en distintas investigaciones (CV: Coeficiente de variación; n: Número de hembras) en hembras de Merluza común.

Autores	Periodo	Fecundidad Parcial Media	Fecundidad Parcial CV (%)	Fecundidad Relativa Media	Fecundidad Relativa CV (%)	n
Cerna y Oyarzún, 1998*	1992	142031	70,44	135	35,80	51
Lillo et al. (2002)	Subzona Norte 2001	150712	49,25	153	44,79	79
	Subzona Sur 2001	139615	52,27	160	35,10	96
Lillo et al. (2003)	Subzona Norte 2002	185591	77,15	156	42,95	85
	Subzona Sur 2002	217687	62,02	232	39,66	105
Lillo et al. (2005)	Subzona Norte 2004	87881	67,35	122	46,72	50
	Subzona Sur 2004	143585	71,66	135	45,93	51
Lillo et al. (2006)	Subzona Norte 2005	62621	50,76	99	43,43	70
	Subzona Sur 2005	85531	71,87	91	46,15	43
Presente Estudio	2006	70099	49,08	162	37,38	25

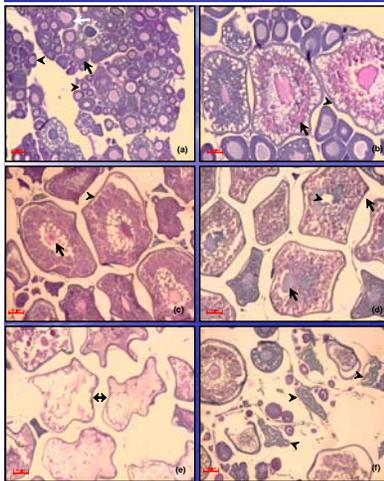


Fig. (a): EMS 2 Inmaduro: punta de flecha: ovocito inmaduro, flecha: ovocito vesiculoso.  
 Fig. (b): EMS 3 En maduración: punta de flecha: ovocito parcialmente vitelado, punta de flecha: células foliculares.  
 Fig. (c): EMS 3 En maduración: punta de flecha: ovocito vitelado, punta de flecha: células foliculares.  
 Fig. (d): EMS 4 Maduro: punta de flecha: gota oleosa en formación, flecha: núcleo excéntrico (migrante)  
 Fig. (e): EMS 4 Maduro: doble flecha: ovocitos hidratados  
 Fig. (f): EMS 5 En maduración desove parcial reciente: punta de flechas foliculos post-ovulatorios.

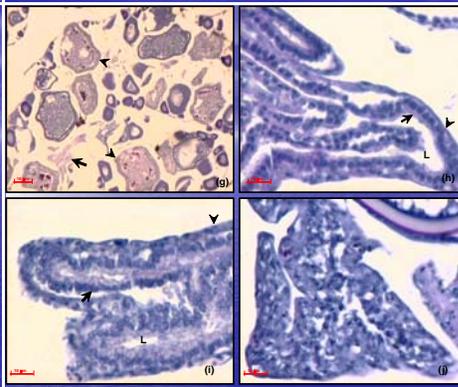


Fig. (g): EMS V En Regresión: punta de flecha: atresia a, flecha: atresia b. Folículo post ovulatorio (L: lumen, flecha: célula folicular, punta de flecha: célula tecal)  
 Fig. (h): nuevo (FPO 0).  
 Fig. (i): Folículo post ovulatorio de un día (FPO 1), Figura (j): Folículo post ovulatorio de dos días (FPO 2).

ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DIARIA DE HEMBRAS DESOVANTES DEL PRESENTE ESTUDIO.

Mes	FPO	Media	ds	cv	n FPO	n	Lances	Hx: FPO1-FPO2=0	Nº desoves	Frecuencia
Julio	1	0,079	0,0029	0,68	3	42	2	P=0,5	2	12,7
	2	0,026	0,0003	0,68	1				1	38,0
	1+2	0,053	0,0013	0,68					2	19,0
Sept.	1	0,073	0,0007	0,36	36	558	16	P=0,1	2	13,7
	2	0,059	0,0005	0,40	29				2	17,1
	1+2	0,066	0,0006	0,37					2	15,2
Octubre	1	0,056	0,0006	0,42	11	235	10	P=0,1	2	17,8
	2	0,122	0,0004	0,17	24				4	8,2
	1+2	0,089	0,0002	0,17					3	11,2
Jul a Oct	1	0,069	0,0003	0,27	50	835	28	P=0,7	2	14,6
	2	0,074	0,0003	0,24	54				2	13,5
	1+2	0,071	0,0003	0,24					2	14,01

La fracción diaria de hembras desovantes con FPO 1+2 para el periodo completo (julio a octubre) fue 0,071 con un coeficiente de variación de 0,24. Significa que durante el periodo de estudio el 7% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra desovó, en promedio, cada 14 a 15 días.

FRACCIÓN DIARIA DE HEMBRAS DESOVANTES DEL GÉNERO *Merluccius* ALREDEDOR DEL MUNDO.

Pais	Especie	Periodo	Zona	Método	Media	Desoves	Frecuencia	Autores	
Argentina	<i>M. hubbsi</i>	dic-00	Sur de Patagonia (41°S - 46°S)	FPO 1	0,10	3,0 a 4,0	22	Olivieri y Christiansen (1987)	
		ene-01		FPO 1	0,15	4,5	7		
		feb-01		FPO 1	0,14	4,2	7		
		mar-01		FPO 1	0,11	3,3	9		
España	<i>M. merluccius</i>	Feb-May 94	Bahía de Vizcaya (43°N - 48°N)	NM*	0,05	1,6	19	Murua et al. (1998)	
		Feb-May 94		H†	0,19	5,7	5		
		dic-96		FPO 1	0,16	4,8	6		
		ene-97		FPO 1	0,15	4,5	7		
		feb-97		FPO 1	0,22	6,6	5		
		mar-97		FPO 1	0,18	5,4	6		
		abr-97		FPO 1	0,13	3,9	8		
		may-97		FPO 1	0,19	5,7	5		
		jun-97		FPO 1	0,10	3,0	10		
		jul-97		FPO 1	0,17	5,1	6		
sep-97	FPO 1	0,09	2,7	11					
oct-97	FPO 1	0,08	2,4	13					
Chile	<i>M. gayi</i>	Jul-Nov 65	Coquimbo- San Vicente (30°S - 36°S)	**	0,14	4,2	7	Balbotin y Fisher (1981)	
		Ago-Nov 65		**	0,12	3,7	8		
		Ago-Nov 65		**	0,14	4,3	7		
		Ago-Nov		H†	0,07	2,1	14		
		Jul-06		Valparaíso- Pto. Montt (33°S - 42°S)	FPO 1+2	0,05	1,6	19	Presente Estudio FIP 2006-16
		sep-06			FPO 1+2	0,07	2,0	15	
		oct-06			FPO 1+2	0,09	2,7	11	
		Jul-Oct 06			FPO 1+2	0,07	2,1	14	

\* NM= Núcleo migrante; H= Hidratadas.  
 \*\* Balbotin y Fisher (1981) estimaron el Nº de desove por el cociente entre el Nº total de ovocitos en vitelogenésis (de 220 um de diámetro y mayores) y el número de ovocitos en la moda de tamaño más avanzada (720 um y mayores)

## Discusión y Conclusiones

La estimación de la fecundidad promedio I a partir de la moda más avanzada fue más del doble de la estimada a partir de las hembras hidratadas, es decir, que el método de la moda más avanzada sobreestimó la fecundidad parcial, debido a que en el análisis de progresión modal existe la posibilidad de una combinación de ovocitos vitelogénicos tardíos y de núcleo migrante.

La alta variabilidad encontrada entre distintas estimaciones de fecundidad en merluza común, son reflejo mayoritariamente de aspectos metodológicos que de fluctuaciones naturales, tales como: distintos épocas de muestreo en relación al pico reproductivo, rango de tamaño de los ejemplares utilizados, metodología de medición y conteo, criterio de separación de la moda más avanzada.

Respecto de la separación de modas de ovocitos, es necesario realizar estudios más precisos para determinar a qué tamaño se completa el reclutamiento a la moda más avanzada y validar el criterio de separación de tamaños de ovocitos para el cálculo de fecundidad y si es posible definirla antes de la hidratación.

La estimación de la fracción diaria de hembras desovantes estuvo por debajo de lo reportado para el género, aún cuando existen distintos criterios para la estimación de la proporción de hembras que desova al día.

Debido a la incapacidad de mantener la merluza en cautiverio para estudios reproductivos, la duración de los estados desovantes y consecuentemente, la fracción de hembras desovantes no puede estimarse precisamente. Otra alternativa para validar la tasa de degeneración de FPO es contar con muestras obtenidas de las capturas en una serie cronológica de 24 horas y reconstruir la tasa de degeneración de FPO por análisis de serie de tiempo.

## Distribución vertical y mar afuera de los huevos y primeras larvas de la merluza común. Patricia Ruiz, INPESCA



Instituto de Investigación Pesquera  
Departamento de Pesquerías

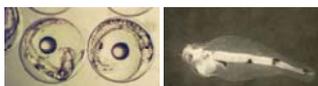


### TALLER DE DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PROYECTO FIP 2006-16

### BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA MERLUZA COMÚN

#### Distribución vertical y mar afuera de los huevos y primeras larvas de la merluza común.



TALCAHUANO, 13 de Diciembre de 2007

## Objetivo General

Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva del stock de merluza común.

### Objetivo Específicos

1. Efectuar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la biología reproductiva de merluza común.
2. Determinar los principales parámetros de la biología reproductiva de merluza común (talla y edad de madurez sexual al 50%, época de desove, estadios de madurez sexual e índice gonadosomático) para una serie anual, con los registros recolectados en el marco del seguimiento y monitoreo de la pesquería.
3. Determinar la fecundidad modal, la frecuencia del desove, la talla y la edad de primera madurez sexual al 50%, la época de desove y el potencial reproductivo de merluza común en 2006.
4. **Determinar la distribución vertical y mar afuera de los huevos y primeras larvas de la merluza común.**
5. Analizar y comparar los resultados obtenidos desde una perspectiva histórica y discutir las implicancias futuras de los resultados obtenidos en 2006.

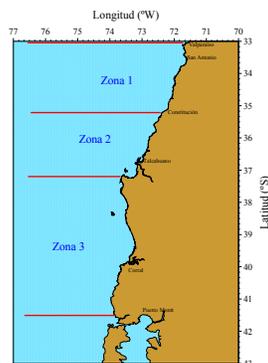
## Area de estudio

•El área de estudio para este objetivo específico correspondió a la zona sur (zona tres) del área global de estudio de este proyecto (Punta Lavapié a 41°30'S).

•La elección de esta área se basó en estudios previos realizados por Bernal *et al.* (1997) y en los cruceros hidroacústicos de merluza común realizados por el Instituto de Fomento Pesquero (Lillo *et al.*, 2002, 2003 y 2005), en los cuales se realizó una exploración de las principales zonas de desove de esta especie.

•Adicionalmente, es el área que concentró la mayor actividad extractiva en el año 2005 (Tascheri *et al.*, 2006) y 2006 (SIMEC, Instituto de Investigación Pesquera).

## Area de estudio



**Zona 1** : Una región norte, desde 33°S (Valparaíso) a Constitución (35°15'S).

**Zona 2**: Una región central, desde Constitución a la boca sur del Golfo de Arauco (Punta Lavapié, 37°05'S).

**Zona 3**: Una región sur, desde Punta Lavapié a 41°30'S.

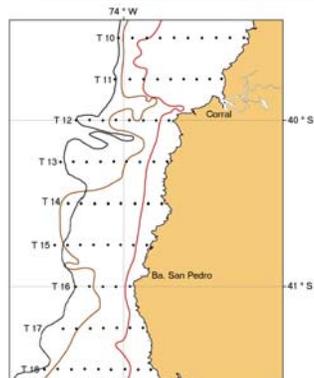
## Diseño de muestreo

•La evaluación de la densidad de huevos de merluza común, se efectuó por medio de un muestreo sistemático sobre una grilla de 132 estaciones de muestreo dispuestas en 18 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes en 5 mn.

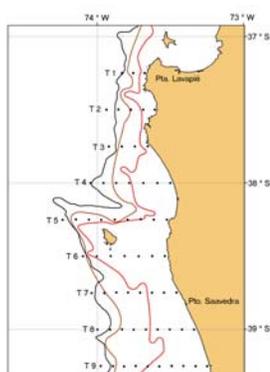
•El límite occidental de las transectas se asoció al quiebre de la plataforma continental, por lo que la extensión longitudinal de éstas tuvo un límite variable. Las estaciones se iniciaron en la primera milla náutica y, desde ahí, hacia el océano cada 4 mn.

•El crucero de investigación fue realizado a bordo de la embarcación Albatros II, operado por la empresa Pesquera Bio-Bio. Este crucero se realizó en dos etapas, la primera, cubrió el extremo sur del área de estudio (transectas 10 – 18), y se desarrolló entre los días 14 y 17 de Septiembre de 2006. La segunda etapa, se ejecutó entre los días 21 y 24 de septiembre de 2006 y cubrió la zona norte del área de estudio (Transectas 1 a 9).

### FASE I



### FASE II



## RESUMEN

Fase	Fecha	Transecta	Nº Estaciones
1	21 - 24 Septiembre	1	3
		2	5
		3	4
		4	7
		5	9
		6	7
		7	8
		8	9
		9	10
2	14 - 17 Septiembre	10	9
		11	9
		12	8
		13	8
		14	8
		15	8
		16	5
		17	6
		18	9
Nº Total de Estaciones			132

## Muestreo Planctónico



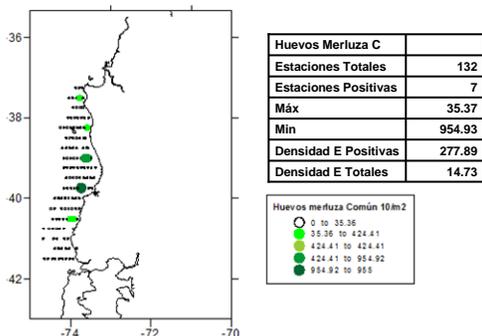
El muestreo de huevos se realizó a través de arrastres verticales, entre los 200 m de profundidad y la superficie ó 3 - 5 m desde el fondo para profundidades menores, mediante una red WP-2 de 303 µ de abertura de poro.

## Muestreo Planctónico

- Registro de la temperatura superficial del mar en cada estación de muestreo, con termómetro de mercurio.
- Arrastre vertical desde los 200 m hasta la superficie, con red WP 2., a velocidad constante entre 0,5 y 1 m/s.
- Vigilancia del ángulo del cable, particularmente en los últimos 15-20 m, resguardando que la red fuera arriada estrictamente vertical, anotándose el ángulo, y el tiempo de virado.
- Posterior al virado se lavó la red, con abundante agua, para luego vaciar el contenido copo colector de la red a frascos plásticos de 0,5 L de capacidad debidamente etiquetados.
- Fijación de la muestra después de la colecta, con una solución de formalina en agua de mar con una concentración final de 5% neutralizada con bórax (disodio tetraborato)

## RESULTADOS

### Distribución de Huevos de merluza Común



## CONCLUSIONES

- La abundancia de huevos de merluza común fue baja, con una densidad media para las estaciones positivas de 277.89 huevos/10 m<sup>2</sup> y de 14.73 huevos/10 m<sup>2</sup> para las estaciones totales.
- La cobertura de las estaciones positivas fue de sólo un 5.3 % del área total de estudio.
- Los principales focos de abundancia se concentraron al frente de Corral (40°30'S) y un al sur de Pta lavapié (38°00-38°45'S).
- La abundancia de larvas de merluza común presentó una densidad media para las estaciones positivas de 56.58 huevos/10 m<sup>2</sup> y de 6.43 huevos/10 m<sup>2</sup> para las estaciones totales.
- La cobertura de las estaciones positivas fue de sólo un 11.36 % del área total de estudio.
- Los principales focos de abundancia se concentraron al norte de Puerto Saavedra (38°45'S) y al sur de Bahía San Pedro (41°30'S).

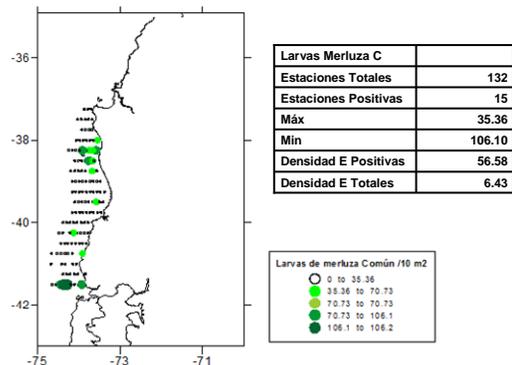
## SUGERENCIAS...

Las bajas abundancias reportadas tanto para huevos como para larvas, podrían deberse básicamente a dos factores:

- Epoca del crucero: existiría evidencia que en el año 2006, el máximo reproductivo se produjo en el mes de Octubre y no en septiembre (mes de ejecución del crucero).
- Los tiempos de virado de la red para la obtención de huevos de este recurso, debieran ser mayores que los empleados. (A recomendación de la Dra Paula Alvarez (AZTI, España), quien trabaja con la merluza europea, *Merluccius merluccius* )

## RESULTADOS

### Distribución de Larvas de merluza Común



## CONCLUSIONES

- A pesar de las bajas densidades encontradas, los mayores focos de abundancia coinciden con lo reportado anteriormente:
- Lillo et al 2001, 2003 y 2005, señalan que el área espacial del desove se identifica desde el norte de Punta Maintencillo (32°40'S) hasta punta Duhatao (42°00'S), no registrando áreas positivas en la zona comprendida entre Punta Homos (29° 40'S) y Punta Huesos (32° 10'S). Las zonas con mayor abundancia de huevos se verificarían entre Punta Maintencillo y Punta Achira (36°10'S) y al sur de Corral (41°40'S).
- Estas áreas coinciden en parte y se complementan, con la información obtenida a partir de muestras recopiladas en cruceros de evaluación acústica de la abundancia del stock (Braun *et al.*, 1999, 2001), en donde se pueden reconocer otras áreas de concentración de huevos, entre los paralelos 29°40'S y 31°40'S, 38°00'S y 39°15'S, entre los 39°30'S y el paralelo 40°00' y entre el paralelo 40°00'S y los 41°25'S.

## **5. Conclusiones**

### **5.1. Objetivo específico 1**

- La revisión bibliográfica de los aspectos de la biología reproductiva de la merluza común (*Merluccius gayi*) permitió identificar 46 trabajos científicos donde 56,6% correspondió a publicaciones ISI, la biblioteca electrónica SciELO y otras revistas nacionales. Por otro lado, 21,7% de los trabajos correspondió a documentos técnicos que en su mayoría fueron Informes Finales de Proyectos del Fondo de Investigación Pesquera (FIP). Complementariamente, 21,7% de los documentos revisados correspondió a tesis de pre- y post-grado.
- El contenido de los trabajos revisados se clasificó en 11 aspectos reproductivos fundamentales, los que fueron aplicados posteriormente a la construcción de la matriz del estado del conocimiento de la biología reproductiva de merluza común. En este contexto, se establece que la histología de la gónada, el tipo de desove, la época de desove, la talla y edad de madurez sexual, son aspectos bien conocidos de la biología reproductiva de la merluza común. Mientras que la fecundidad relativa y la frecuencia de desove son aspectos considerados “medianamente conocidos”. Como aspectos “conocidos” fueron considerados la histología, presencia y datación de los folículos post-ovulatorios, la existencia de zonas de desove y la distribución espacial y batimétrica de huevos y larvas.

### **5.2. Objetivo específico 2**

- La composición de tallas en las capturas mensuales, en los años 2001 y 2002, tanto de machos como de hembras, fue polimodal con modas principales que fluctuaron entre 41,0 y 53,0 cm de longitud total (LT), según el sexo. A diferencia de los años 2001 y 2002, la composición mensual de tamaños de los machos mostró una estructura unimodal en los meses de mayo y octubre, mientras que las hembras mostraron estructuras polimodales todo el año. Sin embargo, dado, que las hembras mostraron

estructuras polimodales, la composición de tamaños de ambos sexos en conjunto, también fue polimodal.

- En el año 2004, de manera similar a los años precedentes (2001 a 2003) la composición mensual de tamaños de merluza común fue polimodal, tanto en el caso de los machos como de las hembras. Se destaca la incorporación en marzo-abril de un fuerte pulso de reclutas que se mantuvo bien representado hasta noviembre, constituyendo un grupo modal en 28 cm LT en el último mes de la serie. Lo anterior, hizo que la longitud total promedio, tanto de machos como de hembras, mostrara una notable disminución respecto del año 2003.
- En el año 2005, y a diferencia de todos los años anteriores, la composición de tamaños de merluza común en las capturas mensuales fue unimodal para ambos sexos, así como para sexos combinados. Sólo en agosto de 2005, en hembras y machos, la composición de tamaños se mostró polimodal.
- En el año 2006 la composición de tamaños tanto de machos como de hembras fue unimodal la mayor parte del año con modas que fluctuaron entre 30,0 y 33,0 cm LT en el caso de los primeros, y entre 31,0 y 35,0 cm LT en el caso de las hembras. Solo se observó estructuras polimodales en agosto, en ambos sexos.
- Finalmente, en el año 2007, de manera similar a lo ocurrido en el año 2006, la composición de tamaños en las capturas mensuales de merluza común fue unimodal, tanto en machos como en hembras y también para los sexos combinados.
- Entre enero de 1997 y diciembre de 2007 la proporción de machos en las capturas describió una tendencia decreciente (pendiente  $m = -0,189$ ,  $r^2 = 0,422$ ), la que también fue evidente en la escala anual entre 1997 y 2007.
- La proporción mensual de estados de madurez sexual en las capturas de merluza común para toda el área de estudio, entre 1999 y 2007, mostró un incremento de la participación

de ejemplares inmaduros (EMS-2) a contar del año 2001, siendo éstos más frecuentes entre los meses de enero a mayo-junio de cada año.

- Por otro lado, considerando los estados de madurez EMS-1 y EMS-2 como inmaduros, los estados EMS-3, EMS-3A y EMS-4 como maduros, y excluyendo el EMS-5 dada la mayor incertidumbre asociada a su clasificación, se observó que entre enero de 1997 y noviembre de 2000, más del 50% de las hembras capturadas mensualmente se encontraban maduras, proporción que alcanzó cerca de 40% en los años 2003 y 2004.
- El análisis del índice gonadosomático (IGS, %) mensual, calculado para toda el área de estudio, mostró valores máximos en los meses de agosto-septiembre de 1998, junio de 1999, octubre de 2000, septiembre de 2001, 2002 y 2003, agosto de 2004, octubre de 2005, octubre-noviembre del año 2006, y noviembre-diciembre de 2007. Máximos secundarios de IGS se registraron en febrero de 1998 y 2005, marzo-abril de 1999, y marzo del año 2000.
- A partir del análisis de la proporción mensual de estados de madurez sexual (EMS) y del índice gonadosomático (IGS, %) para el período enero de 1997 a diciembre de 2007 se establece que la época de desove principal de merluza común ocurre entre julio y noviembre, y excepcionalmente comenzando en junio, siendo en promedio el mes de septiembre donde ocurre el máximo de desove.
- En relación al desove secundario, para el período analizado, se presentaron tres situaciones, a saber: (1) que estuvo presente, ocurriendo en el mes de febrero de 1998, marzo de 2000 y marzo-abril de 1999; (2) que no estuvo presente, como en el caso de los años 2003, 2004 y 2006; y (3) que no existe evidencia suficiente para asegurar su ocurrencia, situación observada en los años 2001, 2002, 2005 y 2007.
- La talla media de primera madurez sexual (TPMS) estimada en la época reproductiva principal entre 1997 a 2007, para toda el área de estudio, se encontró alrededor de 40,0 cm LT entre 1997 y 2002, mientras que entre 2003 y 2007, la TPMS se redujo

encontrándose alrededor de 32,2 cm LT. Al respecto, no se encontraron diferencias significativas al nivel de confianza de 95% entre las longitudes medias de madurez sexual entre los años 1997 y 2002, ni entre los años 2003 y 2007. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas de los estimados de madurez entre los períodos antes indicados (1997-2002 v/s 2003-2006).

- En el caso de la edad media de madurez sexual (EPMS), ésta presentó el mismo patrón temporal que la talla de madurez, encontrándose alrededor de 3,7 años en el período 1997-2002; y alrededor de 2,5 años entre 2003 y 2007.

### **5.3. Objetivo específico 3**

- La talla media de madurez sexual mostró un gradiente latitudinal norte-sur de aproximadamente 0,6 cm. La talla de madurez sexual según el análisis histológico de las gónadas para toda el área de estudio fue de 31,35 cm LT, con límites de confianza de 31,23 y 31,48 cm LT.
- La fecundidad parcial varió entre 23087 y 145866 ovocitos por desove, con una media de 70099 ovocitos (D.E. = 34405 ovocitos) y con un CV de 49%. La fecundidad relativa fue de 162 ovocitos, con un CV de 37%.
- La fracción diaria de hembras desovantes con FPO 1+2 para el período julio a octubre fue 0,071 con un coeficiente de variación de 0,24. Significa que durante el período de estudio el 7% de las hembras maduras desovaron cada día o que cada hembra desovó, en promedio, cada 14 a 15 días.

#### **5.4. Objetivo Específico 4**

- La abundancia de huevos de merluza común reportada fue baja, con una densidad media para las estaciones positivas de 277,89 huevos/10 m<sup>2</sup> y de 14,73 huevos/10 m<sup>2</sup> para las estaciones totales. Los principales focos de abundancia se concentraron entre el sur de Punta Pancho y el sur de Punta Rocura (39°00 – 39°45'S).
- La abundancia de larvas de merluza común presentó una densidad media para las estaciones positivas de 56,58 huevos/10 m<sup>2</sup> y de 6,43 huevos/10 m<sup>2</sup> para las estaciones totales. Se detectaron dos focos principales de abundancia, uno en el sector de Punta Nena (38°15'S) y otro en el extremo sur del área de estudio en el sector de Punta Quillehue (41°30'S).

## 6. Referencias Bibliográficas

- Aguayo, M. & V. Ojeda. 1987. Estudios de la edad y crecimiento de merluza común (*Merluccius gayi gayi* Guichenot, 1848) (Gadiformes- Merlucciidae). Invest. Pesq. (Chile) 34:99-112.
- Aguayo, M. 1995. Biology and fisheries of Chilean hakes (*M. gayi* and *M. australis*). En: Alheit, J. & T. Pitcher (eds). Hake biology, fisheries and markets, págs. 305-335. Chapman & Hall, Londres.
- Alarcón, C. 2001. Duración e intensidad de la actividad reproductiva de merluza común *Merluccius gayi* (Guichenot 1848) en la zona pesquera centro-sur de Chile: influencia de la talla. Seminario de Título Biólogo Marino, Universidad de Concepción, 78 p.
- Alarcón, R. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi*, (Guichenot, 1848). Tesis para optar al Título Profesional de Biólogo, Facultad de Ciencias Biológicas y Recursos Naturales. Universidad de Concepción. 70 pp.
- Alarcón, R. & H. Arancibia. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi*, (Guichenot, 1848). Cienc. Tec. Mar, CONA 16: 33-45.
- Alarcón, C., L. Cubillos & C. Oyarzún. 2004. Influencia del tamaño de la hembra en la duración e intensidad de la actividad reproductiva de *Merluccius gayi gayi* en la zona centro-sur de Chile. Invest. Mar., Valparaíso. 32(2): 59-69.
- Alday, A., A. Uriarte, M. Santos, I. Marín, A. Martínez de Murguía & L. Motos. 2006. Degeneration of postovulatory follicles of Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus*). Resúmenes XXVI Congreso de Ciencias del Mar, Iquique 22-26 de Mayo. 191 p.
- Alheit, J., 1993. Use of the daily egg production method for estimating biomass of clupeoid fishes: a review and evaluation. Bulletin of Marine Science 53, 750-767.
- Alheit, J., V.H. Alarcón & B.J. Mavewicz. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. CalCOFI Reports. 25:43-52.
- Alvarez, M. 1998. Duración de los estadios de madurez sexual durante un ciclo reproductivo en la merluza común *Merluccius gayi gayi*. Tesis para optar al título de Biólogo Marino, Universidad de Valparaíso, 90 págs. + anexo.
- Amín, M., R. Román, O. Marín & M. Delpín. 1989. Histología de los ovarios de *Merluccius gayi* Guichenot, 1848 respecto del desove. Bol. Soc. Biol. Concepción, 60: 25-34.

- Balbontín, F. 2002. Determinación del índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza común a partir de los lances de investigación. En: Lillo, S., S. Núñez, V. Ojeda, J. Olivares, F. Balbontín, M. Braun, R. Tascheri, A. Saavedra, R. Bravo, J. Ortiz, P. Torres & L. Cubillos. 2002. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2001. Informe final. FIP 201-18. IFOP. 154 p.
- Balbontín, F. & W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 17(3): 285-334.
- Balbontín, F. & R. Bravo. 1993. Variaciones temporales en la fecundidad y en la talla de primera madurez sexual en la merluza común. Inf. Cient. y Téc. Inst. Oceanología, U. de Valparaíso 12/93, 30 págs.
- Balbontín, F. & R. Bravo. 1999. Distribución, abundancia y agrupaciones del ictioplancton en un área de desove de merluza frente a Valparaíso. Revista de Biología Marina y Oceanografía 34: 233-260.
- Balbontín, F., X. Espinosa & P.K.T. Pang. 1978. Gonadal maturation and serum calcium levels in two teleosts, the hake and the killifish. Comparative Biochemistry and Physiology 61A: 617-621.
- Balbontín, F., A. Llanos & V. Valenzuela. 1997. Sobreposición trófica e incidencia alimentaria en larvas de peces de Chile central. Revista Chilena de Historia Natural 70: 381-390.
- Bernal, R. 1994. Estudio de los patrones de variación temporal de la abundancia de larvas de merluza común. Tesis para optar al título de Biólogo Marino, Universidad de Valparaíso, 64 p.
- Bernal, R., F. Balbontín & O. Rojas. 1997. Patrones de distribución de huevos y larvas de *Merluccius gayi gayi* en la costa de Chile y factores ambientales asociados. Rev. Biol. Mar. Inst. Oceanog. Univ. Valparaíso. 32(1): 45-66.
- Braun, M. 2001. Distribución y abundancia de huevos y larvas de merluza común. En: Lillo, S., V. Ojeda, J. Olivares, R. Tascheri, M. Braun, S. Núñez, J. Ortiz y P. Torres. En: Evaluación acústica de merluza común en la zona centro sur, año 2000. FIP 2000-04. Instituto de Fomento Pesquero. 126 p.
- Bravo, R. 1993. Distribución espacial y abundancia del ictioplancton en relación a las condiciones ambientales en un área de desove frente a Chile central. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias con mención en Ecología y Sistemática, Universidad Católica de Valparaíso, 112 págs.
- Buitrón, B. & A. Perea. 2003. Reproduction studies of Peruvian anchovy and hake and the 1997-1998 El Niño effect. In: Kjesbu, O. S., J. R. Hunter and P. R. Witthames (ed): Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm-and coldwater fish and squids. Report of the Working Group, Bergen, Norway: 29-33.

- Cerna, F. & C, Oyarzún. 1998. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial de la merluza común (*Merluccius gayi*, Guichenot 1848) del área de la pesquería industrial de la zona de Talcahuano, Chile. Invest. Mar. U.C.V. 26:31-40.
- Claramunt, G., G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Oliva & C. Guerra. 1996. Evaluación del Stock Desovante de Anchoveta por “El Método de Producción de Huevos” en las I y II Regiones. Informe final, Proyecto FIP 95-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad Arturo Prat, Iquique. 49 p + anexos.
- Claramunt, G., G. Herrera, P. Pizarro, J. Pizarro, R. Escribano, M. Oliva, A. Olivares & A. Zuleta. 1997. Evaluación del stock desovante de anchoveta por el “Método de Producción de Huevos en la I y II Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 96-01. Fondo de Investigación Pesquera. Universidad “Arturo Prat” Iquique. 75 p + anexo.
- Claramunt, G., R. Serra, L.R. Castro & L. Cubillos. 2007. Is the spawning frequency dependent on female size? Empirical evidence in *Sardinops sagax* and *Engraulis ringens* off northern Chile. Fish. Res. 85: 248-257.
- De Buen, F. 1958. Investigaciones sistemáticas y biológicas sobre la merluza. Bol. Inst. Biol. Concepción, 33: 107-124.
- Delfín, F.T. 1903. Contribución a la ictiología chilena. Rev. Chilena Hist. Nat. 7: 268-273.
- DeVlaming, V., G. Grossman & F. Chapman. 1982. On the use of the gonadosomático index. Comp. Biochem. Physiol. 73A, 31-39.
- Erickson, L.D., J. Hightower, G. Grossman. 1985. The relative gonadal index: An alternative index for quantification of reproductive condition. Comp. Biochem. Physiol. 81A(1):117-120.
- Fischer, W. 1959. Huevos, crías y prelarvas de la merluza (*Merluccius gayi*) Guichenot. Revista de Biología Marina 9: 229-250.
- Fischer, W. & F. Balbontín. 1970. On the investigation of ovarian cycle and fecundity of fish with special reference to partial spawners. Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung 21: 56-77.
- Fitzhugh, G.R. & W.F. Hettler. 1995. Temperature influence on postovulatory follicle degeneration in Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. Fish. Bull., U.S. 93(3): 568-572.
- Foucher, R. P. and R. J. Beamish. 1977. A review of oocyte development in fishes with special reference to Pacific hake (*Merluccius productus*). Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. No. 755: I IV + 1 16 págs.

- Furet, L. 1982. Ciclo reproductivo de *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) mediante estudio histológico de las gónadas. Tesis Licenciado en Biología Marina, Universidad de Concepción. 32 pp.
- Ganias, K., C. Nunes & Y. Stratoudakis. 2007. Degeneration of postovulatory follicles in the Iberian sardine *Sardina pilchardus*: structural changes and factors affecting resorption. Fish. Bull. 105: 131-139.
- Goldberg, S.R. 1985. Seasonal spawning cycle of merluza, *Merluccius gayi* (Merlucciidae) from Chile. Bull. Southern California Acad. Sci. 84(3): 172-174.
- Gulland, J.A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de poblaciones de peces. FAO Man. Fish. Sci.
- Herrera, G. 1986. Aspectos morfológicos y funcionales de la maduración gonadal en *Merluccius gayi gayi*, con especial referencia a esteroides sexuales y niveles de calcio plasmático. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Biológicas con mención en Reproducción. Universidad de Chile, 40 págs.+ láms. y tablas.
- Herrera, G. & G. Claramunt. 1990. Estimaciones de la fecundidad parcial y frecuencia de desove de *Sardinops sagax* durante 1987 y 1988, en el Norte de Chile. Invest. Cient. Tecn., Serie: Ciencias del mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 1:55-68.
- Herrera, G., E. Bustos-Obregón & F. Balbontín. 1988. Morphological aspects of the gonadal maturation in the hake, *Merluccius gayi gayi*. Revista de Biología Marina 24 (1): 55-71.
- Hunter, J.R. 1985. Preservation of northern anchovy in formaldehyde solution. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 63-65.
- Hunter, J.R. & S.R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull. U.S. 77: 641-652.
- Hunter, J.R. & B.J. Macewicz. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency, and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 21:139-149.
- Hunter, J.R. & B. Macewicz. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. En: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 79-94.
- Hunter, J.R., N.C.H. Lo & R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:67-77.

- Hunter, J., N.CH. Lo. 1993. Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. *Bulletin of Marine Science* 53, 723-727.
- Hunter, J.R. & B.J. Macewicz. 2003. Improving the accuracy and precision of reproductive information used in fisheries. In: Kjesbu, O. S., J. R. Hunter and P. R. Witthames (ed): *Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm-and coldwater fish and squids*. Report of the Working, Bergen, Norway: 57-68.
- ICES. 2005. Report of the study group on the estimation of the spawning biomass of sardine and anchovy. ICES CM 2005/G 02, 81 p.
- Landaeta, M. 2006. Efecto parental en la variabilidad estacional de las características del desove de merluza común frente a Chile central. Tesis Doctoral. Doctorado en Oceanografía. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción, Chile. 197 pp.
- Landaeta, M. & L. Castro. 2006. Spawning and larval survival of the Chilean hake *Merluccius gayi* under later summer conditions in the Gulf of Arauco, central Chile. *Fish. Res.* 77: 115-121.
- Landaeta, M. & L. Castro. (Submitted). Seasonal and annual variation in Chilean hake *Merluccius gayi* spawning locations and egg size off central Chile. *Marine Ecology Progress Series*.
- Lillo, S. J. Córdova, M.A. Barbieri, V. Ojeda, R. Tascheri, R. Alarcón, M. Braun & S. Núñez. 1998. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común explotado en la zona centro-sur. Informe Final Proyecto FIP N° 1997-12. 266 pp.
- Lillo, S., M. Rojas, R. Gamboa, R. Tascheri, P. Gálvez, C. Montenegro, M. Braun, V. Valenzuela, H. Miles & I. Payá. 1999. Dinámica espacial y batimétrica de merluza común en relación a su ciclo de vida en la zona centro sur. Informe Final Proyecto FIP N° 1997-21. 161 p.
- Lillo, S., R. Vega, V. Ojeda, J. Olivares, R. Tascheri, M. Braun, V. Valenzuela, S. Núñez & J. Ortiz. 2000. Evaluación acústica del recurso merluza común en la zona centro-sur, 1999. Informe Final Proyecto FIP N° 1999-04. 256 pp.
- Lillo, S., V. Ojeda, J. Olivares, R. Tascheri, M. Braun, S. Núñez, J. Ortiz & P. Torres. 2001. Evaluación acústica de merluza común en la zona centro-sur, año 2000. Informe Final Proyecto FIP N° 2000-04. 268 pp.
- Lillo, S., S. Núñez, V. Ojeda, F. Balbontín, M. Braun, R. Tascheri, L. Cubillos, J. Olivares, J. Ortiz & P. Torres. 2002. Evaluación hidroacústica de merluza común, 2001. Informe Final Proyecto FIP N° 2001-18. 319 pp.

- Lillo, S., M. Rojas, R. Tascheri, V. Ojeda, J. Olivares, F. Balbontín, R. Bravo, S. Núñez, M. Braun, J. Ortiz, P. Torres, F. Vejar, L. Cubillos & A. Saavedra. 2003. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2002. Informe Final Proyecto FIP N° 2002-03. 375 pp.
- Lillo, S., J. Olivares, M. Braun, E. Díaz, S. Núñez, A. Saavedra, J. Saavedra & R. Tascheri. 2005. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2004. Informe Final Proyecto FIP 2004-09. 386 pp.
- Lillo, S., J. Olivares, M. Braun, S. Núñez, A. Saavedra, J. Saavedra & E. Molina. 2006. Evaluación hidroacústica de merluza común, año 2005. Informe Final Proyecto FIP 2005-05.
- Macchi, G.J., M. Pájaro & M. Ehrlich. 2004. Seasonal egg production pattern of the Patagonian stock of Argentine hake (*Merluccius hubbsi*). Fish. Res. 67: 25-38.
- Macewicz, B.J. & J.R. Hunter. 1993. Spawning frequency and fecundity of Jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 34:112-121.
- Martínez, E. 1976. Variabilidad de los caracteres merísticos en *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) en la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 16: 71-93.
- Millero, F. & A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- Miranda, O. 1966. Sobre el ciclo de desarrollo sexual de la merluza frente a Valparaíso. (Gadidae, *Merluccius gayi gayi*). Estudios Oceanológicos 2: 41-43.
- Montecinos, A. & F. Balbontín. 1993. Índices de surgencia y circulación superficial del mar: implicancias biológicas en un área de desove de peces entre Los Vilos y Valparaíso, Chile. Rev. Biol. Mar. Valparaíso. 28(1):133-150.
- Moser, G., N. C. Lo & P. Smith. 1997. Vertical distribution of Pacific hake eggs in relation to stage of development and temperature. CalCOFI Reports 38: 120-126.
- Murua, H. 2006. Reproductive fundamentals for the estimation of egg production of the European hake, *Merluccius merluccius*, in the Bay of Biscay. Ph.D. Thesis. UPV/EHU Leioan. 197 p.
- Murua, H., G. Kraus, F. Saborido-Rey, P.R. Witthames, A. Thorsen & S. Junquera. 2003. Procedures to Estimate Fecundity of Marine Fish Species in Relation to their Reproductive Strategy. J. Northw. Atl. Fish. Sci., Vol. 33: 33-54.
- Murua, H. & L. Motos. 2006. Reproductive strategy and spawning activity of the European hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Bay of Biscay. J. Fish Biol. 69: 1288-1303.

- Murua, H., P. Alvarez, M. Korta, L. Motos & F. Saborido-Rey. 2005. European hake, *Merluccius merluccius*, spawning biomass assessed by an egg production method in the Bay of Biscay. ICES ASC CM 2005/Q:15, 28 pp.
- Murua, H., P. Lucio, M. Santurtún & L. Motos. 2006. Seasonal variation in egg production and batch fecundity of European hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Bay of Biscay. J. Fish Biol. 69: 1304-1316.
- Ojeda, V., J. Olivares, F. Balbontín, D. Garland, L. Cubillos, R. Alarcón, M. George-Nascimento & A. Sepúlveda. 1997. Validación de los métodos aplicados en la estimación de edad y crecimiento y determinación de la mortalidad en merluza común en la zona centro-sur Informe Final Proyecto FIP 95-15, Instituto de Investigación Pesquera.
- Oliva J., J. Barañados & M. Tirado. 1989. Determinación de la fecundidad y frecuencia del desove de la sardina (*Sardinops sagax*), 1986. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur (Número Especial): 341-348.
- Oliva J., M. Braun, O. Rojas, J. Castillo & J. Blanco. 1998. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones (1997). Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. Proyecto FIP 97-01. 133 p + figuras y tablas.
- Oliva J., M. Braun, J. Cordova, J. Castillo, V. Valenzuela, V. Catasti, J. Blanco & C. Martinez. 2000. Evaluación del stock desovante de la anchoveta en la I y II Regiones, 1999. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Final. FIP 99-10. 97 p + figuras y tablas.
- Payá, I., C. Oyarzún, R. Galleguillos & M. Oliva. 1997. Unidades de stock en el recurso merluza común de la zona centro-sur. Informe Final Proyecto FIP N° 1994-18. 138 p.
- Picquelle, S. & G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of northern anchovy biomass assesment. In R. Lasker (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 7-15.
- Poulsen, E. 1952. Informe al Gobierno de Chile sobre investigaciones biológicas acerca de los peces alimenticios de Chile, con referencia especial a la merluza. Informe FAO/ETAP N° 45: 1-78.
- Roa, R., B. Ernst & F. Tapia. 1999. Estimation of size at maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. US Fish. Bull., 97: 570-580.
- Rojas, O & J. Blanco. 1981. Determinación del área y época de desove de merluza común (*Merluccius gayi*) en el área de su pesquería. Corporación de Fomento a la Producción, AP 83 – 37. 40 p.

- Rojas, O. & A. Mujica. 1981. Delimitación de las áreas de desove, prerreclutamiento y estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 82 pp + anexos.
- Rojas, O. & J. Oliva. 1993. Evaluación del Stock Desovante de Anchoveta de la Zona Norte por el Método de Producción de Huevos. Programa de evaluación directa de recursos pelágicos de la zona Norte. Convenio Empresas Pesqueras del Norte e Instituto de Fomento Pesquero. 50 p.
- Rojas, O., A. Mujica, M. Labra, G. Ledermann & H. Miles. 1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. Corporación de Fomento de la Producción AP83-31, 97 pp.
- Sánchez, N. 1959. Contribución al estudio de la madurez sexual de *Merluccius gayi* (Guichenot), frente a la zona de Concepción. Memoria Título de Profesor de Estado en Biología y Química, Universidad de Concepción. 81 pp.
- Sánchez, J. & G. Herrera. 2006. Edad del folículo postovulatorio (FPO) de anchoveta *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) sometida a cautiverio. Resúmenes XXVI Congreso de Ciencias del Mar, Iquique 22-26 de Mayo. 191 p.
- Santander, H., P.E. Smith & J. Alheit. 1982. Determinación del esfuerzo de muestreo requerido para el estimado de producción de huevos de anchoveta, *Engraulis ringens*, frente al Perú. Bol. Inst. Mar Perú, Callao. 7(1): 16 p.
- Santander, H., J. Alheit & P.E. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". Bol. Inst. Mar Perú, Callao. 8: 209-250.
- SERNAPESCA. 2005. Anuario estadístico de pesca, año 2004. www.sernapesca. cl
- Stauffer, G.D., & S.J. Picquelle. 1980. Estimates of the 1980 spawning biomass of the central subpopulation of northern anchovy. Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, Southw. Fish. Cent. Admin. Rep. LJ-80-90, 41 p.
- Stearns, S.C. & R.E. Crandall. 1984. Plasticity for age and size at sexual maturity: a life-history response to unavoidable stress. En: G. W. Potts and R.J. Wootton (Eds). Fish reproduction. Strategies and tactics. Academic Press, págs. 13-33.
- SUBPESCA. 2005. Cuota global anual de captura y plan de recuperación de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) año 2006. Inf. Téc. (R. Pesq.) N° 97, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, 40 pp.
- Tascheri, R., S. Lillo, M. Rojas, R. Gamboa, P. Gálvez, C. Montenegro, M. Braun, V. Valenzuela, H. Miles, M. Gálvez, H. Rebolledo, C. Cuevas & I. Payá. 1999. Dinámica espacial y batimétrica de merluza común en relación a su ciclo de vida en la zona centro sur. Informe final Proyecto FIP N° 1997-21. 161 pp.

- Tascheri, R., R. Alarcón, J. Sateler, H. Rebolledo & S. Núñez. 2006. Monitoreo de las capturas de merluza común, año 2005. Pre-Informe Final Proyecto FIP 2005-07. Instituto de Fomento Pesquero – Instituto de Investigación Pesquera. 214 pp.
- Trippel, E. A., O. S. Kjesbu and P. Solemdal. 1997. Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. En: Early life history and recruitment in fish populations (R. C. Chambers and E.A. Trippel, eds). Chapman & Hall, págs. 31-62.
- Valenzuela, V. 1992. Relaciones tróficas en larvas de ocho especies de peces de la costa central de Chile, entre Los Vilos y Valparaíso. Tesis para optar al título de Biólogo Marino, Universidad Arturo Prat, 82 págs.
- Valenzuela, V., F. Balbontín & A. Llanos. 1995. Composición de la dieta y tamaño de las presas de los estadios larvales de ocho especies de peces de la costa central de Chile. Revista de Biología Marina 30 (2): 275-291.
- Vargas, C & L. Castro. 2001. Spawning of the Chilean hake (*Merluccius gayi*) in the upwelling system off Talcahuano in relation to oceanographic features. Scientia Marina 65: 101-110.
- Vargas, C., Valenzuela, G., Núñez, S. & D. Arcos. 1996. Mortalidad natural de larvas de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) frente a Chile centro-sur en relación a su distribución espacial y grado de agregación. Invest. Mar., Valparaíso, 24: 19-30.
- Welch, D. & R. P. Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to pacific cod (*Gadus macrocephalus*) populations dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:333-343.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 41: 199-222.

# ANEXOS

## **ANEXO 1**

# ANEXO 1

Composición de tamaños de merluza común entre 2001 y 2007  
en escala mensual, por sub-área de estudio y sexo.

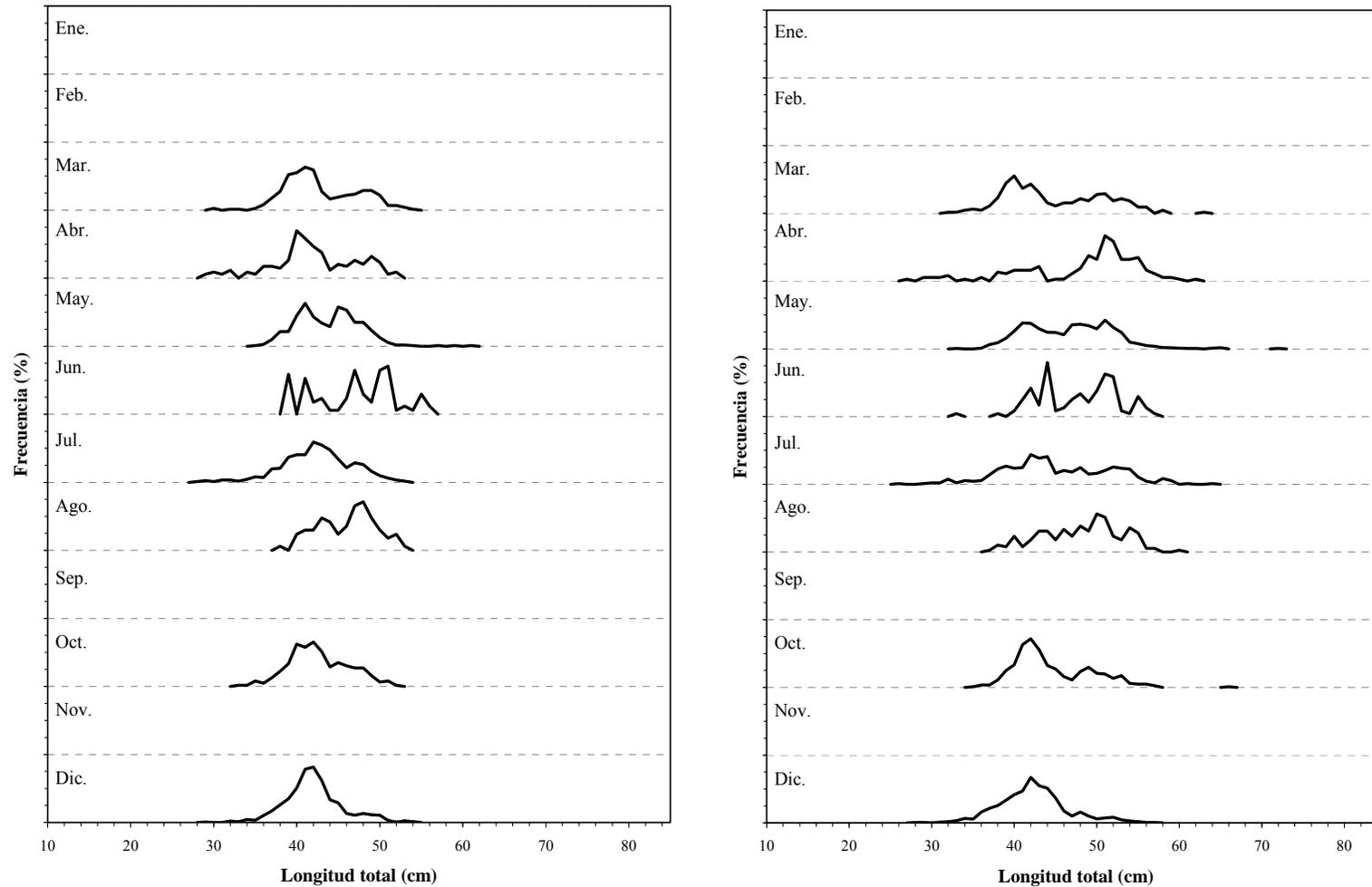


Figura 99. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 1 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.

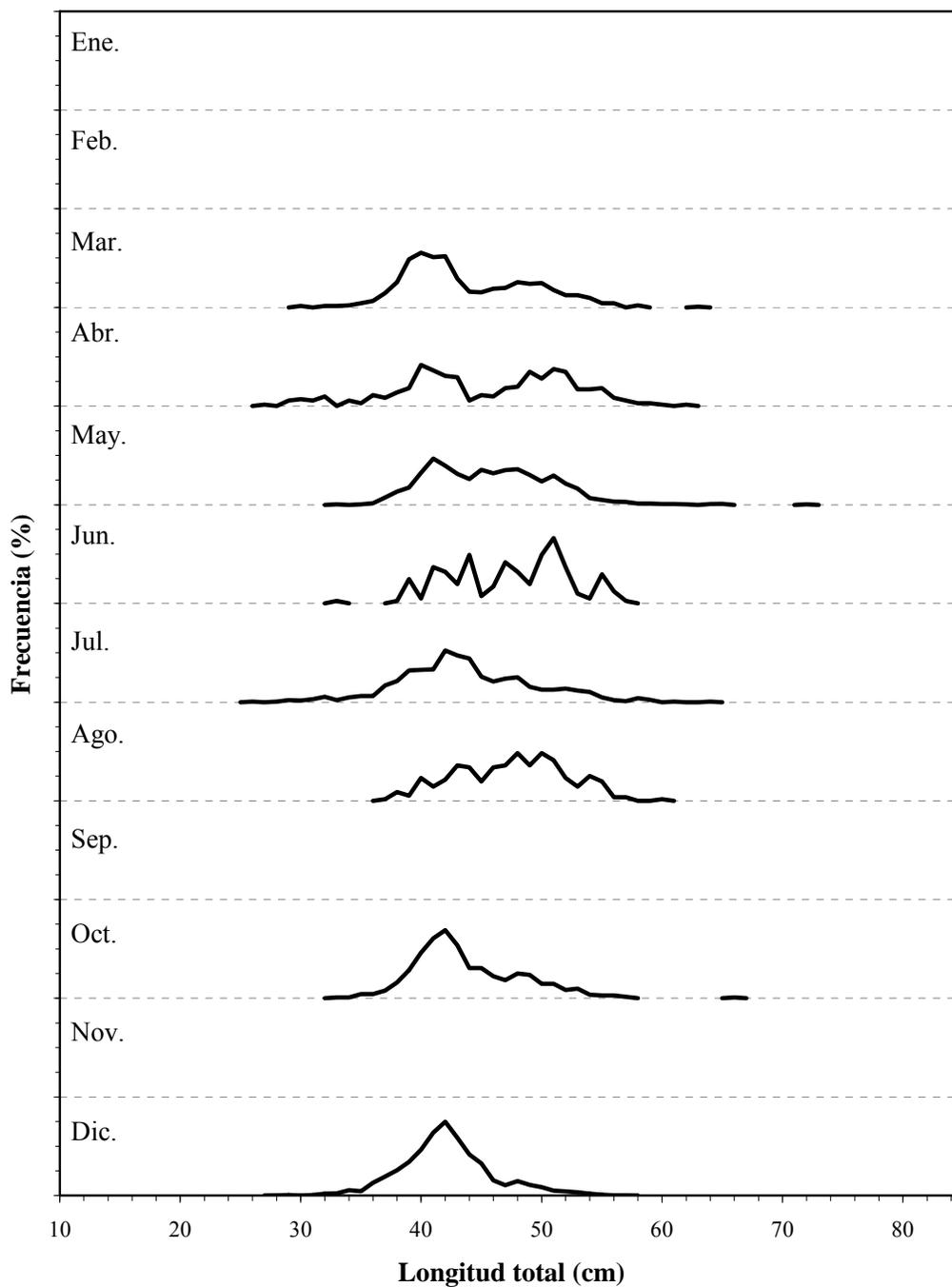


Figura 100. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.

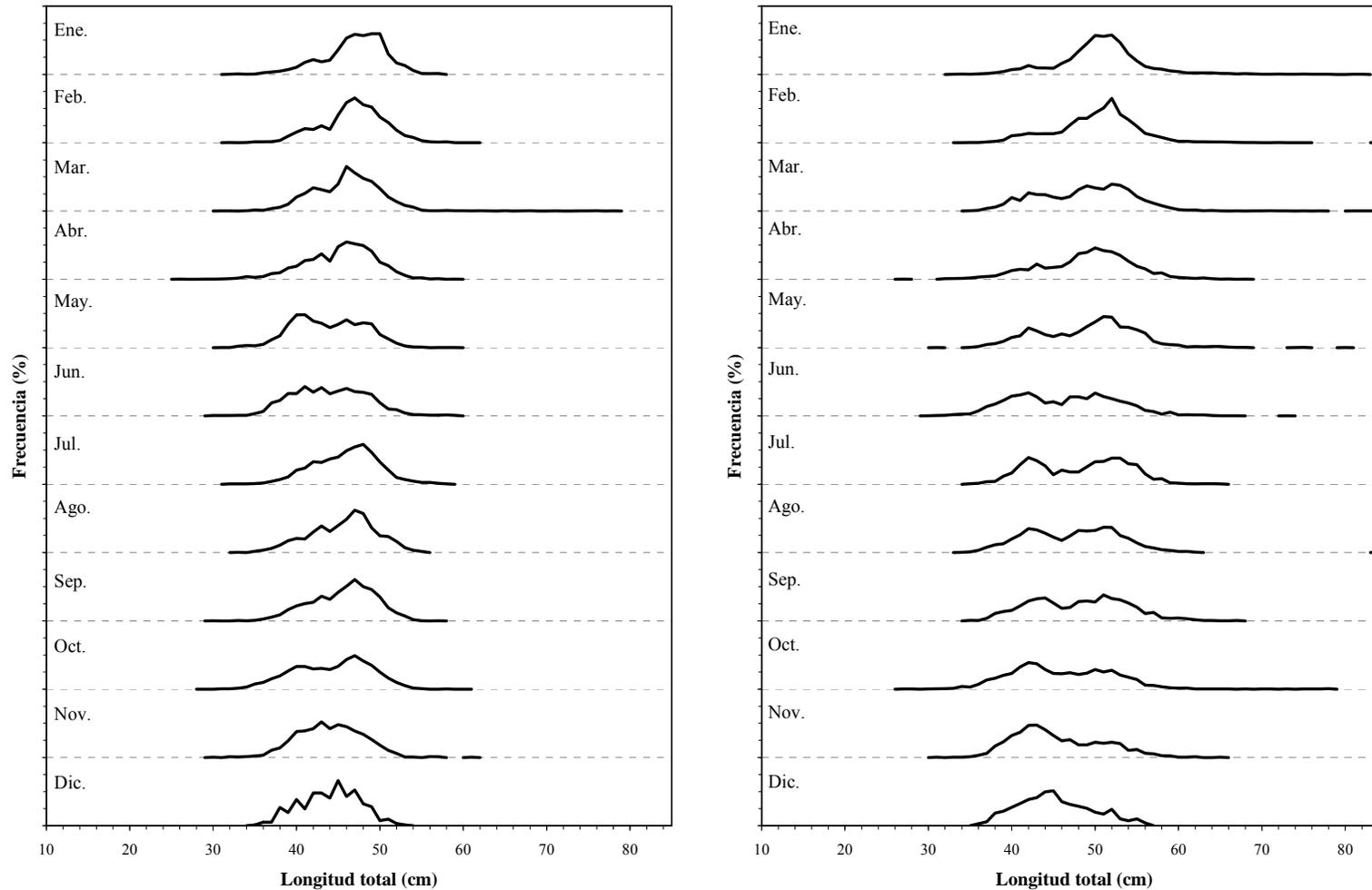


Figura 101. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 2 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.

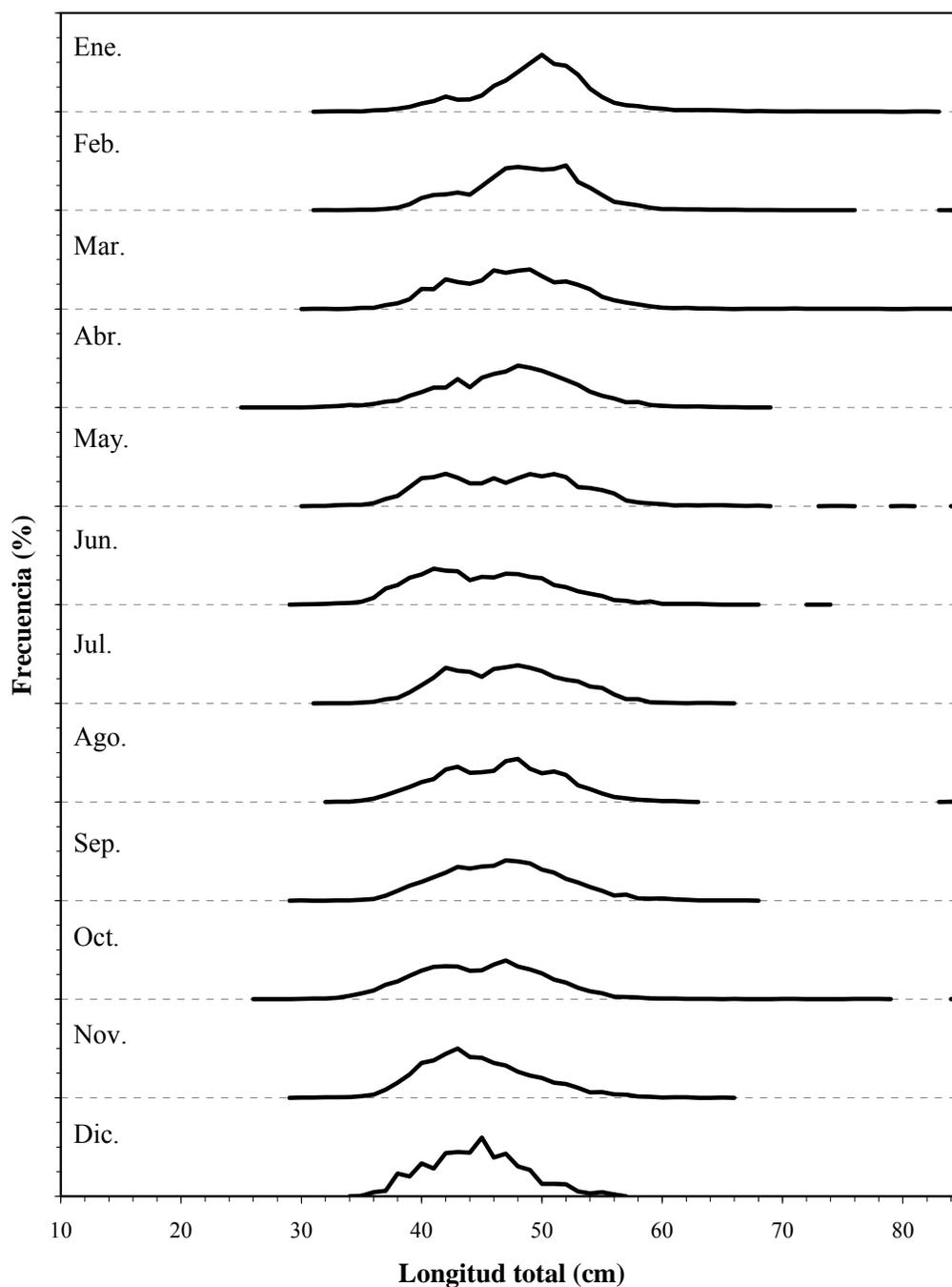


Figura 102. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.

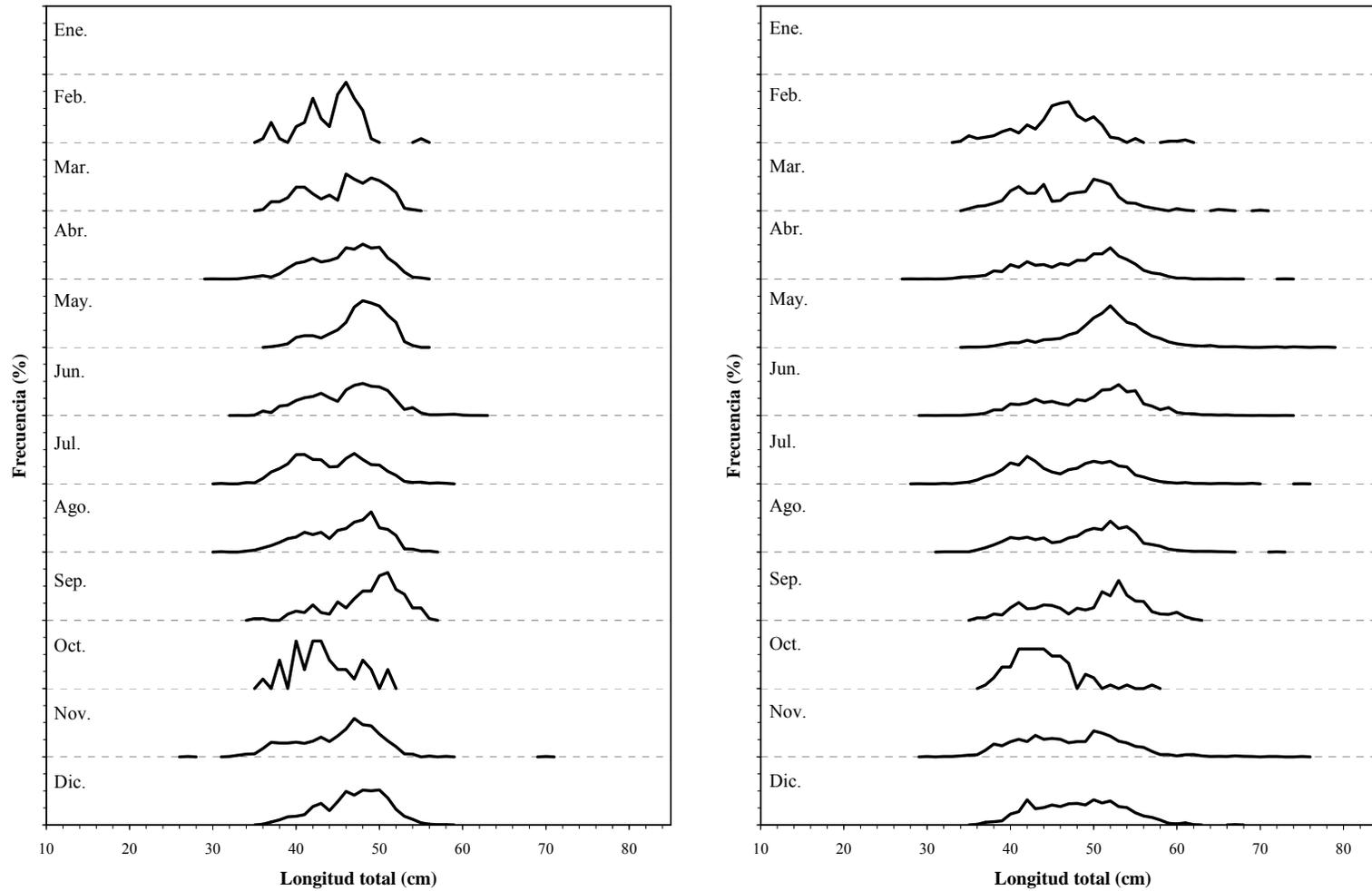


Figura 103. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 3 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.

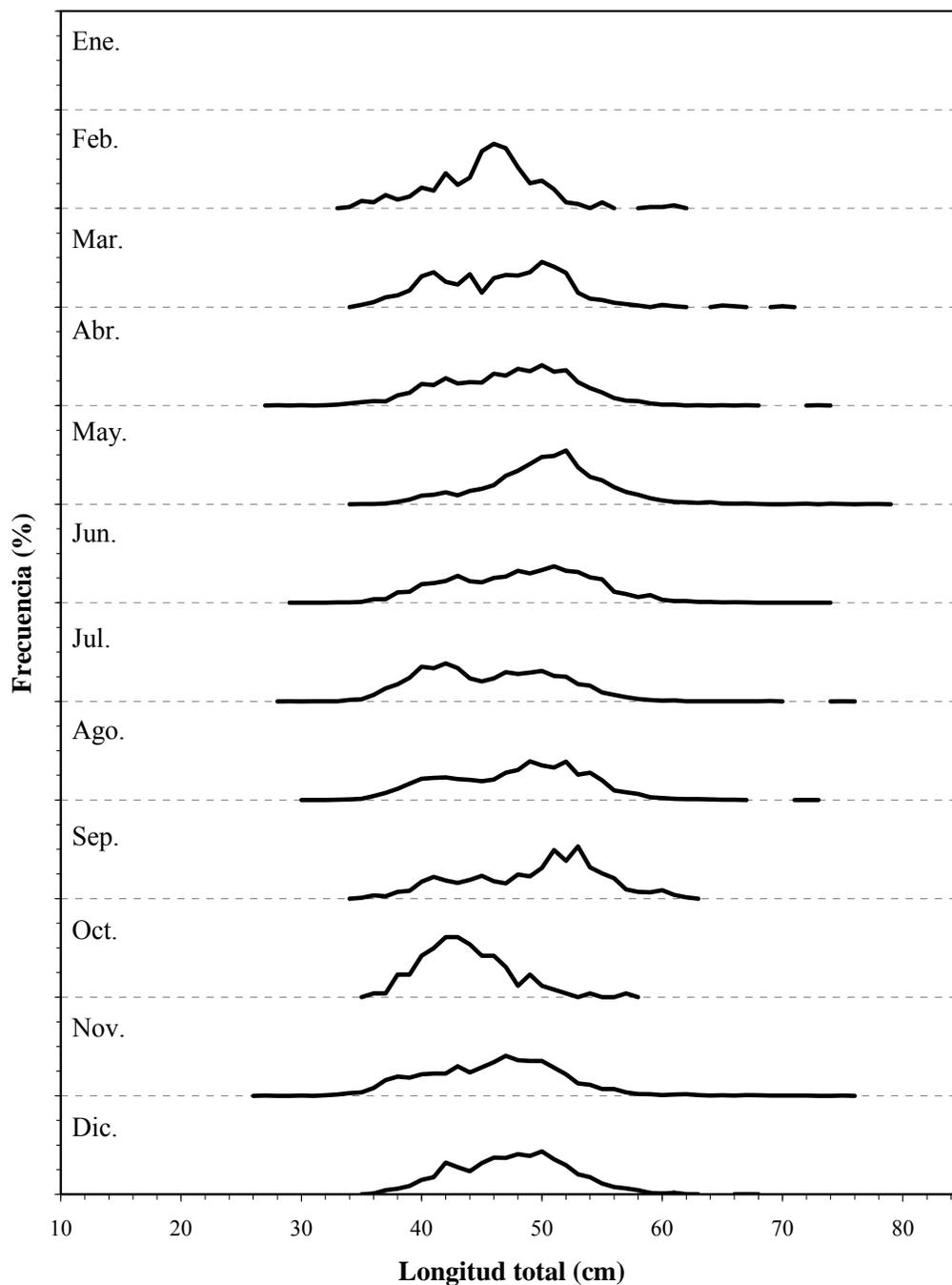


Figura 104. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2001. Cada división corresponde a 20%.

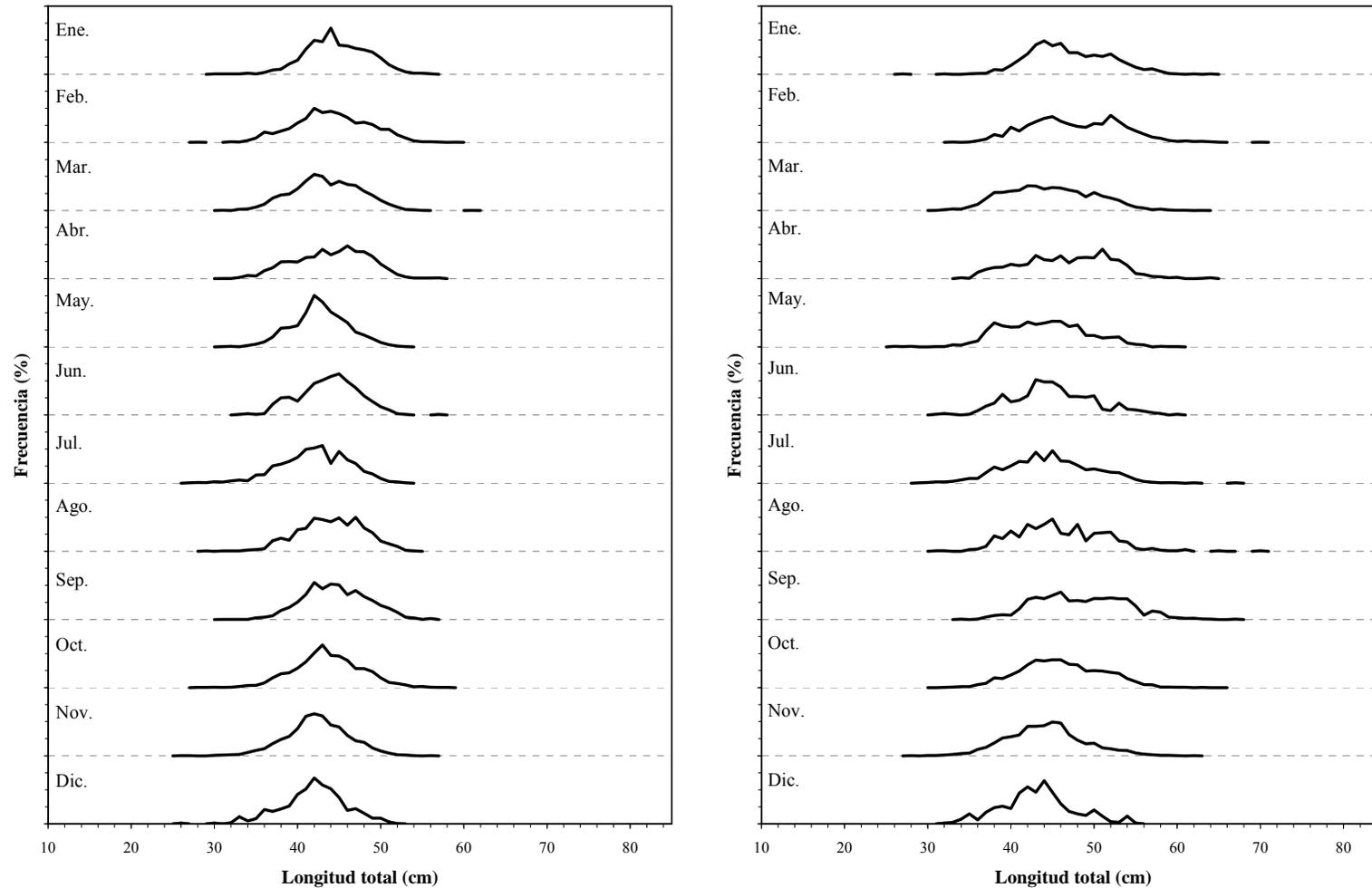


Figura 105. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 2 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.

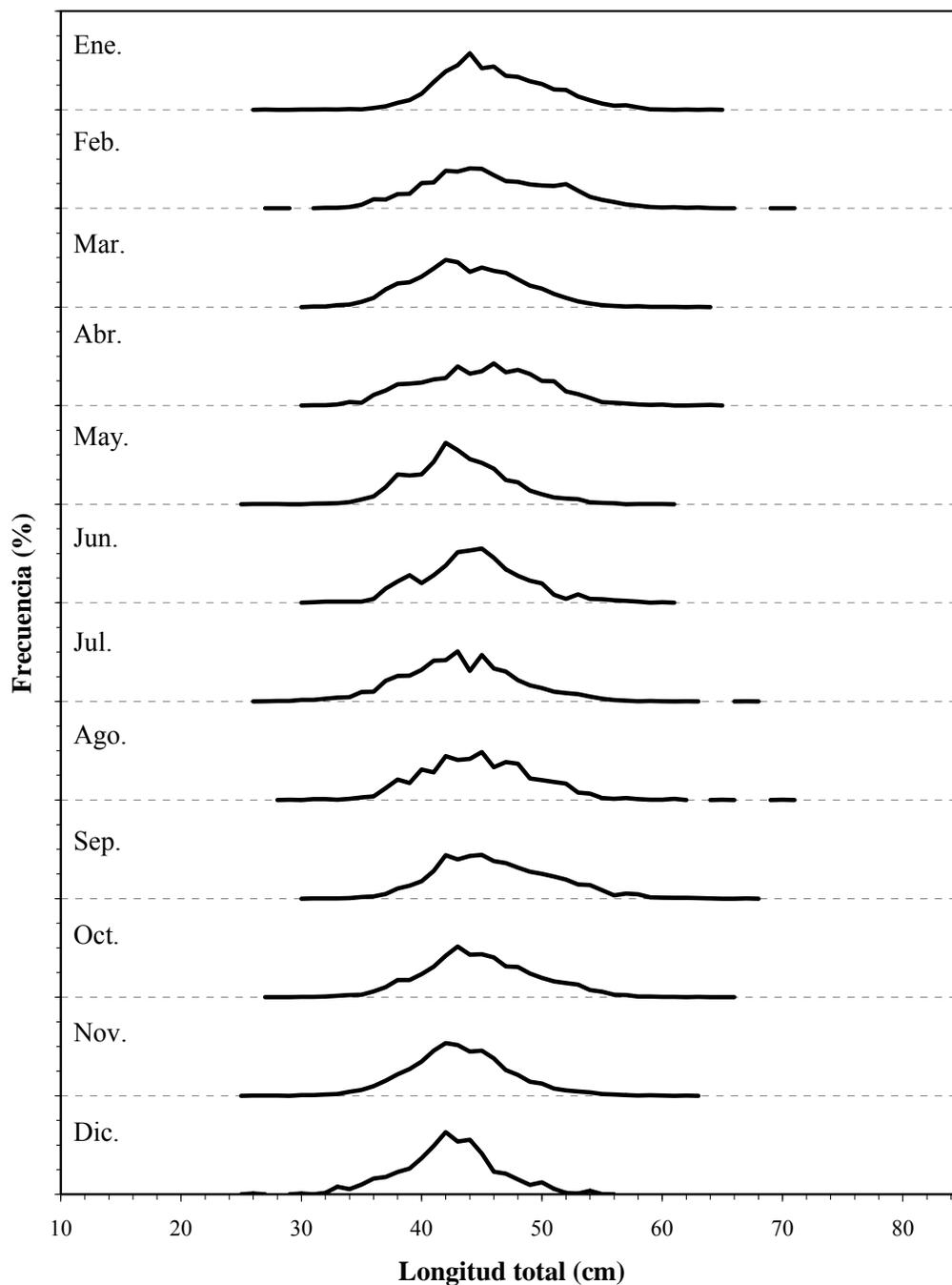


Figura 106. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.

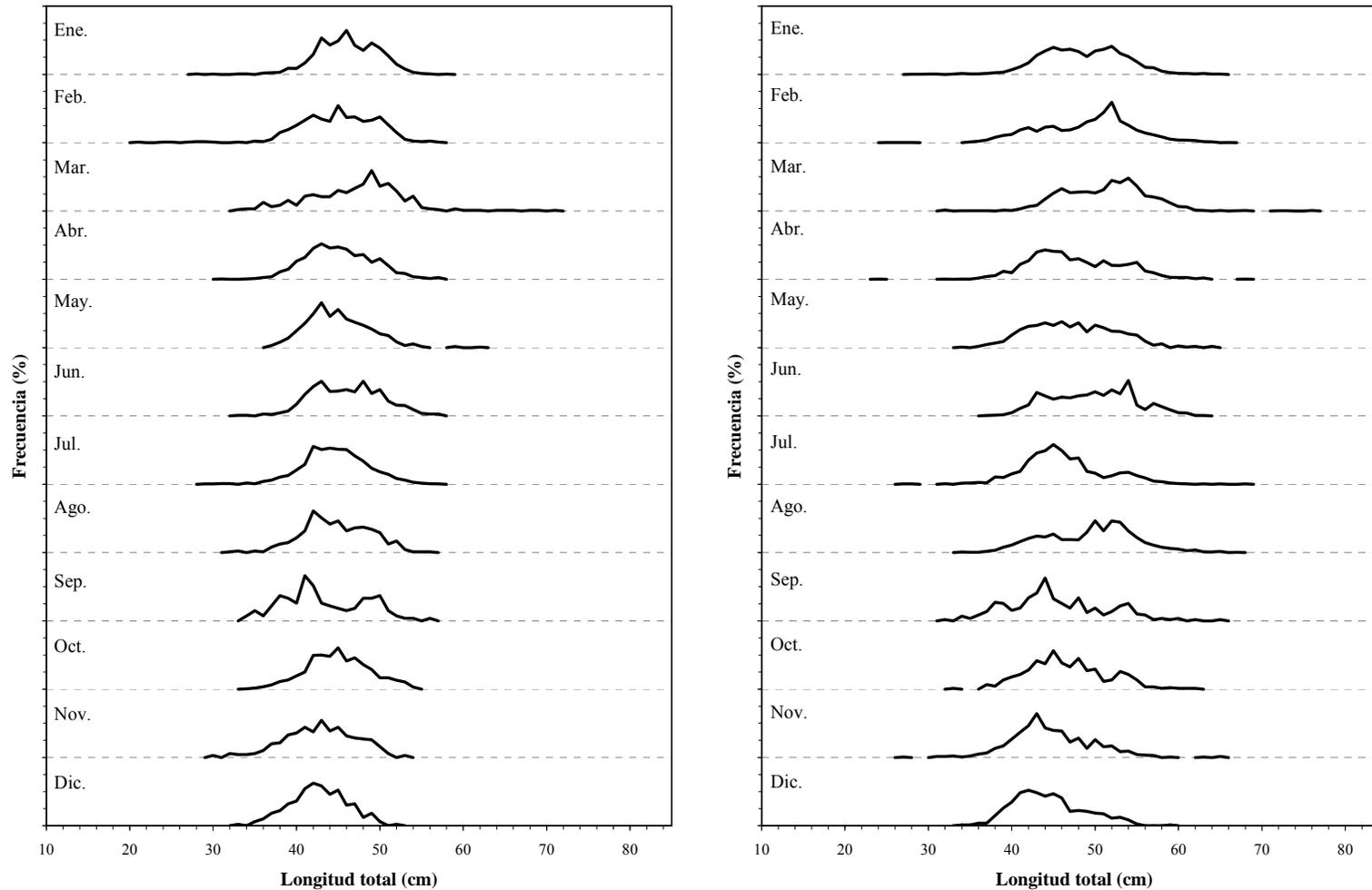


Figura 107. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 3 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.

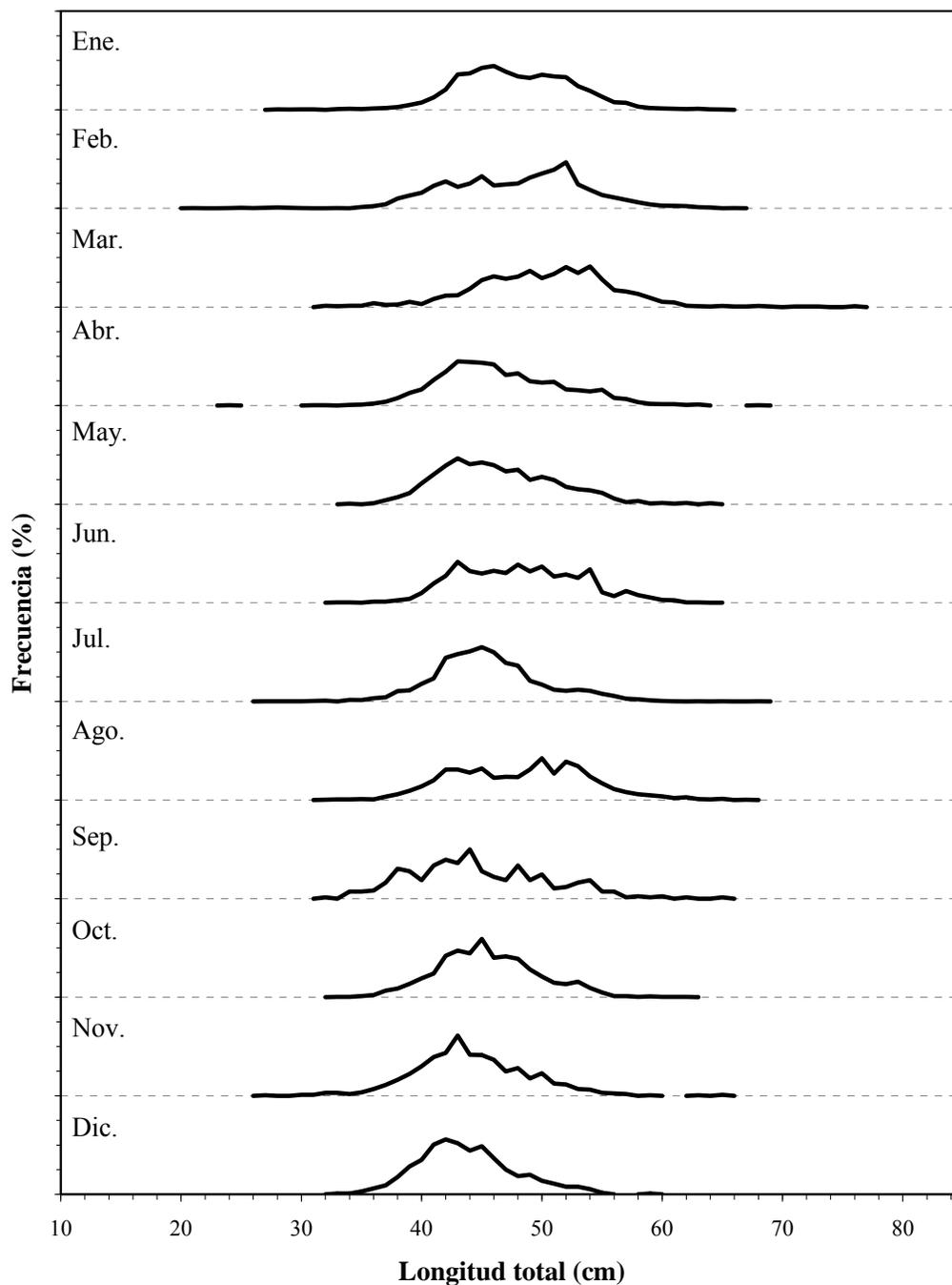


Figura 108. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2002. Cada división corresponde a 20%.

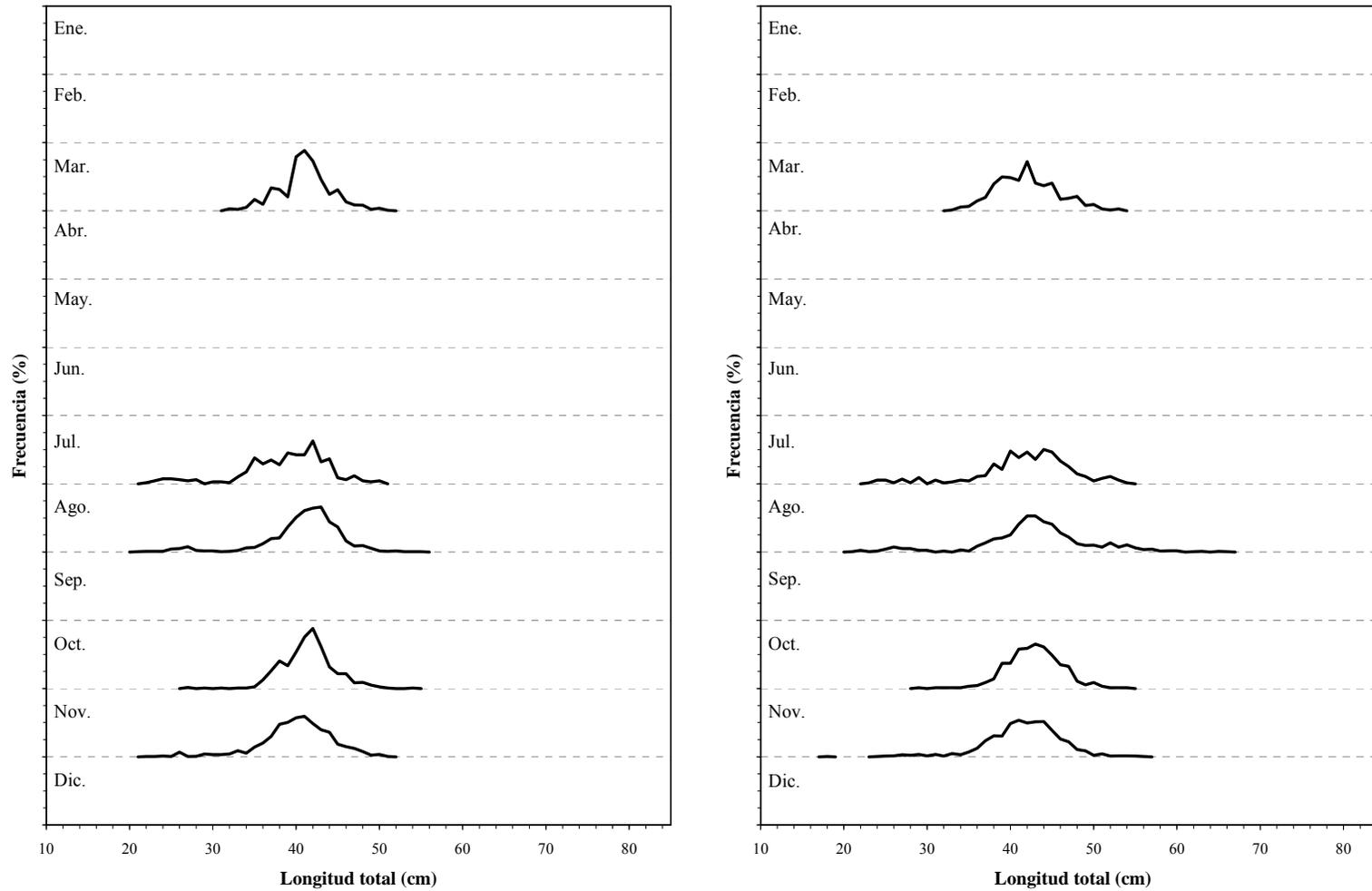


Figura 109. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 1 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.

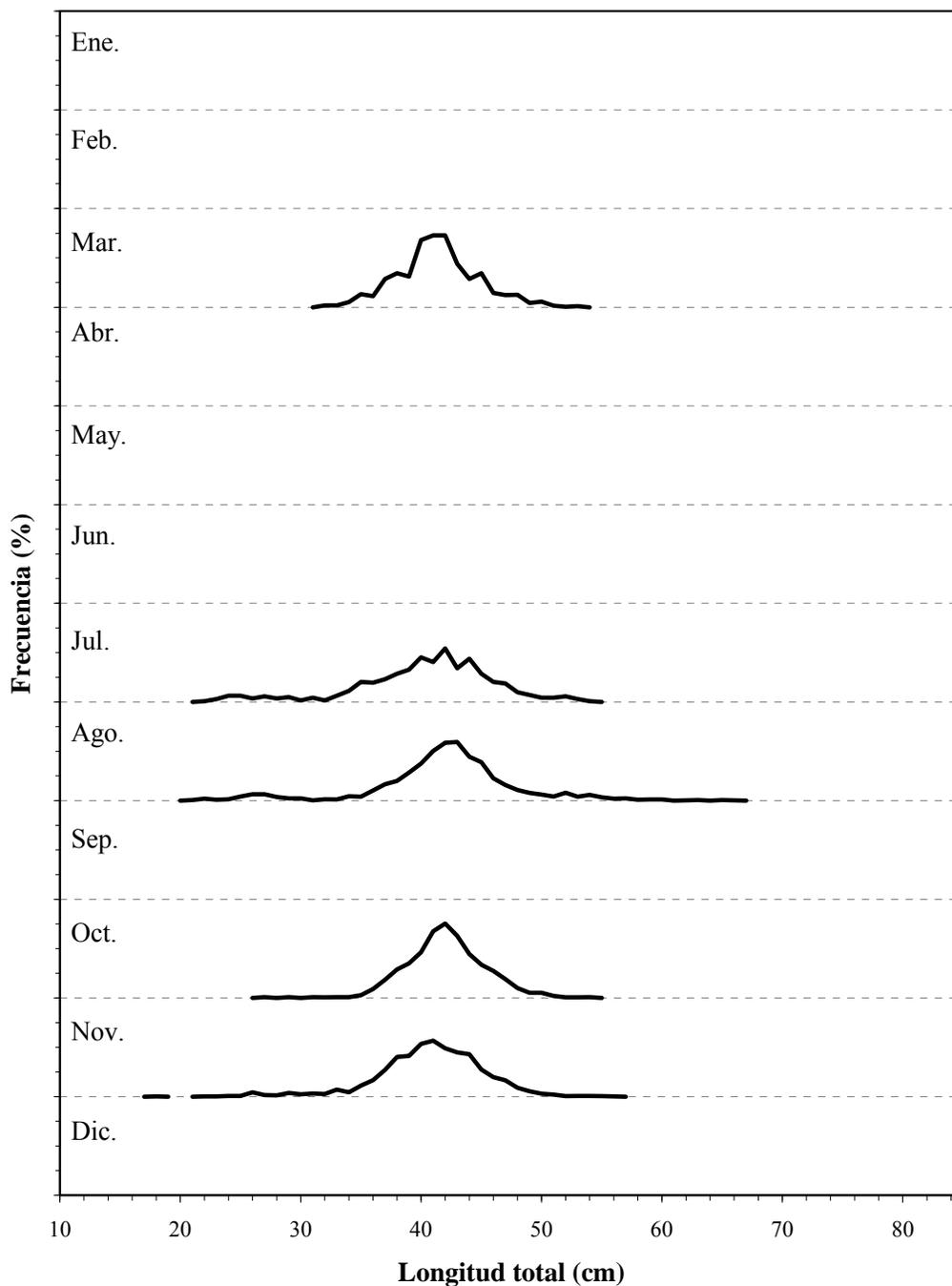


Figura 110. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.

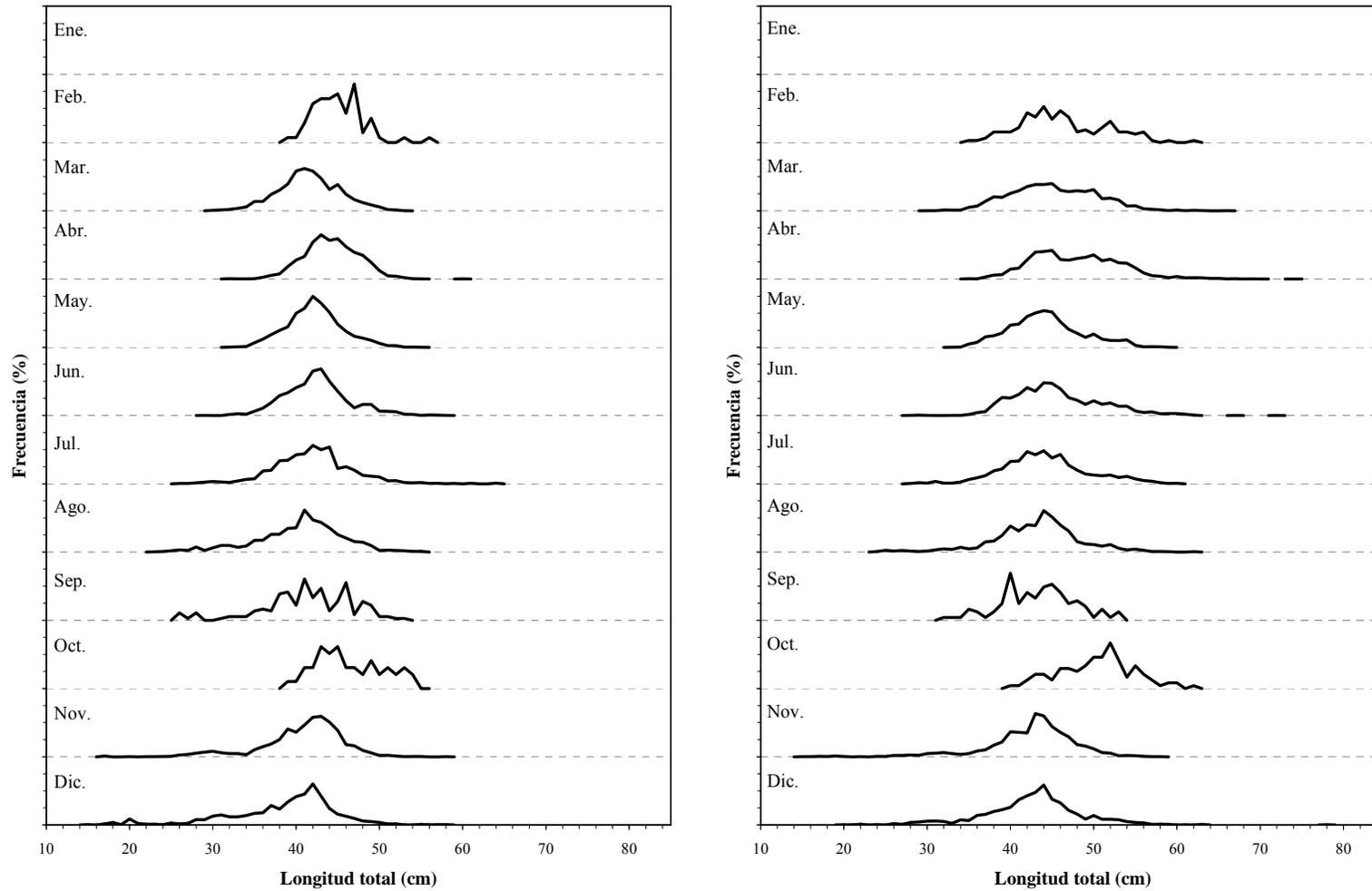


Figura 111. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 2 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.

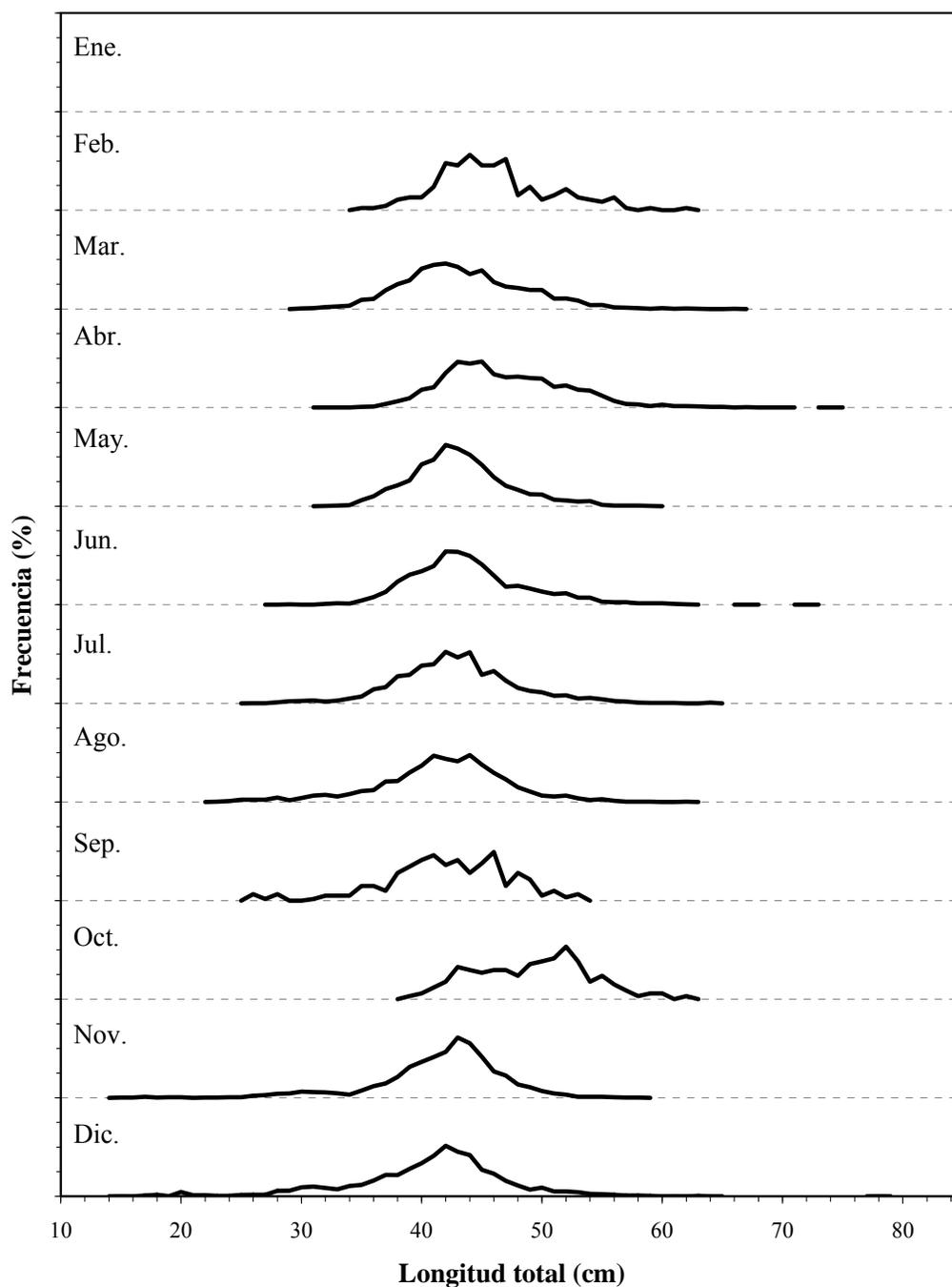


Figura 112. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.

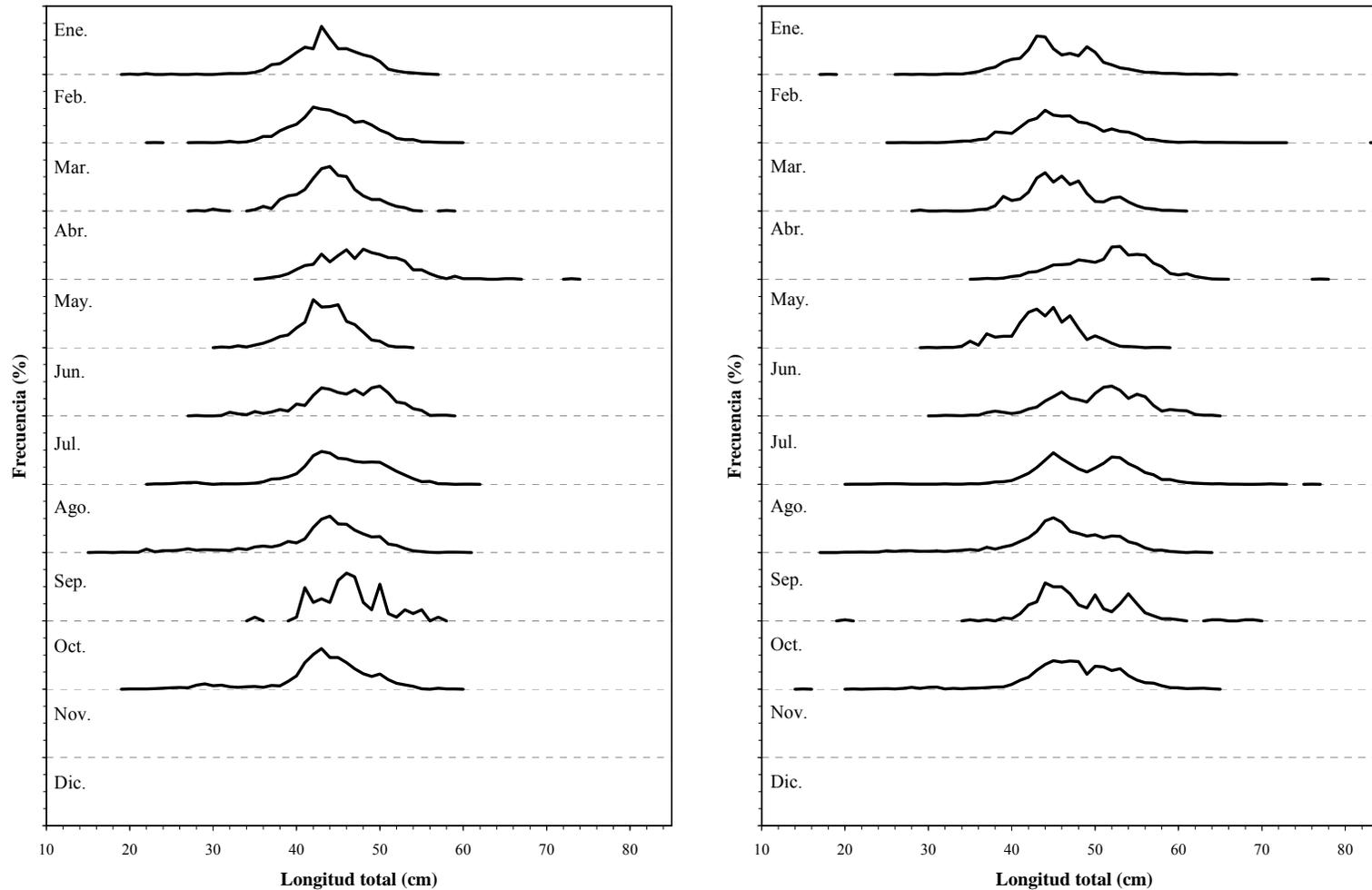


Figura 113. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 3 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.

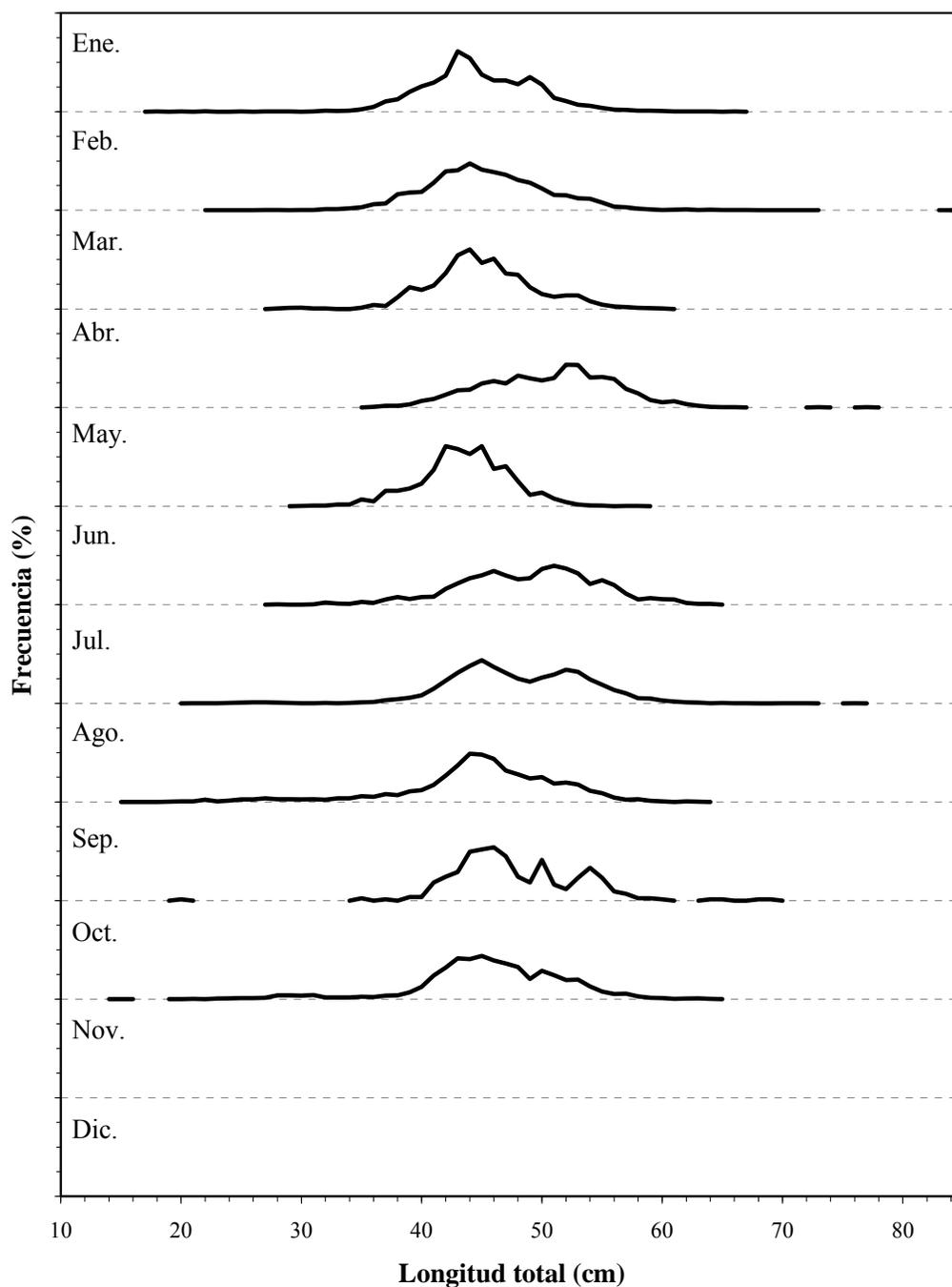


Figura 114. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2003. Cada división corresponde a 20%.

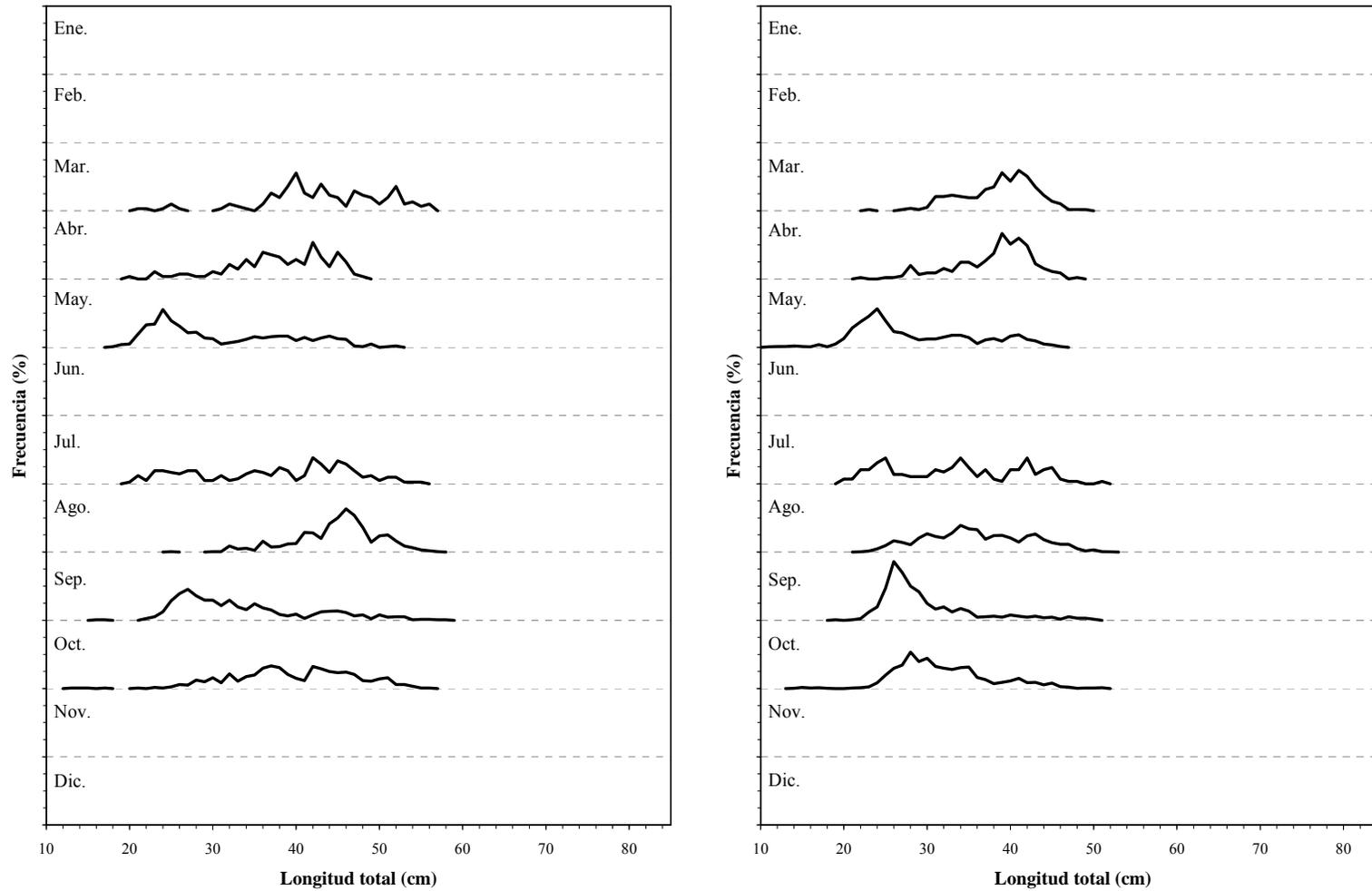


Figura 115. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 1 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.

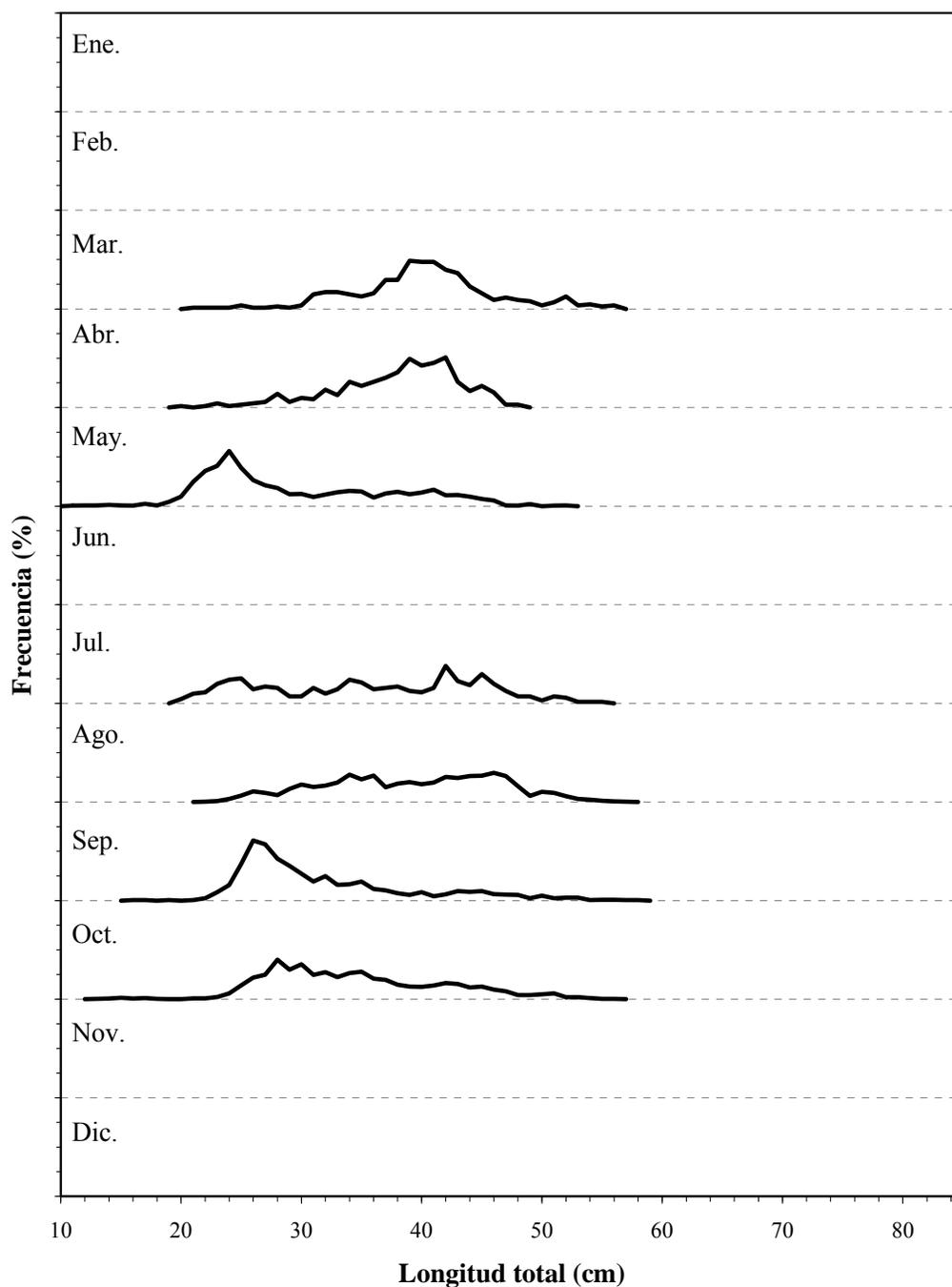


Figura 116. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.

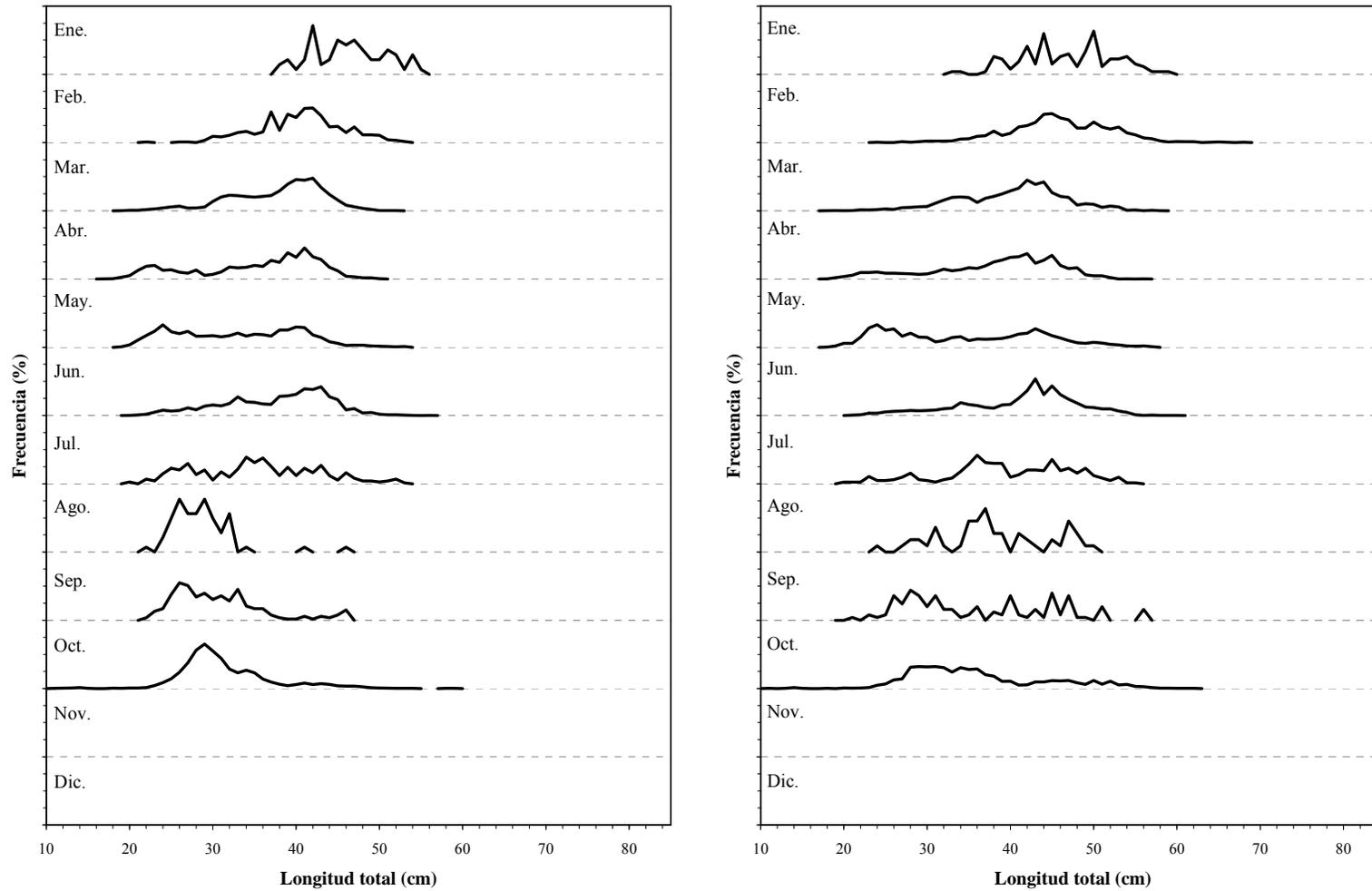


Figura 117. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 2 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.

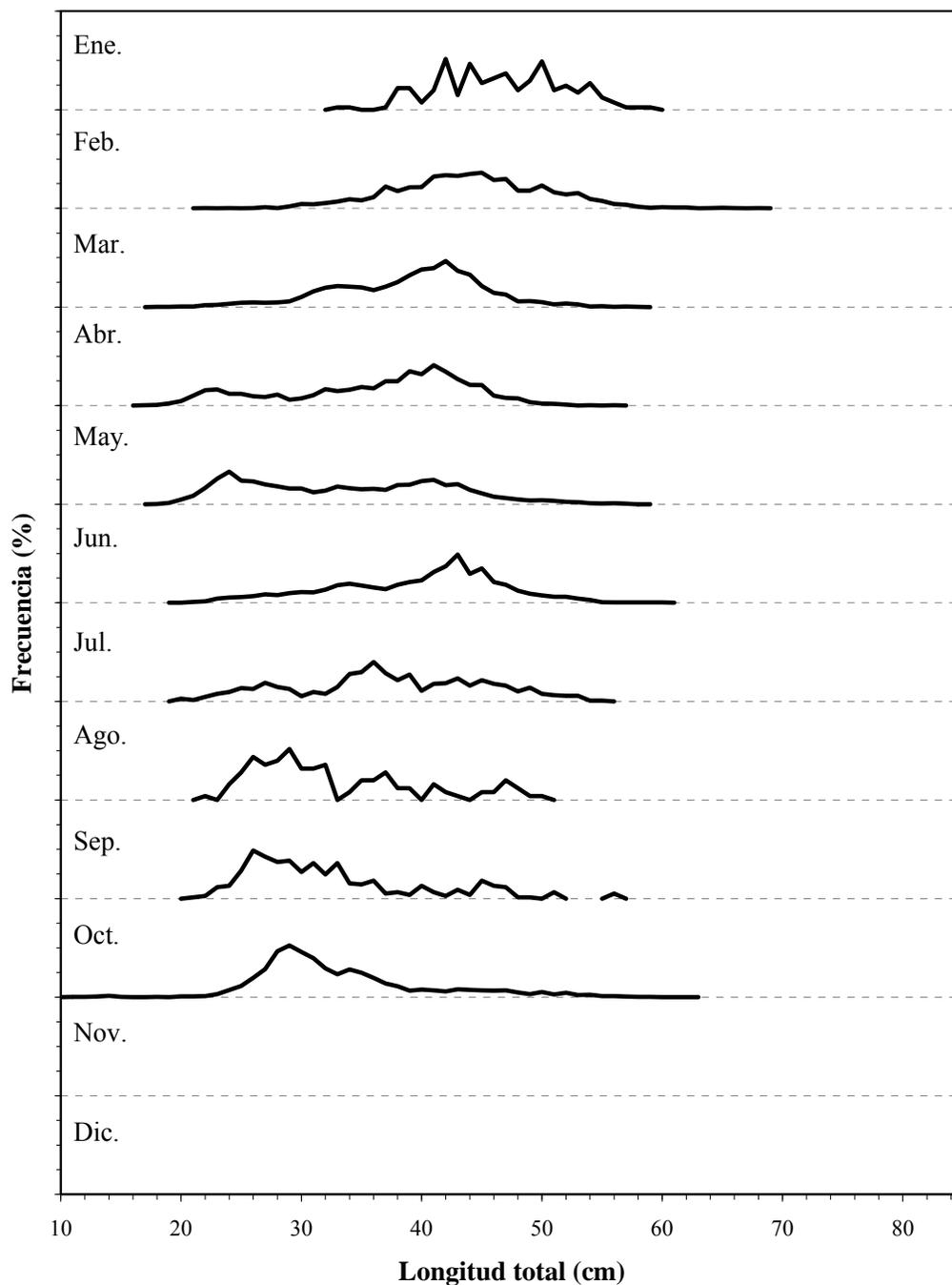


Figura 118. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.

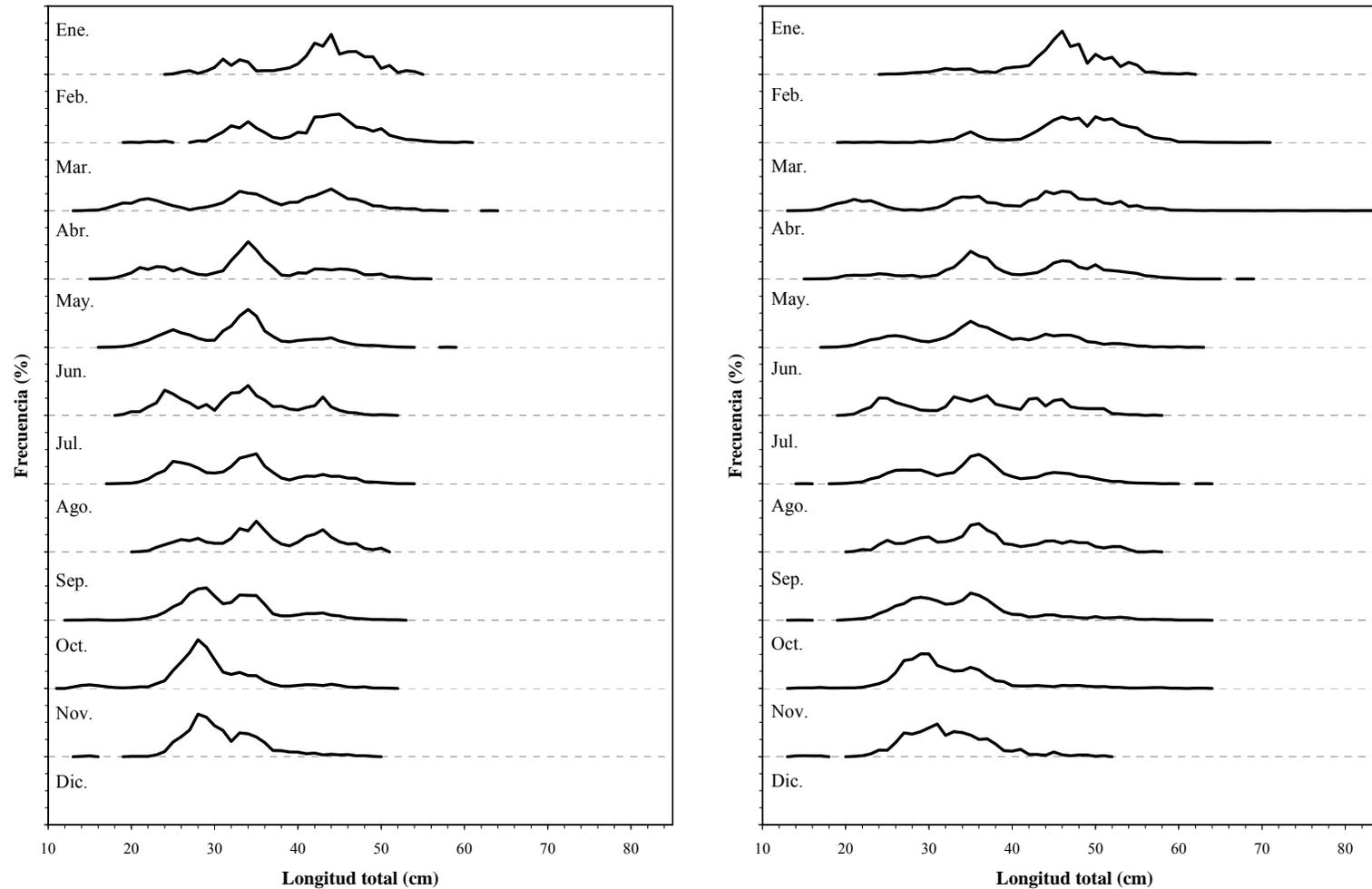


Figura 119. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 3 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.

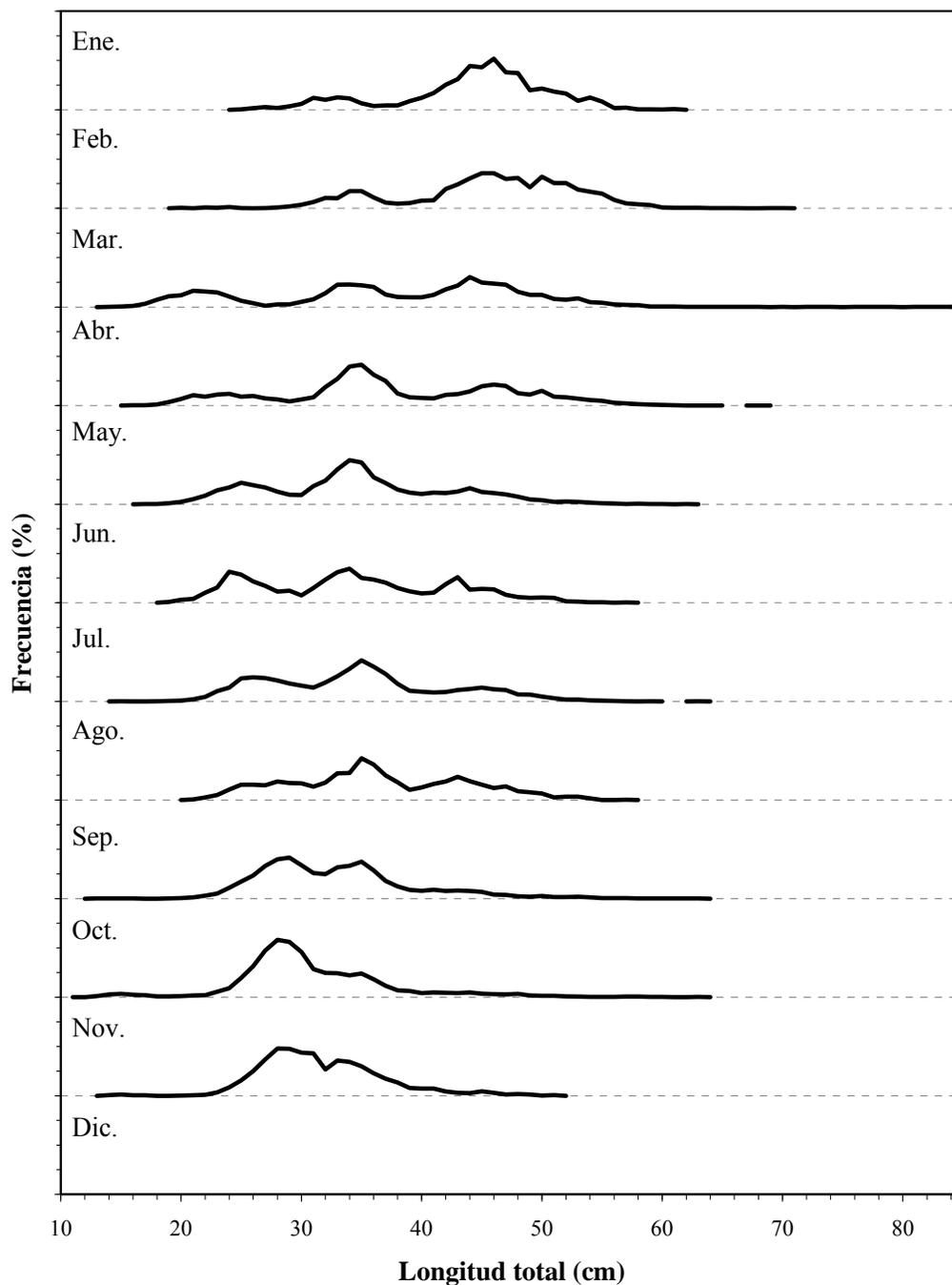


Figura 120. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2004. Cada división corresponde a 20%.

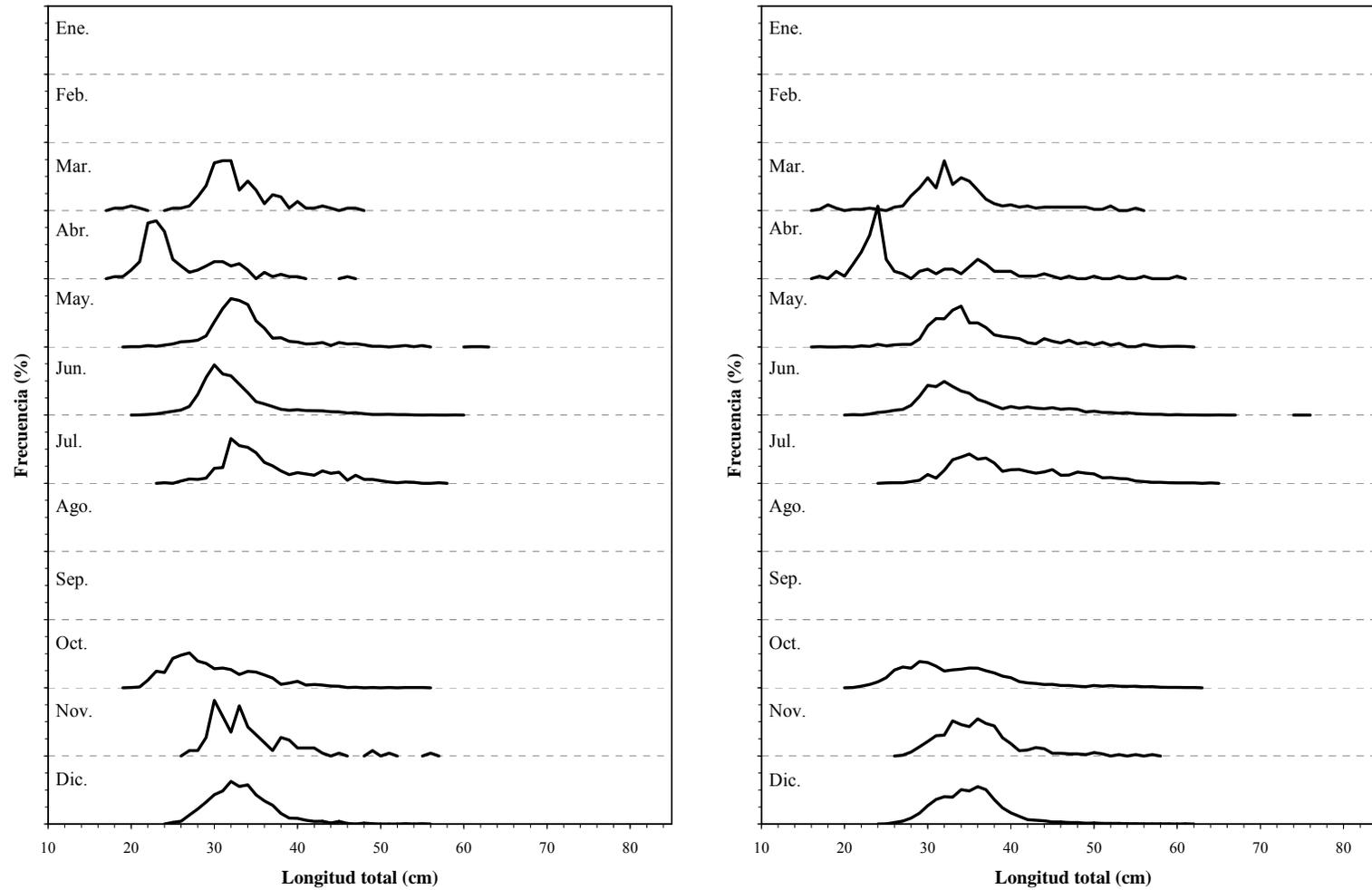


Figura 121. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 1 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.

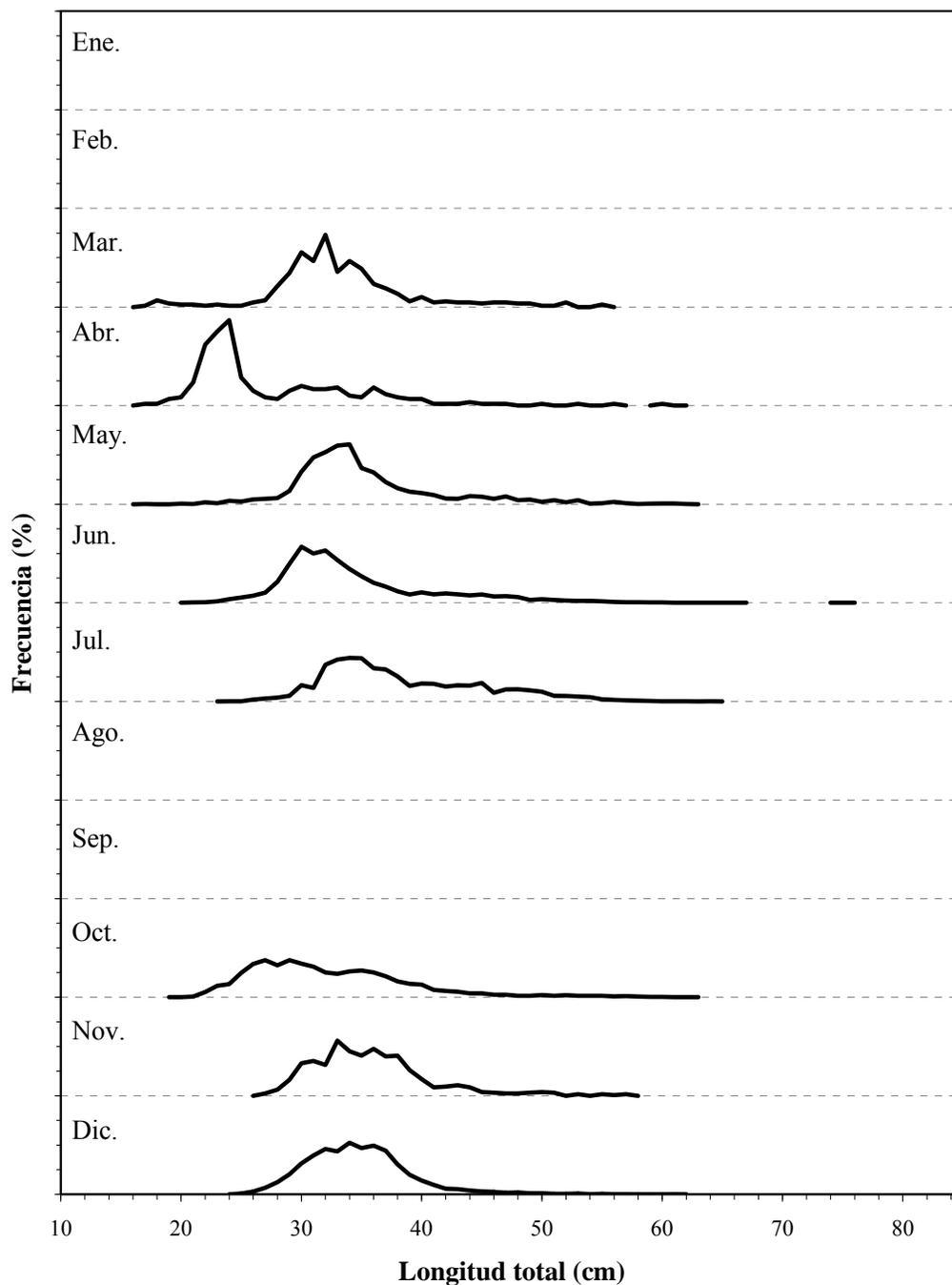


Figura 122. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.

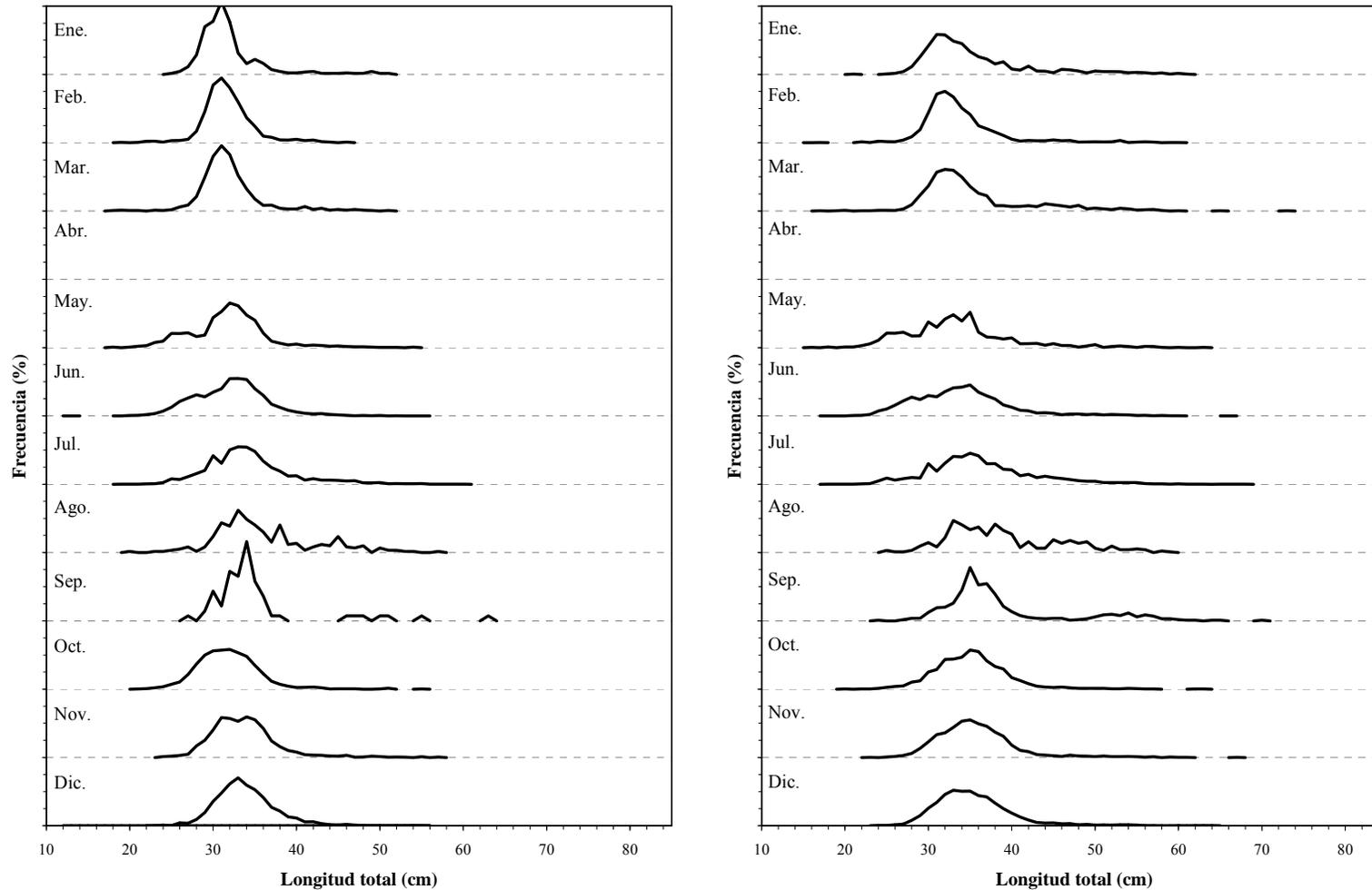


Figura 123. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 2 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.

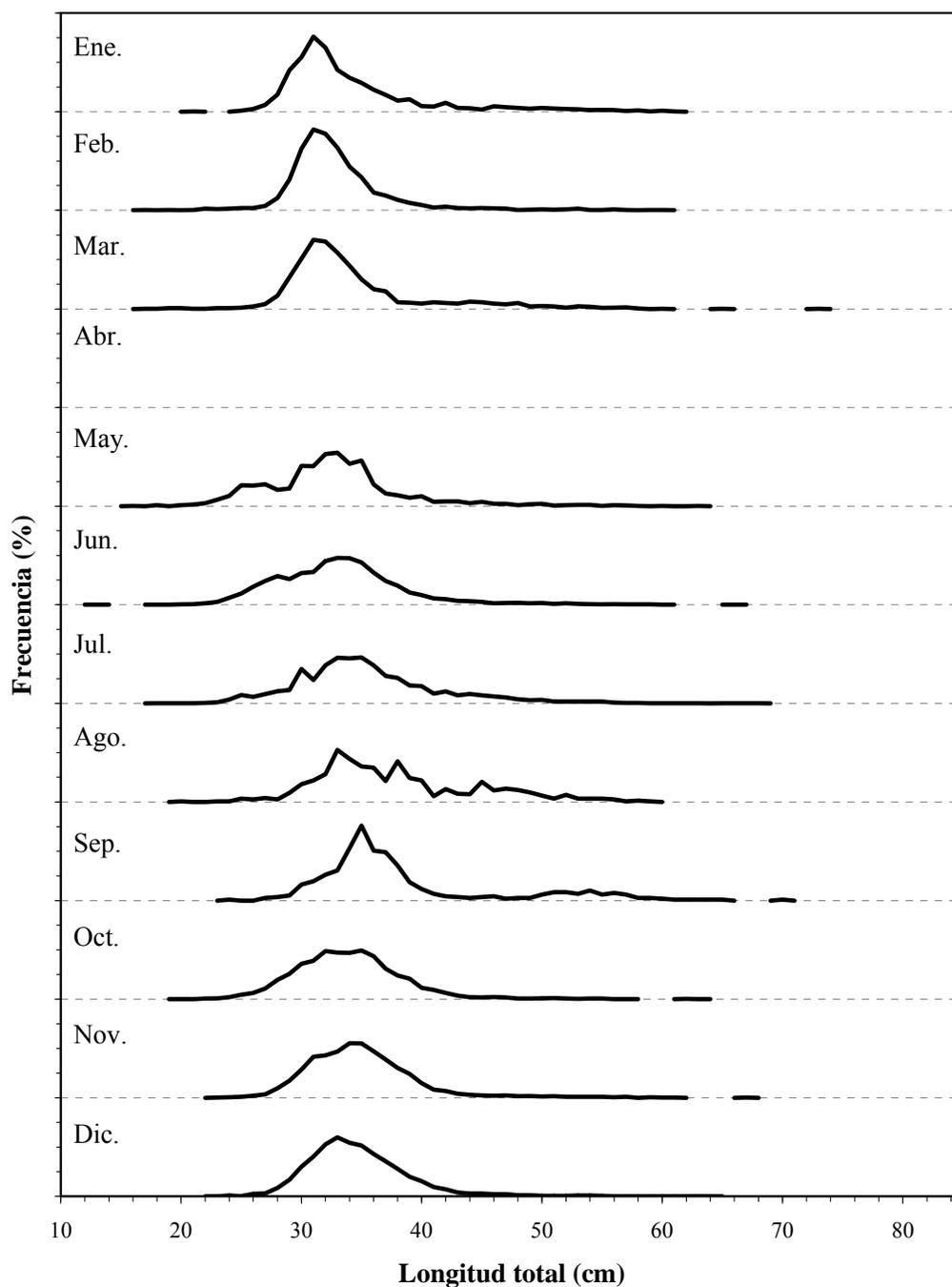


Figura 124. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.

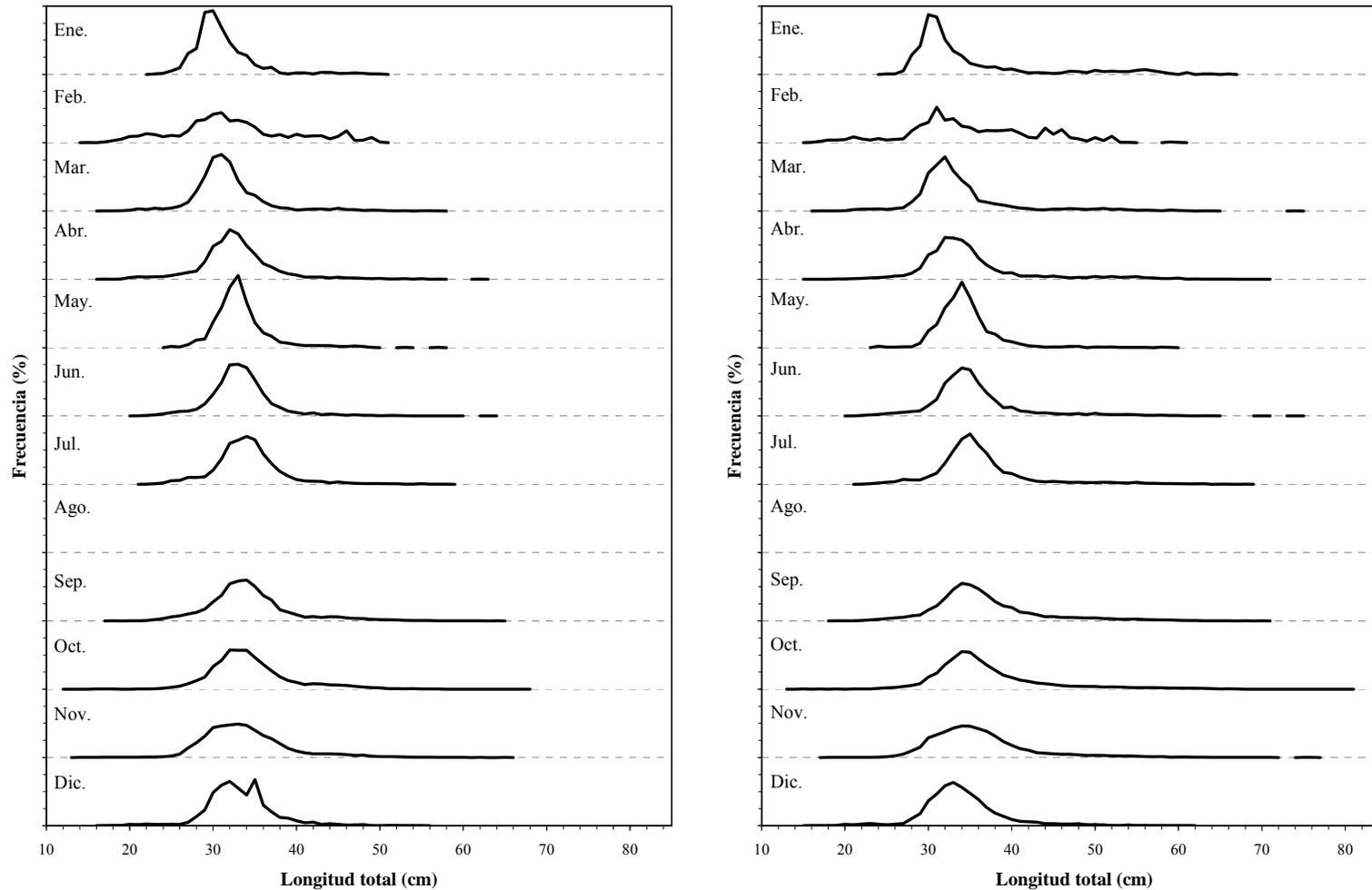


Figura 125. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 3 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.

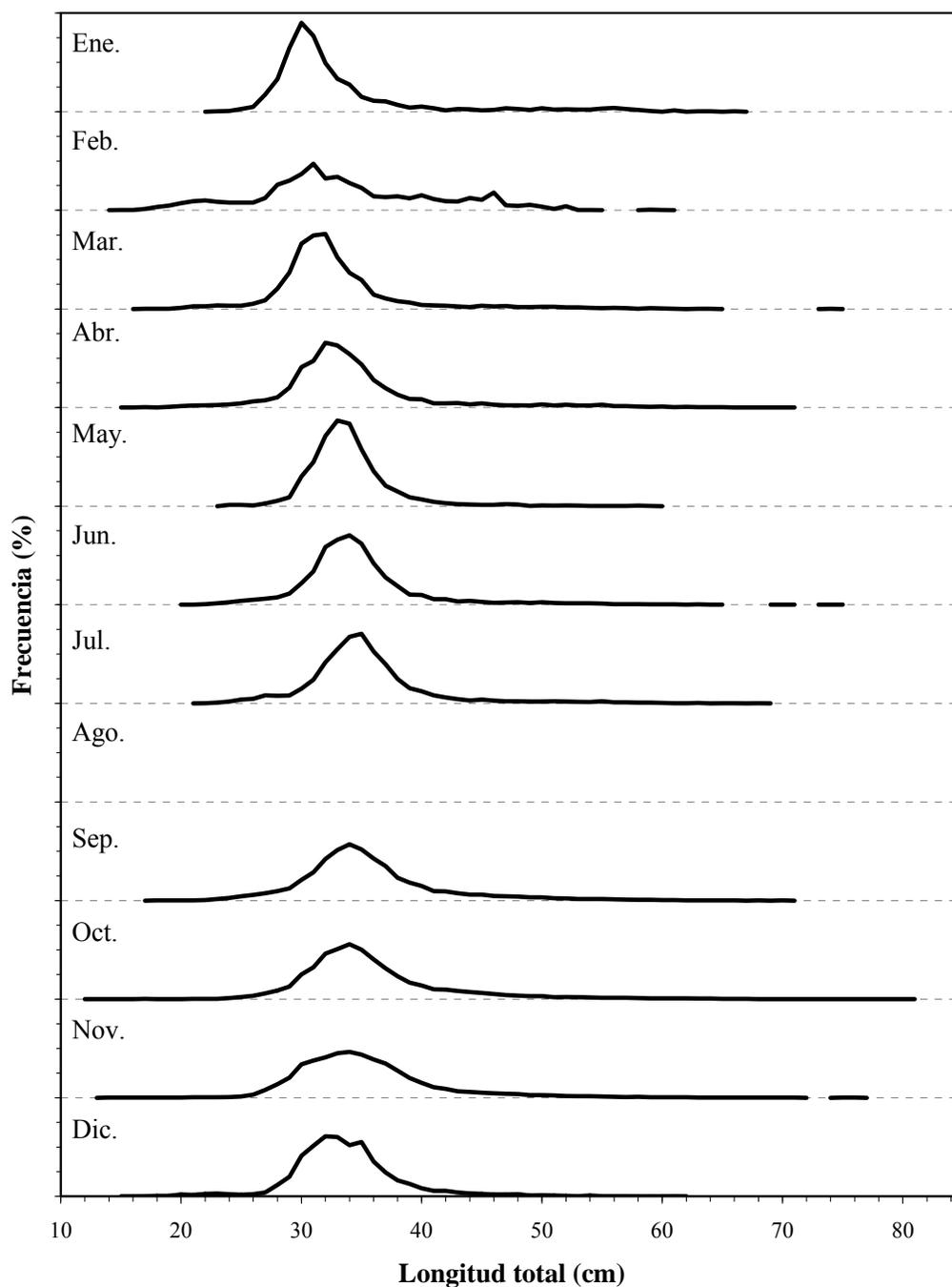


Figura 126. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2005. Cada división corresponde a 20%.

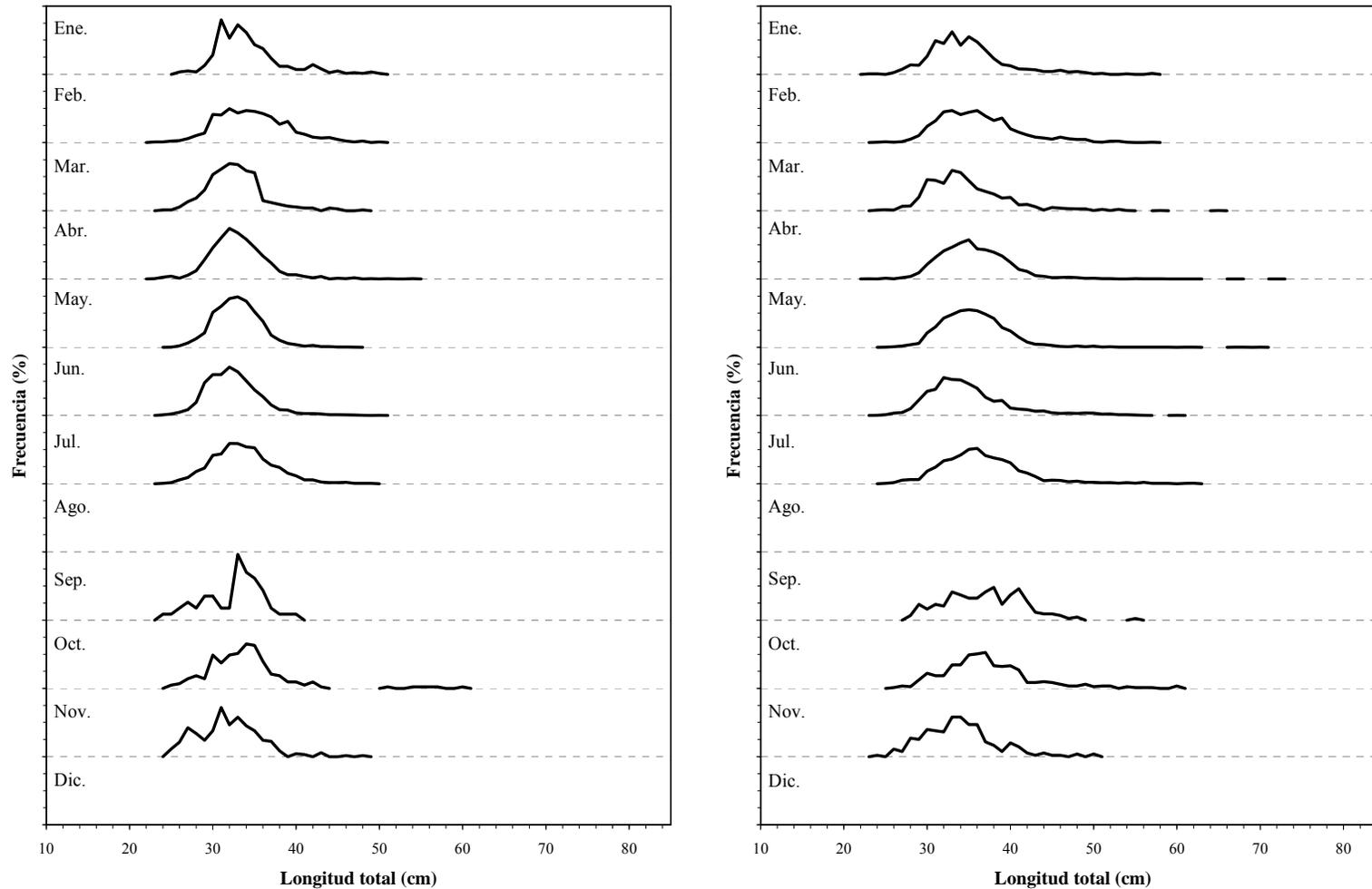


Figura 127. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 1 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.

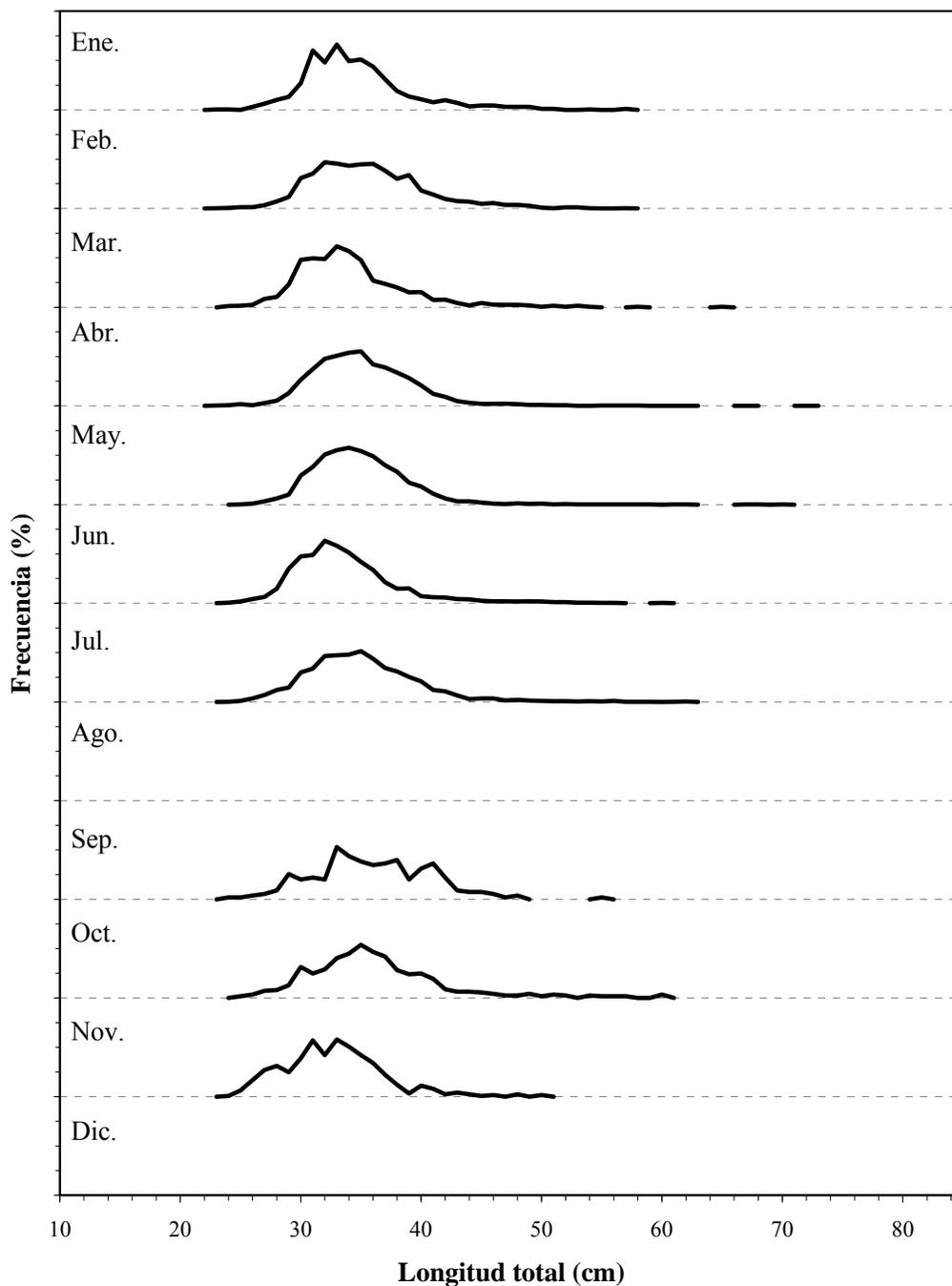


Figura 128. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.

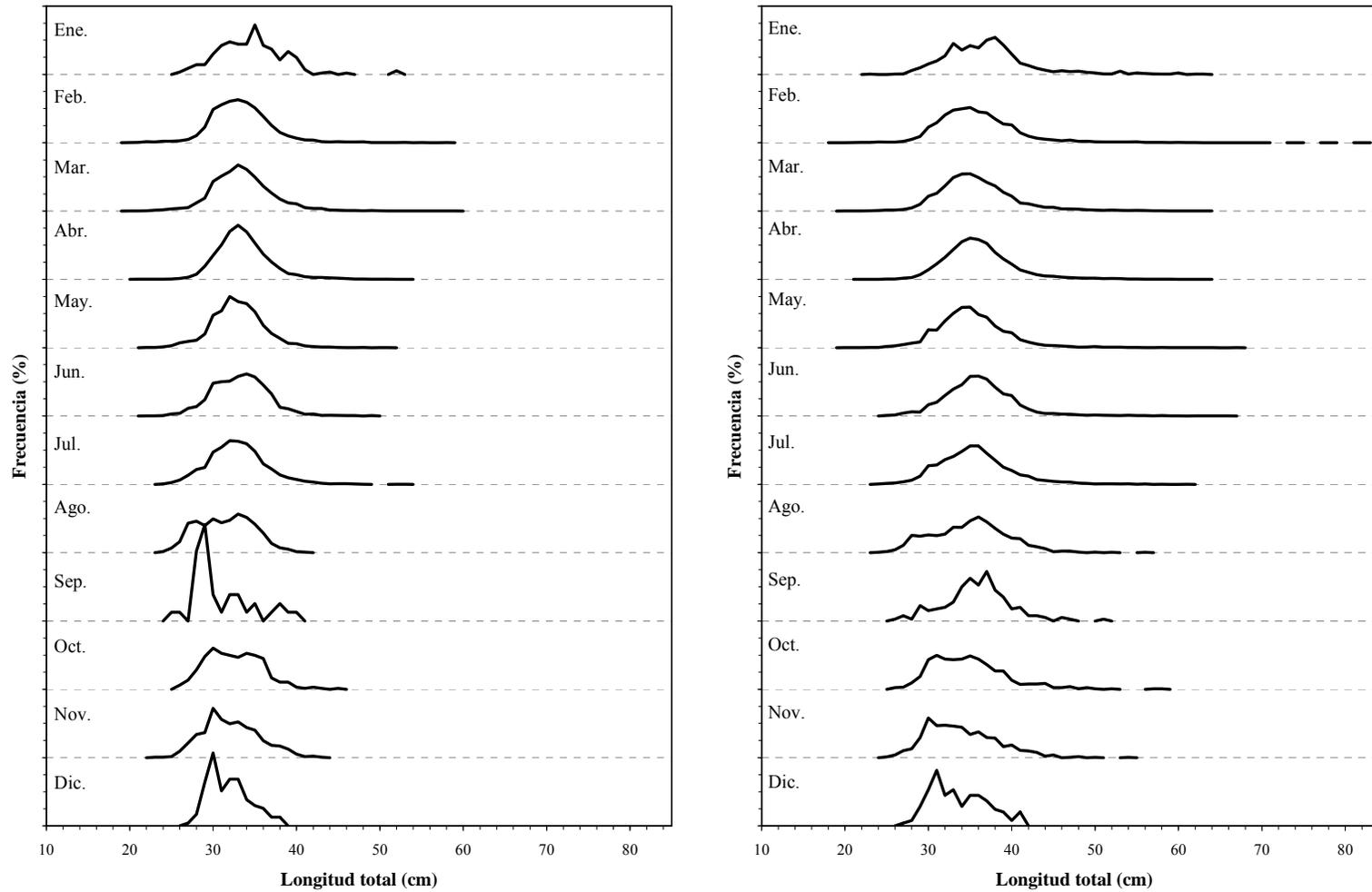


Figura 129. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 2 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.

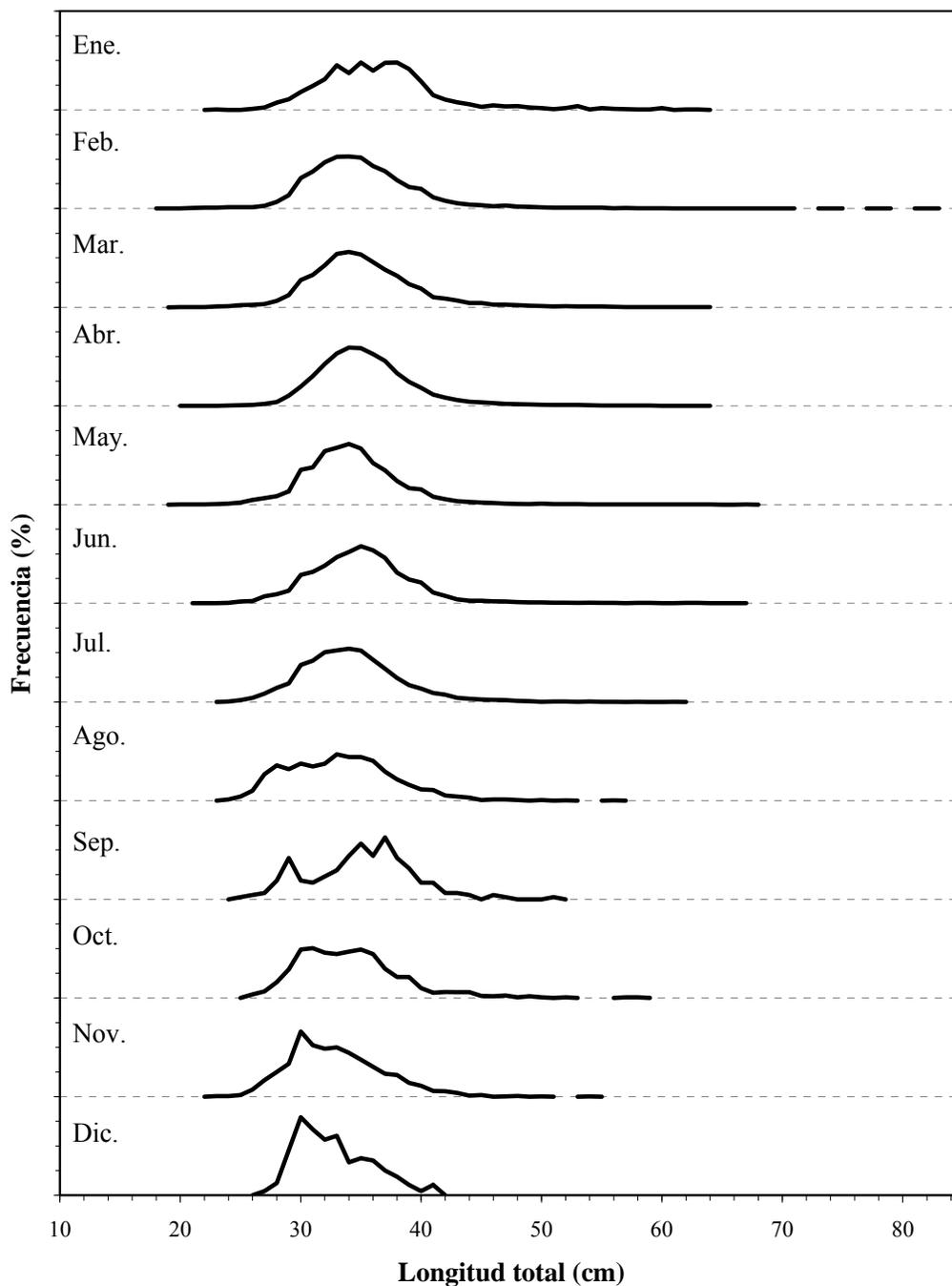


Figura 130. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.

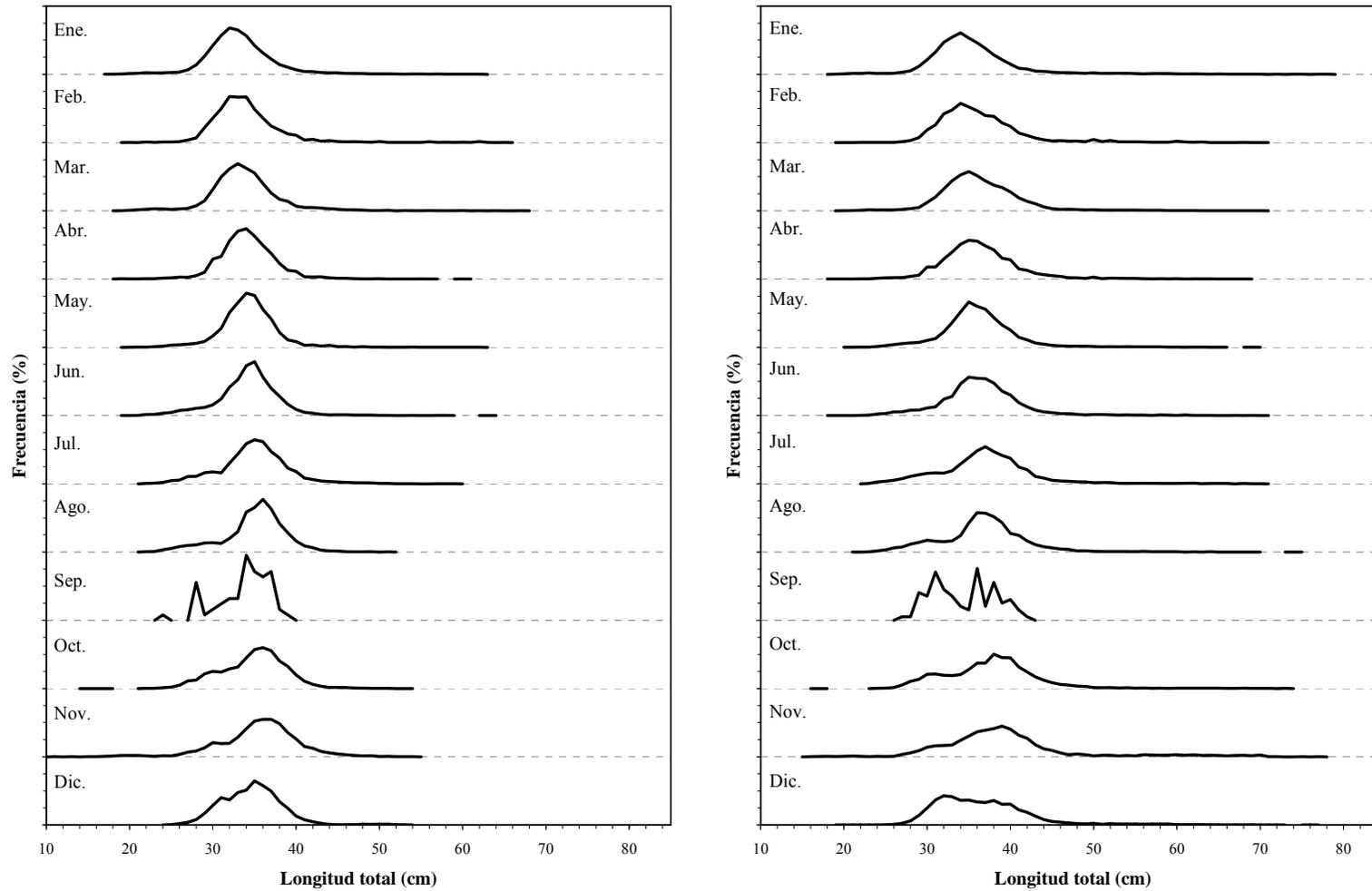


Figura 131. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 3 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.

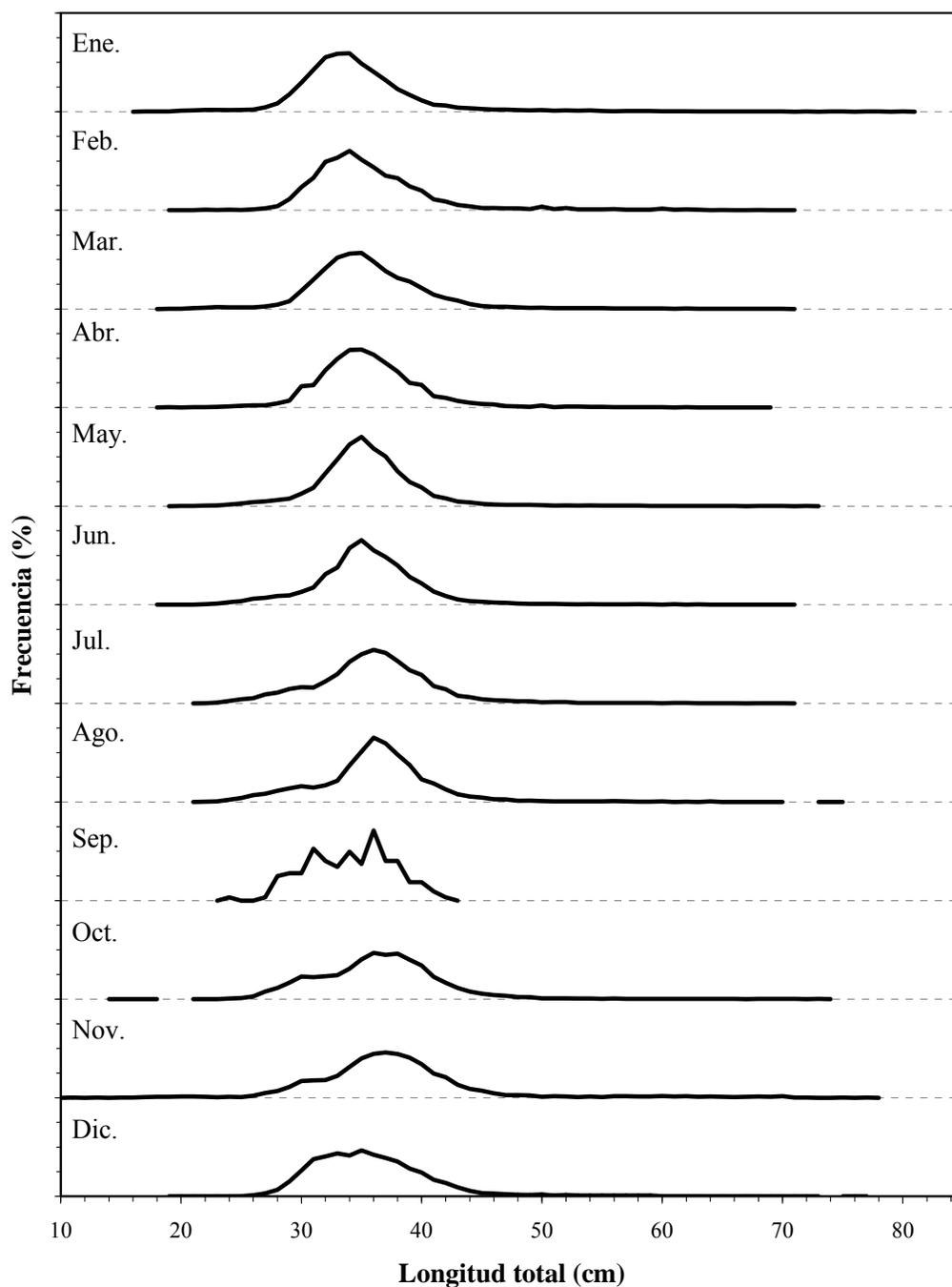


Figura 132. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2006. Cada división corresponde a 20%.

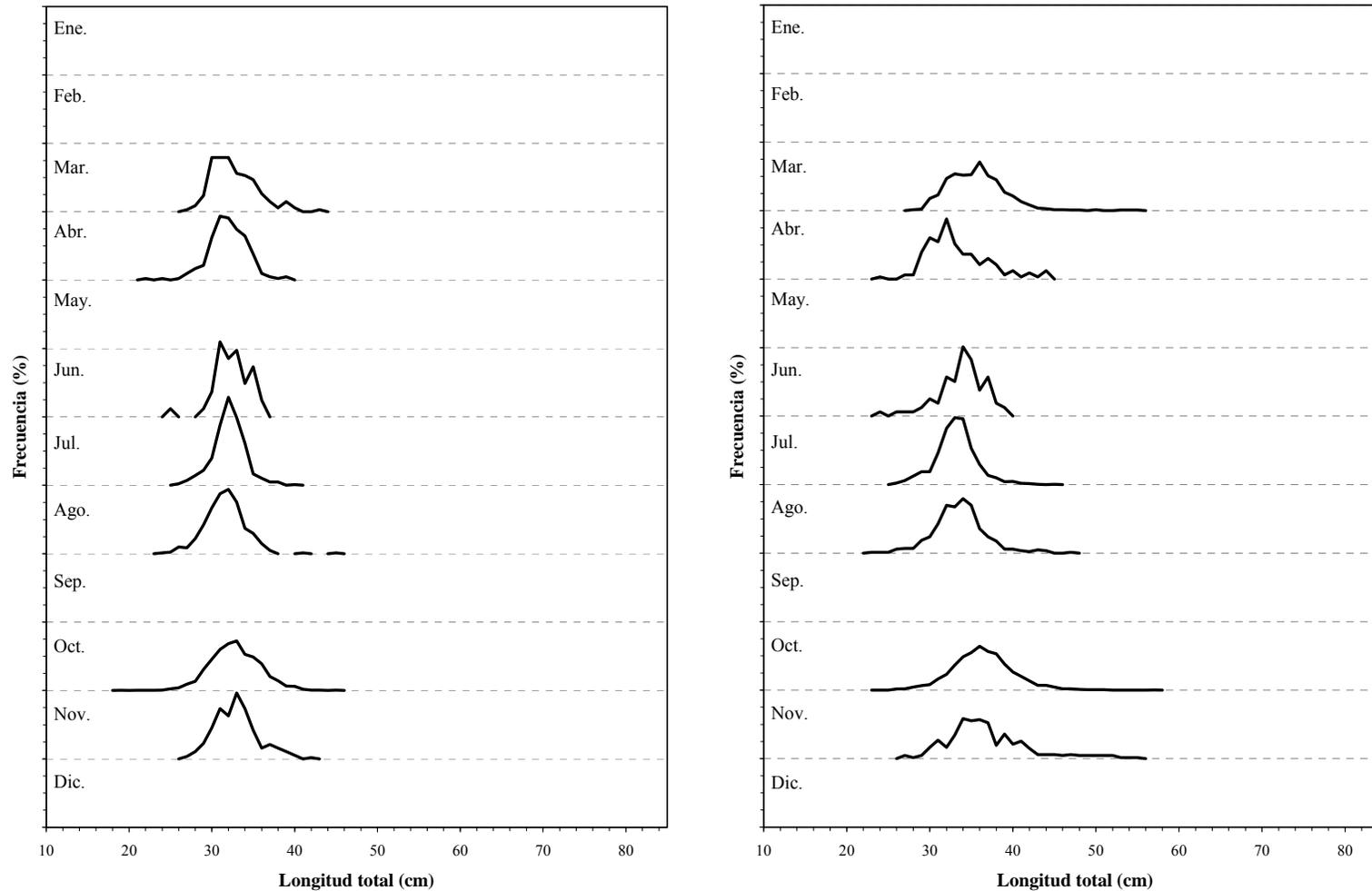


Figura 133. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 1 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.

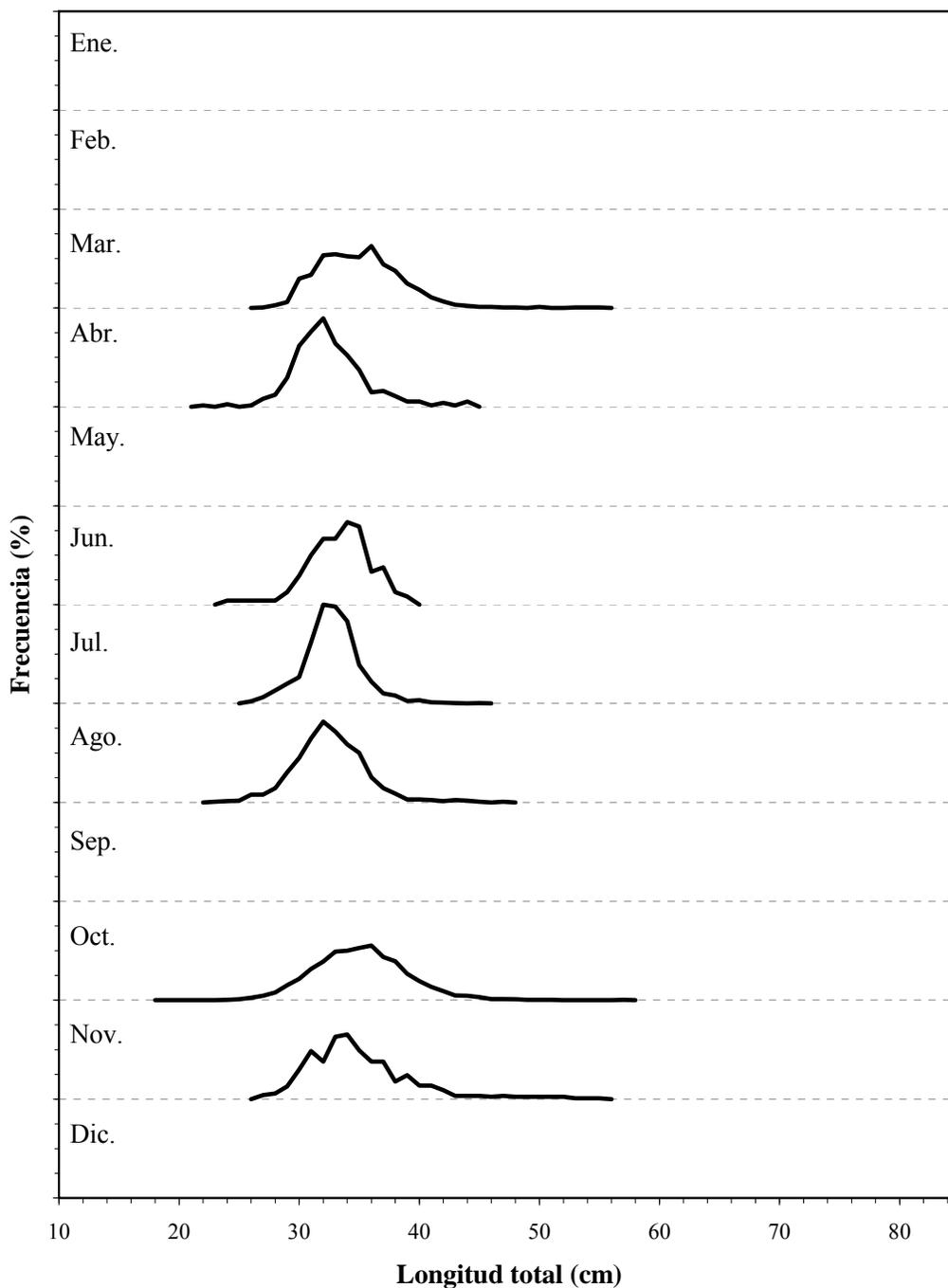


Figura 134. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 1 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.

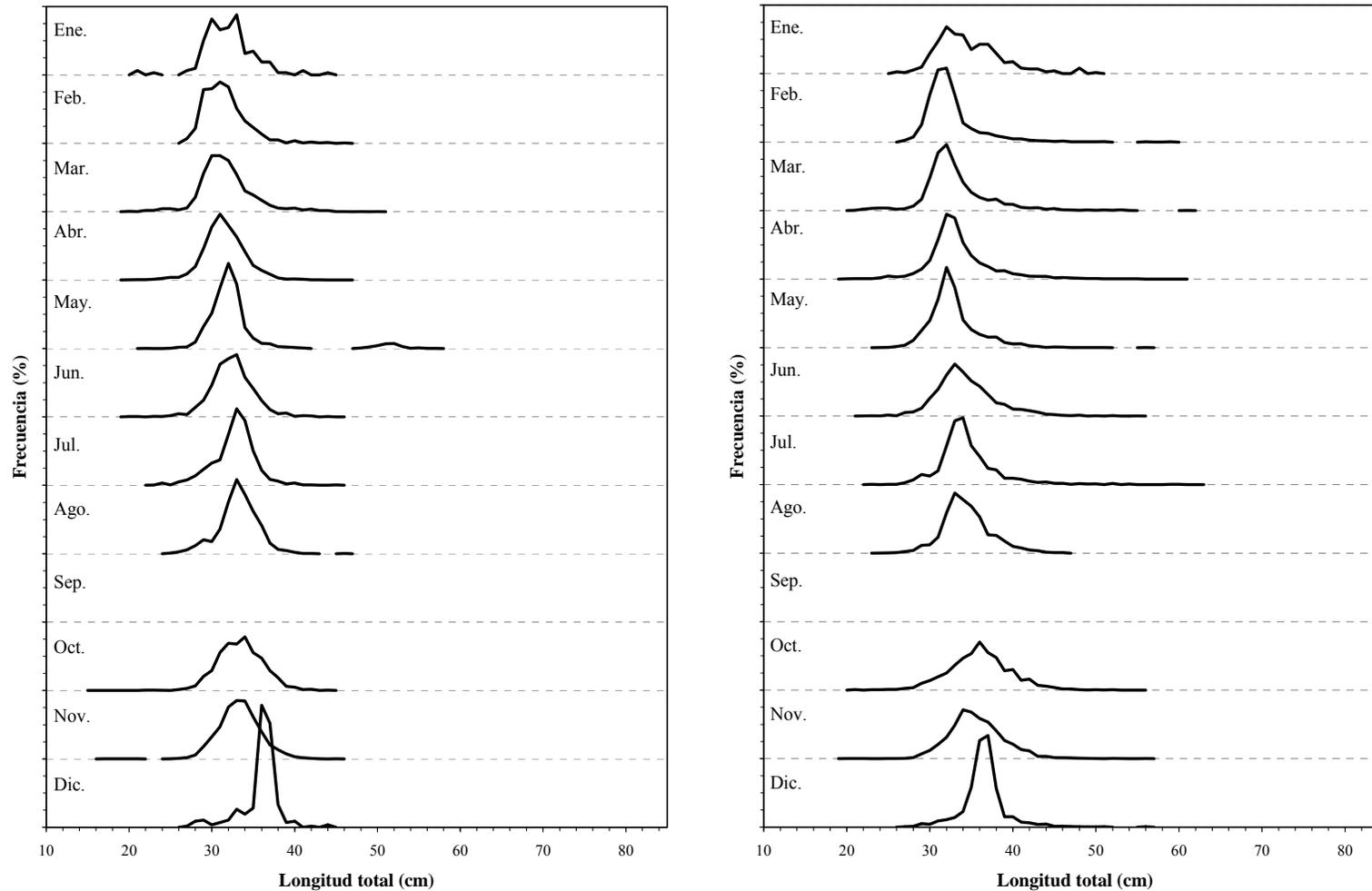


Figura 135. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 2 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.

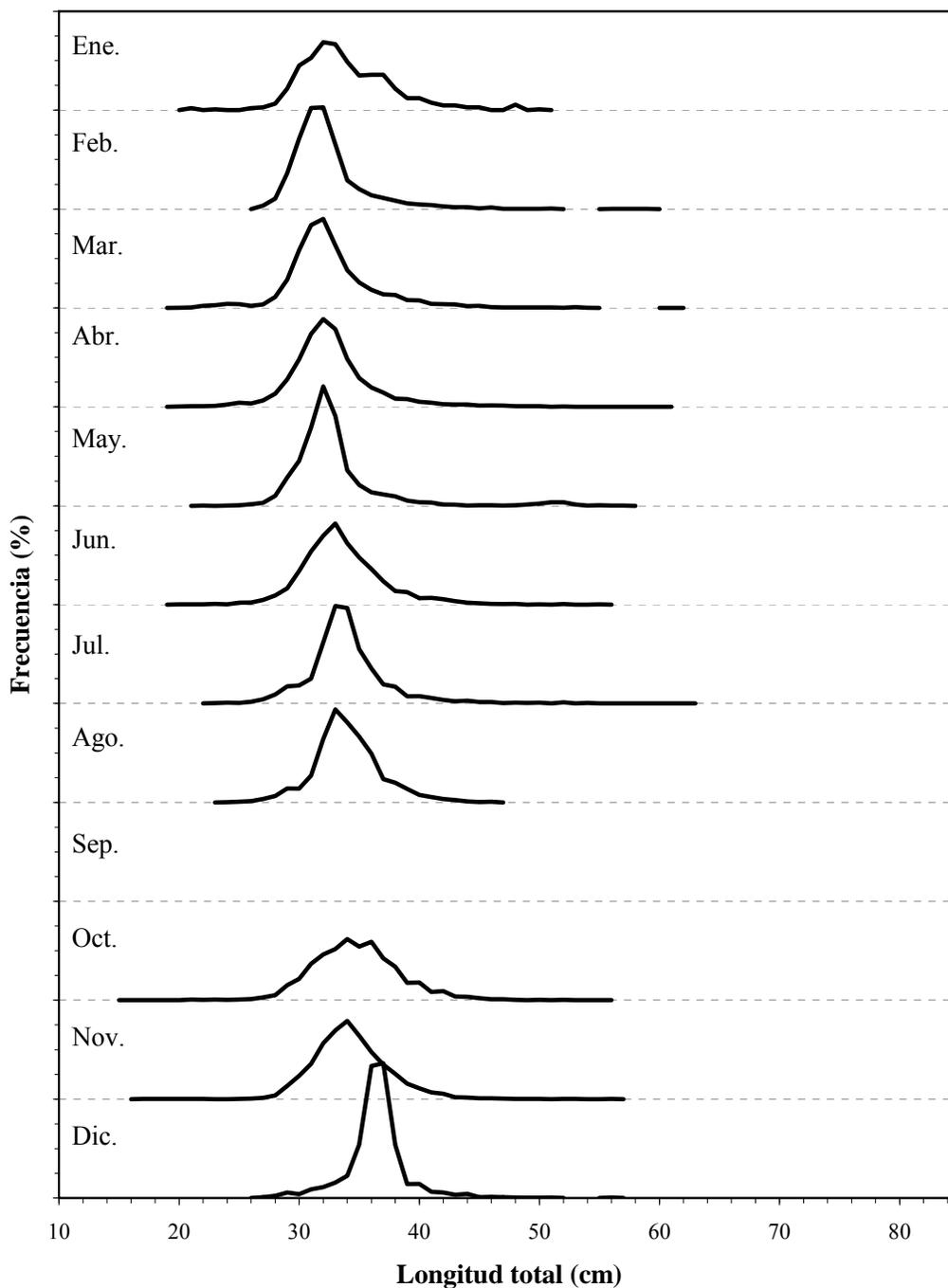


Figura 136. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 2 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.

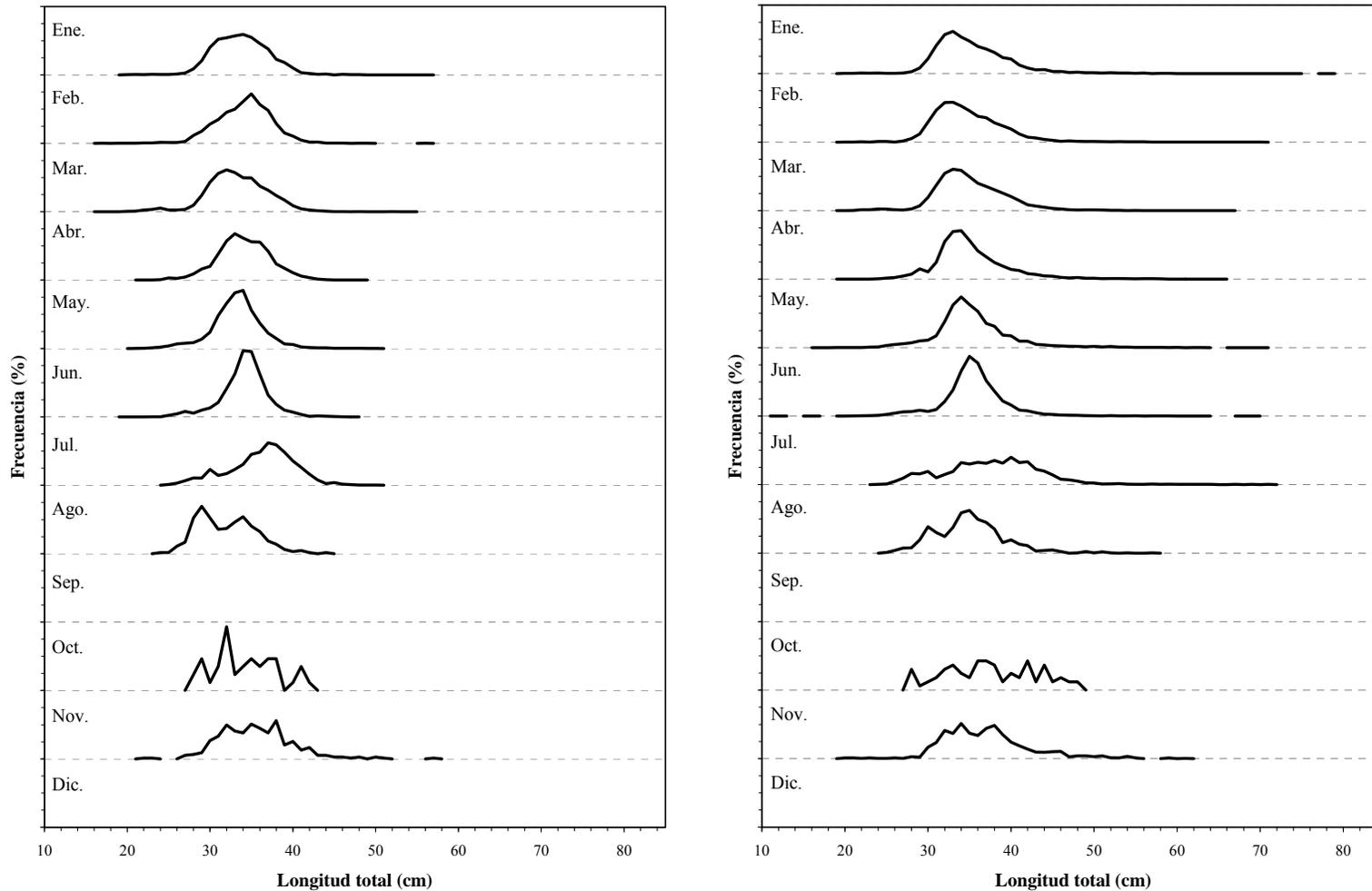


Figura 137. Composición de tamaños de machos (izquierda) y hembras (derecha) de merluza común (*Merluccius gayi*) en el Sector 3 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.

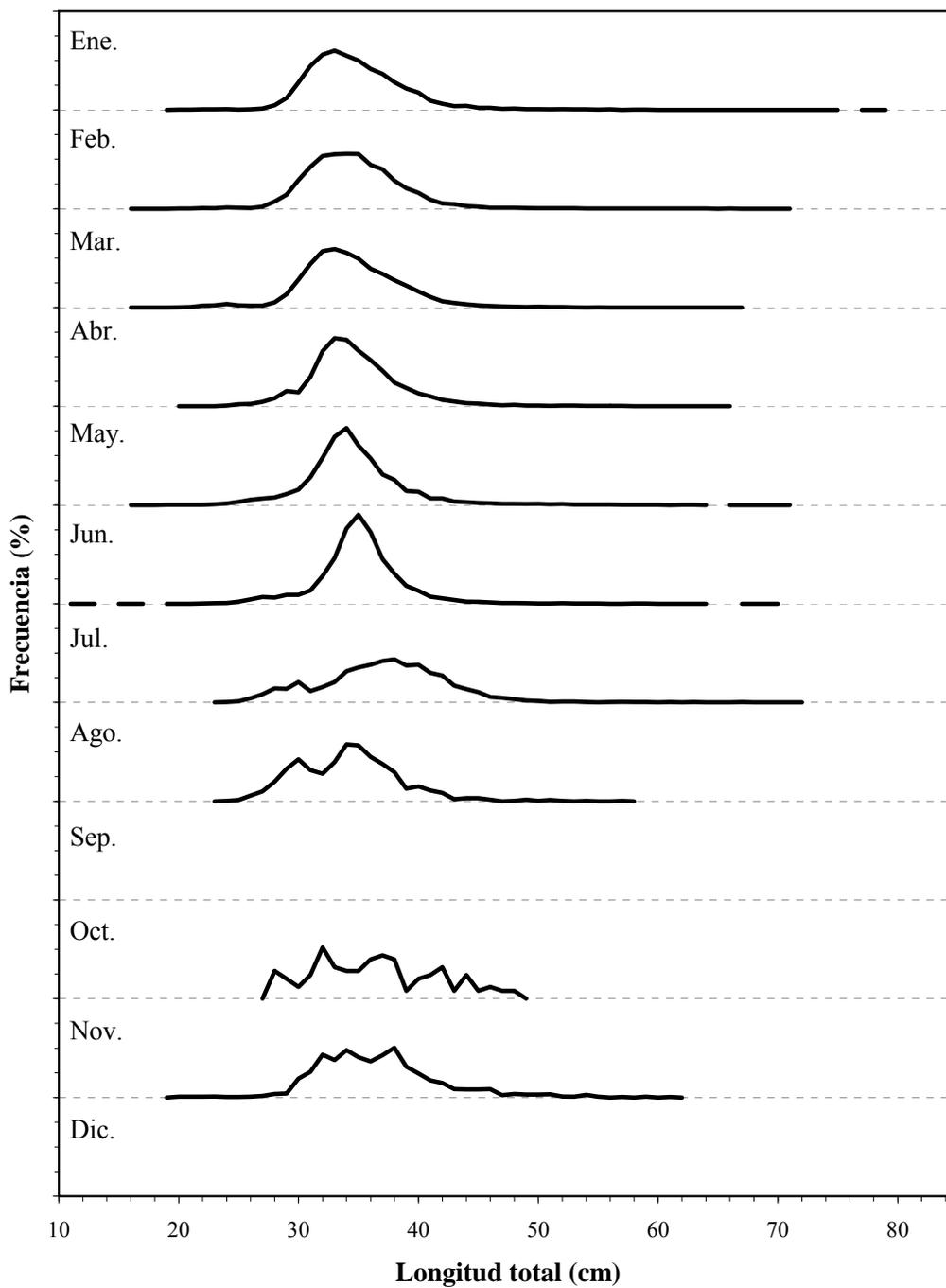


Figura 138. Composición de tamaños de merluza común (*Merluccius gayi*) para ambos sexos en conjunto en el Sector 3 del área de estudio en 2007. Cada división corresponde a 20%.

## **ANEXO 2**

# **ANEXO 2**

Parámetros de la relación longitud total-peso total de merluza común por sexo entre 2001 y 2007 en escala mensual.

Tabla 33. Parámetros de la relación longitud total-peso total de merluza común (*Merluccius gayi*) por mes y sexo entre enero de 2001 y diciembre de 2007.

Año	Mes	PARAMETROS							
		Machos				Hembras			
		a	b	r <sup>2</sup>	n	a	b	r <sup>2</sup>	N
2001	Ene.	0,02559	2,664	0,913	576	0,02863	2,637	0,904	1221
	Feb.	0,04429	2,520	0,893	1566	0,03038	2,617	0,905	1884
	Mar.	0,02265	2,693	0,917	1481	0,01680	2,767	0,944	1902
	Abr.	0,02639	2,651	0,694	1530	0,02536	2,662	0,943	1669
	May.	0,03102	2,607	0,920	1387	0,02375	2,682	0,932	2052
	Jun.	0,03409	2,580	0,932	1556	0,02381	2,676	0,949	1844
	Jul.	0,01857	2,737	0,921	1600	0,01614	2,777	0,954	1691
	Ago.	0,03086	2,603	0,909	1007	0,02842	2,626	0,937	1996
	Sep.	0,04038	2,529	0,902	1046	0,02363	2,673	0,950	1093
	Oct.	0,02664	2,635	0,915	1712	0,02307	2,678	0,927	1238
	Nov.	0,04974	2,478	0,917	1104	0,03405	2,579	0,934	896
	Dic.	0,10101	2,287	0,899	1047	0,06105	2,420	0,920	1054
2002	Ene.	0,04752	2,487	0,893	1263	0,02812	2,629	0,918	2137
	Feb.	0,02784	2,633	0,937	1318	0,01809	2,748	0,940	1532
	Mar.	0,04944	2,479	0,917	1963	0,04193	2,525	0,946	1588
	Abr.	0,03934	2,541	0,929	760	0,04277	2,525	0,950	696
	May.	0,04444	2,511	0,910	1297	0,04382	2,517	0,952	1000
	Jun.	0,05586	2,444	0,916	539	0,03318	2,585	0,945	611
	Jul.	0,04405	2,516	0,933	1122	0,03356	2,590	0,949	1177
	Ago.	0,02188	2,693	0,930	514	0,01367	2,822	0,954	686
	Sep.	0,01608	2,760	0,920	915	0,03676	2,550	0,934	785
	Oct.	0,06245	2,404	0,884	1980	0,04415	2,496	0,914	1818
	Nov.	0,03689	2,545	0,811	2078	0,03905	2,528	0,872	1667
	Dic.	0,00275	3,216	0,871	540	0,00818	2,944	0,900	337
2003	Ene.	0,01151	2,863	0,895	531	0,01232	2,846	0,905	819
	Feb.	0,00990	2,878	0,876	1157	0,01492	2,775	0,899	2003
	Mar.	0,06166	2,416	0,871	1506	0,04358	2,508	0,915	1644
	Abr.	0,11096	2,257	0,889	1023	0,08789	2,322	0,900	3024
	May.	0,02913	2,597	0,865	2418	0,03976	2,516	0,909	2053
	Jun.	0,02826	2,603	0,893	1491	0,03903	2,522	0,910	1908
	Jul.	0,00412	3,117	0,937	1879	0,01756	2,735	0,938	2621
	Ago.	0,01461	2,796	0,929	1267	0,02923	2,616	0,925	1813
	Sep.	0,00304	3,195	0,947	816	0,01273	2,821	0,926	1083
	Oct.	0,02466	2,643	0,931	785	0,03437	2,560	0,939	913
	Nov.	0,01616	2,742	0,897	1383	0,01126	2,846	0,945	1065
	Dic.	0,00669	2,969	0,975	819	0,00223	3,279	0,942	881

Tabla 33. Continuación.

		PARAMETROS							
		Machos				Hembras			
Año	Mes	a	b	r <sup>2</sup>	n	a	b	r <sup>2</sup>	n
2004	Ene.	0,00274	3,229	0,971	409	0,00753	2,960	0,948	761
	Feb.	0,00620	3,014	0,961	749	0,02165	2,691	0,948	1294
	Mar.	0,00402	3,134	0,964	3114	0,00670	2,998	0,975	3516
	Abr.	0,00566	3,043	0,972	2068	0,00529	3,061	0,972	2092
	May.	0,00120	3,474	0,941	3309	0,00239	3,280	0,964	2449
	Jun.	0,00087	3,555	0,940	1549	0,00249	3,264	0,955	1591
	Jul.	0,00108	3,499	0,927	2137	0,00228	3,293	0,948	2603
	Ago.	0,00209	3,316	0,945	1319	0,00970	2,918	0,978	771
	Sep.	0,00207	3,311	0,932	2714	0,00228	3,289	0,956	1955
	Oct.	0,00219	3,296	0,957	2000	0,00248	3,265	0,968	1600
	Nov.	0,00098	3,510	0,939	493	0,00101	3,502	0,952	557
	Dic.								
2005	Ene.	0,00500	3,066	0,908	408	0,00453	3,106	0,956	512
	Feb.	0,00139	3,440	0,932	1090	0,00286	3,236	0,899	820
	Mar.	0,00419	3,140	0,869	914	0,00298	3,230	0,907	1272
	Abr.	0,00267	3,262	0,916	757	0,00300	3,224	0,924	1054
	May.	0,00783	2,962	0,910	1636	0,00626	3,023	0,931	2006
	Jun.	0,00672	3,007	0,937	759	0,01136	2,854	0,926	779
	Jul.	0,00647	3,034	0,922	659	0,00451	3,132	0,938	661
	Ago.	0,01530	2,766	0,958	66	0,00485	3,093	0,981	134
	Sep.	0,01486	2,775	0,931	845	0,01054	2,880	0,638	1338
	Oct.	0,00781	2,950	0,923	1389	0,00594	3,040	0,950	1457
	Nov.	0,01105	2,857	0,876	630	0,01244	2,834	0,897	1365
	Dic.	0,02374	2,633	0,799	678	0,02915	2,582	0,869	692
2006	Ene.	0,01208	2,854	0,951	1060	0,01010	2,906	0,961	1580
	Feb.	0,01908	2,718	0,916	1029	0,00778	2,973	0,937	2266
	Mar.	0,00966	2,905	0,870	1321	0,00871	2,938	0,917	2871
	Abr.	0,01801	2,735	0,829	1126	0,01425	2,804	0,917	2846
	May.	0,00641	3,054	0,894	1414	0,00875	2,958	0,932	1816
	Jun.	0,00740	3,009	0,936	934	0,01078	2,896	0,954	866
	Jul.	0,00449	3,155	0,959	365	0,00473	3,134	0,972	585
	Ago.	0,01944	2,753	0,927	206	0,01364	2,847	0,952	244
	Sep.	0,00950	2,936	0,933	529	0,00660	3,027	0,924	868
	Oct.	0,01086	2,891	0,946	1540	0,01005	2,916	0,950	1933
	Nov.	0,01109	2,890	0,945	1084	0,01409	2,815	0,951	1032
	Dic.	0,01939	2,726	0,911	1394	0,04217	2,517	0,886	3259
2007	Ene.	0,00913	2,931	0,936	1029	0,01104	2,874	0,945	2061
	Feb.	0,01181	2,863	0,948	566	0,01517	2,791	0,967	564
	Mar.	0,01028	2,891	0,955	1194	0,01142	2,860	0,965	1786
	Abr.	0,01386	2,812	0,929	746	0,01450	2,800	0,960	947
	May.	0,01335	2,832	0,935	1266	0,01033	2,901	0,967	1725
	Jun.	0,00987	2,918	0,952	768	0,00844	2,959	0,950	1660
	Jul.	0,00546	3,079	0,979	358	0,00595	3,050	0,969	492
	Ago.	0,01327	2,839	0,936	320	0,00838	2,969	0,949	680
	Sep.								
	Oct.	0,02427	2,660	0,933	527	0,01944	2,734	0,924	523
	Nov.	0,02085	2,685	0,909	551	0,01761	2,749	0,927	399
	Dic.								

## ANEXO 3

# ANEXO 3

Proporción de madurez sexual por zona en la época reproductiva principal del año 2006 para estimar la talla media de madurez sexual.

Tabla 34. Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, *Merluccius gayi*, proveniente de la Zona 1 en septiembre de 2006.

LT	Prop. maduros	Lím. Inferior	Lím. Superior
28	0,08	0,01	0,15
30	0,35	0,24	0,46
32	0,78	0,67	0,89
34	0,96	0,91	1,01
36	0,99	0,98	1,01
38	1,00	1,00	1,00
40	1,00	1,00	1,00
42	1,00	1,00	1,00
44	1,00	1,00	1,00
46	1,00	1,00	1,00
48	1,00	1,00	1,00
50	1,00	1,00	1,00

Tabla 35. Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, *Merluccius gayi*, proveniente de la Zona 2 en septiembre y noviembre de 2006.

LT	Prop. maduros	Lím. Inferior	Lím. Superior
28	0,11	0,05	0,16
30	0,33	0,27	0,40
32	0,67	0,61	0,74
34	0,89	0,84	0,95
36	0,97	0,95	1,00
38	0,99	0,98	1,00
40	1,00	1,00	1,00
42	1,00	1,00	1,00
44	1,00	1,00	1,00
46	1,00	1,00	1,00
48	1,00	1,00	1,00
50	1,00	1,00	1,00
52	1,00	1,00	1,00
54	1,00	1,00	1,00

Tabla 36. Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, *Merluccius gayi*, proveniente de la Zona 3 en septiembre y octubre de 2006.

LT	Prop. maduros	Lím. Inferior	Lím. Superior
26	0,09	0,03	0,14
28	0,18	0,11	0,26
30	0,34	0,27	0,42
32	0,55	0,48	0,63
34	0,75	0,67	0,82
36	0,87	0,81	0,94
38	0,94	0,90	0,99
40	0,98	0,95	1,00
42	0,99	0,98	1,00
44	1,00	0,99	1,00
46	1,00	0,99	1,00
48	1,00	1,00	1,00
50	1,00	1,00	1,00

Tabla 37. Proporción estimada de individuos maduros y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza común, *Merluccius gayi*, considerando las tres zonas en conjunto entre septiembre y noviembre de 2006.

LT	Prop. maduros	Lím. Inferior	Lím. Superior
26	0,06	0,04	0,08
28	0,15	0,12	0,19
30	0,34	0,30	0,37
32	0,58	0,55	0,61
34	0,79	0,76	0,83
36	0,91	0,89	0,94
38	0,97	0,95	0,98
40	0,99	0,98	0,99
42	1,00	0,99	1,00
44	1,00	1,00	1,00
46	1,00	1,00	1,00
48	1,00	1,00	1,00
50	1,00	1,00	1,00
52	1,00	1,00	1,00
54	1,00	1,00	1,00